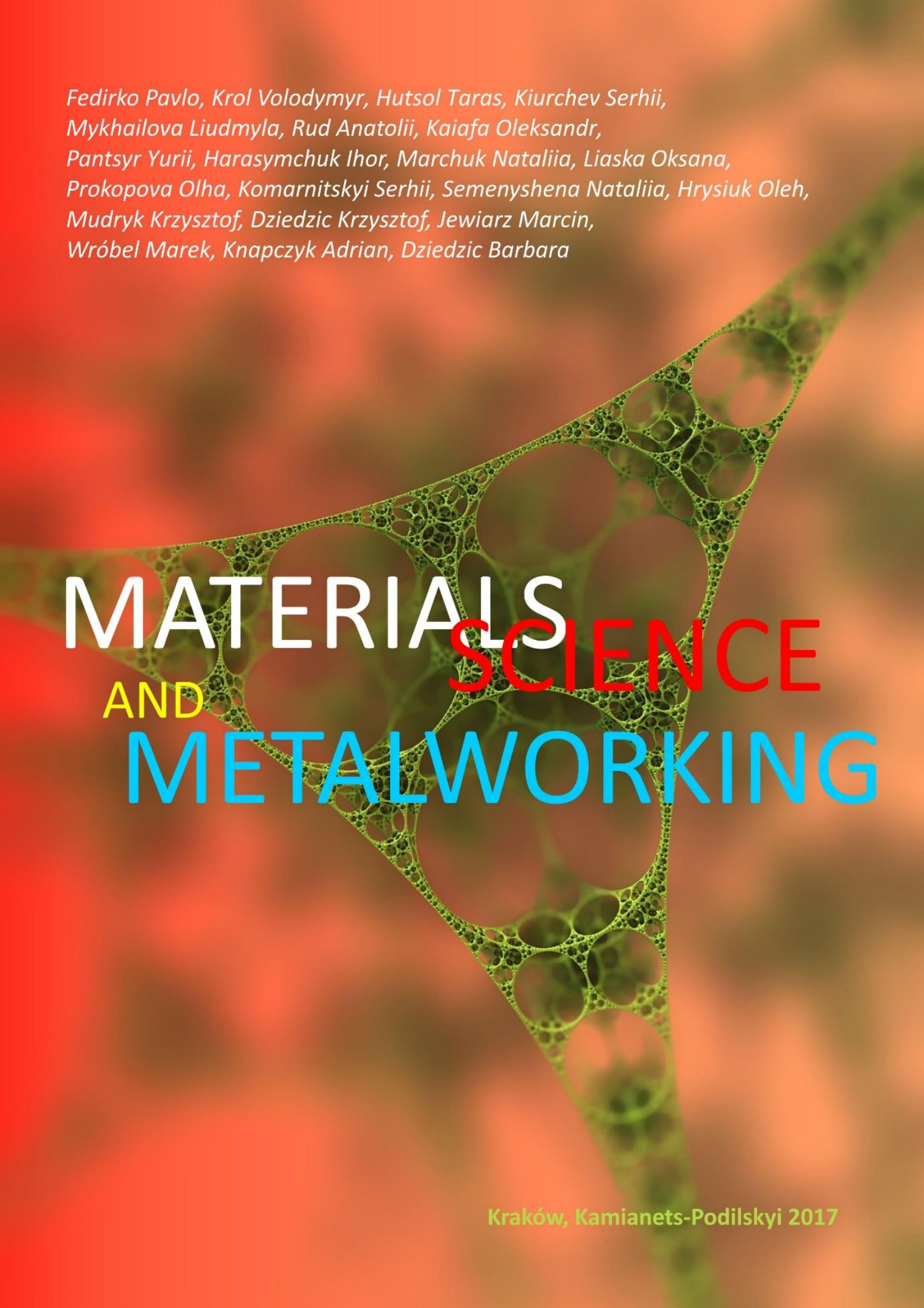


*Fedirko Pavlo, Krol Volodymyr, Hutsol Taras, Kiurchev Serhii,
Mykhailova Liudmyla, Rud Anatolii, Kaiafa Oleksandr,
Pantsyr Yuriy, Harasymchuk Ihor, Marchuk Nataliia, Liaska Oksana,
Prokopova Olha, Komarnitskyi Serhii, Semenyshena Nataliia, Hrysiuk Oleh,
Mudryk Krzysztof, Dziedzic Krzysztof, Jewiarz Marcin,
Wróbel Marek, Knapczyk Adrian, Dziedzic Barbara*



MATERIALS AND SCIENCE METALWORKING

Kraków, Kamianets-Podilskyi 2017

MATERIALS SCIENCE AND METALWORKING

MONOGRAPH

Reviewers:

Sydorchuk Oleksadr – doctor of engineering sciences, professor

Voloshina Angela - doctor of engineering sciences, professor

Głowacki Szymon – doctor of agricultural sciences

Pedryc Norbert – doctor of agricultura sciences

Сидорчук Олександр – доктор технічних наук, професор

Волошина Анжела - доктор технічних наук, професор

Гловацький Шимон - доктор сільськогосподарських наук

Педрік Норберт - доктор сільськогосподарських наук

Fedirko Pavlo
Krol Volodymyr
Hutsol Taras
Kiurchev Serhii
Mykhailova Liudmyla
Rud Anatolii
Kaiafa Oleksandr
Pantsyr Yurii
Harasymchuk Ihor
Marchuk Nataliia
Liaska Oksana
Prokopova Olha
Komarnitskyi Serhii
Semenyshena Nataliia
Hrysiuk Oleh
Mudryk Krzysztof
Dziedzic Krzysztof
Jewiarz Marcin
Wrobel Marek
Knapczyk Adrian
Dziedzic Barbara

The issue provides the basic information on Materials Technology and Metalwork. Intended for researchers and specialists in this area, for students who receive training in Education (01), Professional Education (015.18), Technology of Production and Agricultural Products Processing, Agrarian Sciences and Food Supplies (20), Agrarian Engineering (208)), Transport (27), Automobile Transport (274), Transport Technologies (in Automobile Transport) (275.03).

Publishing sheets: 21,3

Pulisher: Traicon

ISBN 978-83-65180-18-6

Kraków, Kamianets-Podilskyi, 2017

©Copyright by **Traicon S.C.**

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І СЛЮСАРНА СПРАВА МОНОГРАФІЯ

Авторський колектив :

Федірко Павло	Розділ 1, Тлумачний термінологічний словник
Кроль Володимир	Розділ 2, Передмова
Гуцол Тарас	Розділ 3, Тлумачний термінологічний словник
Кюрчев Сергій	Розділ 4
Михайлова Людмила	Розділ 5, п.1
Рудь Анатолій	Розділ 5, п.2
Каяфа Олександр	Розділ 6, п.2-3
Панцир Юрій	Розділ 6, п.4-5
Гарасимчук Ігор	Розділ 8, п.1-2
Марчук Наталія	Розділ 8, п. 3
Ляска Оксана	Розділ 9, п.1-2
Прокопова Ольга	Розділ 9, п.3
Комарніцький Сергій	Розділ 10, п.2-3
Семенишена Наталія	Предметно-тематичний покажчик, Тлумачний термінологічний словник
Грисюк Олег	Розділ 12, п.1, Розділ 13, п.1
Мудрик Кишиштоф	Розділ 5, п.3-5, розділ7
Дзідзюц Кишиштоф	Розділ 6, п.1,6, розділ 11, п.1-2
Евяж Марцін	Розділ 12, п. 2-3
Врубель Марек	Розділ 10, п.1, п.4-5, Розділ 11, п.2-3
Кнапчик Адріан	Розділ 13, п.2-3
Дзідзюц Барбара	Розділ 14, п.2-3

У виданні наведено основні відомості про будову, фізико механічні і технологічні властивості матеріалів, викладено питання термічної обробки металів і сплавів, правила виконання основних видів слюсарної обробки металів, види інструменту для кожної слюсарної операції, прийоми їх виконання і методи організації робочого місця. Окрім того, наведено основи стандартизації, взаємозамінності і технічних вимірювань. Міститься інформація про полімерні, композиційні і неметалеві матеріали. Видання призначене науковцям та спеціалістам, які займаються дослідженнями в матеріалознавстві та слюсарній справі, може бути корисним для студентів, що навчаються за фахом 01 Освіта (015.18 Професійна освіта (Технологія виробництва і переробки продуктів сільського господарства), 20 Аграрні науки та продовольство (208 Агроінженерія), 27 Транспорт (274 Автомобільний транспорт, 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)).

Publishing sheets: 21,3

Publisher: Traicon

ISBN 978-83-65180-18-6

Kraków, Kamianets-Podilskyi, 2017

©Copyright by **Traicon S.C.**

ЗМІСТ

SUMMARY	5
ПЕРЕДМОВА	7
ЧАСТИНА I	
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО.....	8
Розділ 1. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ І СПОСОБИ ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛІВ	9
1.1. Поняття про метали і металеві сплави	9
1.2. Деформація та основні властивості металів і сплавів	13
Розділ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ	32
2.1. Основні відомості з теорії сплавів.....	32
2.2. Компоненти і фази в залізовуглецевих сплавах.....	34
2.3. Діаграма стану "залізо - вуглець"	36
2.4. Вплив вуглецю і домішок на структуру та властивості сталі.....	38
2.8. Основні вимоги до вуглецевих сталей	62
Розділ 3. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА ЇХ СПЛАВИ	66
3.1 Мідь та основні сплави на її основі	66
3.2. Алюміній та основні алюмінієві сплави	66
3.3. Сплави на основі магнію	67
3.4. Сплави на основі титану	67
3.5. Антифрикційні сплави і матеріали.....	68
3.6. Тугоплавкі метали і сплави	69
Розділ 4. СПЕЧЕНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ.....	71
4.1 Конструкційні порошкові матеріали.....	71
4.2. Інструментальні порошкові матеріали.....	72
4.3. Електротехнічні порошкові матеріали.....	73
Розділ 5. НЕМЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.....	74
5.1 Загальні відомості, класифікація і властивості полімерних матеріалів	74
5.2. Пластичні маси. Пластмаси.....	77
5.3. Композитні матеріали	86
5.4. Гумові матеріали	89
5.5. Клеї і герметики.....	91
Розділ 6. ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ.....	96
6.1 Основні визначення	97
6.2. Класифікація наноматеріалів	99
6.3. Кластери	101
6.4. Фулерени і фулерити	103
6.5. Вуглецеві нанотрубки	104
6.6. Застосування нанотехнологій	106
Розділ 7. НАНОКРИСТАЛІЧНІ І КОНСОЛІДОВАНІ МАТЕРІАЛИ	109
7.1. Основні положення	109
7.2. Консолідовані матеріали. Класифікація.....	111
7.3. Інтенсивна пластична деформація. (Диспергування).....	112

7.4. Основи отримання наноматеріалів компактуванням і спіканням порошків.....	113
7.5. Нанокристалічні структури на основі аморфних і швидкозагартованих сплавів.....	113
7.6. Формування наноструктури дисперсними виділеннями	1145
7.7. Нанокompозити.....	114
Розділ 8. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СПЛАВІВ	116
8.1. Основи теорії термічної обробки сталі	116
8.2. Технологія термічної обробки сталі.....	122
8.3. Основи хіміко-термічної обробки сталі.....	132
ЧАСТИНА II	
СЛЮСАРНА СПРАВА	144
Розділ 9. ВСТУП ДО ПРОФЕСІЇ.....	144
9. 1. Роль і місце слюсарних робіт в промисловому виробництві	144
9. 2. Види слюсарних робіт. Робоче місце слюсаря.....	145
9.3. Техніка безпеки при виконанні слюсарних робіт.....	150
Розділ 10. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	159
10.1. Стандартизація і основи взаємозамінності.....	159
10.2. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП)	166
10.3. Шорсткість поверхні.....	171
10.4. Допуски форми і розміщення	173
10.5. Технічні вимірювання.....	179
Розділ 11. ПІДГОТОВЧІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ.....	191
11. 1. Розмітка	191
11. 2. Рубання металу	194
11. 3. Вирівнювання, рихтування і гнуття металу	197
11. 4. Різання металу	201
Розділ 12. РОЗМІРНА СЛЮСАРНА ОБРОБКА	210
12. 1. Обпилювання металу	210
12. 2. Обробка отворів.....	209
12.3. Обробка різьбових поверхонь.....	218
Розділ 13. ПРИПАСОВУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ	225
13. 1. Розпилювання і припасовування деталей	225
13. 2. Шабрування	227
13. 3. Притирання і доведення	233
Розділ 14. СКЛАДАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ.....	240
14. 1. Паяння металів.....	240
14. 2. Лудіння	248
14. 3. Клепання.....	250
СПИСОК	262
РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	262
ПРЕДМЕТНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПОКАЖЧИК.....	264
Тлумачний термінологічний словник	272
INTERPRETATIVE TERMINOLOGY DICTIONARY	272

SUMMARY

A monograph consists of two interrelated parts. The first of them gives an idea of modern structural materials and their main properties, and the second one contains information necessary for the practical manufacture of parts and assembly operations.

Part One "Materials Science", consists of 8 sections:

Section 1. "Structure, properties and methods of testing of metals" forms the basic concepts of metals and metal alloys, species and strains basic technological properties of metals and alloys, their mechanical testing, physical and chemical methods of analysis.

Chapter 2. "Iron-Carbon alloys", containing basic information on the theory of alloys, the data on the components and phases in iron alloys, the most common in modern engineering, explains diagram class "iron - carbon" effect of carbon and impurities on the structure and properties of steel, describes classification, labeling and use of carbon and alloy steels and castings, the basic requirements for carbon steels.

Chapter 3. "Non-ferrous metals and their alloys," says alloys of copper, aluminium, magnesium, titanium alloys and antifriction materials, refractory metals and alloys.

Section 4. "Sucked Powder Materials", devoted to structural, instrumental and electrotechnical powder materials.

Chapter 5. "Nonmetallic construction materials" containing general information on the classification and properties of polymers, plastics, composite materials, rubber materials, adhesives and sealants.

Chapter 6. "Fundamentals of Nanotechnology", clarifies the basic concepts in the field of nanotechnology, says the classification of nanomaterials, gives an idea of clusters, fullerenes and fullerite, carbon nanotubes, the use of nanotechnology.

Chapter 7. "Nanocrystalline and Consolidated Materials," defines the basic concepts and tells about consolidated materials, the classification of methods for obtaining consolidated nanomaterials such as intense plastic deformation, compacting and sintering of powders, nanocrystalline structures on the basis of amorphous and rapidly-heated alloys, and the formation of nanostructure with dispersed secretions and nanocomposites.

Chapter 8. "Thermal and chemical-heat treatment of alloys", containing the basic theory of heat and chemical-heat treatment of steel, information about the technology of heat treatment.

The second part "Locksmith's right", consists of 6 sections:

Chapter 9. "Introduction to the profession" tells about the role of plumbing works in industrial production, types, workstation locksmith safety when performing plumbing work.

Chapter 10. "Standardization, interchangeability and technical measurements", forms the basic idea of standardization and foundations interchangeability, unified system of tolerances and landings ISO, surface roughness, tolerances of form and placement surfaces talks about methods of measurements and basic types of instrumentation, which is used by the locksmith.

Chapter 11. "Pre-treatment operations bench" contains information about marking, cutting, editing and bending metal.

Chapter 12. "Dimensional metalwork processing," says dusting of metal processing holes and threaded surfaces.

Chapter 13. "Transaction processing bench" describes the sawing and joining of parts, their shavering, clinging and proofing.

Section 14. "Drawing up of non-detachable joints", contains information on soldering, lamination, riveting of metals.

A monograph contains a list of recommended literature, a subject-matter index and a multilingual glossary of terminology.

ПЕРЕДМОВА

Книга, яку Ви тримаєте в руках, є результатом спільної праці та багаторічного досвіду авторського колективу в дослідженні питань з матеріалознавства та слюсарної справи.

Як показало життя, така форма викладення матеріалу прийшлася до душі також і фахівцям інших напрямів, і не лише у вищій, а й у середній спеціальній освіті. Очевидно, опанувавши робітничу спеціальність і отримавши практичну підготовку, студент не тільки вирішує проблему підробітку у вільний від навчання час, а й, вже здобувши кваліфікацію інженера, краще розуміє проблеми виробництва, суть роботи підлеглих, технологію складання виробів і виготовлення деталей, їх проектування.

З моменту виходу в друк першого видання пройшло вже сім років. За два наступних роки були виявлені дрібні недоліки у оформленні, зібрані зауваження і побажання користувачів, які були враховані у другому виданні.

Втім, часи змінюються, змінюємось і ми. Набутий досвід підказує, що необхідно покращити, удосконалити, доповнити. На базі матеріалів посібника були створені дистанційні навчальні курси, що дозволило по-новому подивитись на деякі аспекти викладання. Внаслідок цього, був змінений розділ “Залізобуглецеві сплави”, додано розділи присвячені наноматеріалам і нанотехнологіям, допрацьовані ілюстрації.

Прагнення України приєднатися до європейського співтовариства цілком логічно викликає потребу в гармонізації нормативної бази з європейською, прийняття нових законів і підзаконних актів. Відтак, змінюються стандарти, методики, термінологія. В зв'язку з цим, матеріал викладено з врахуванням законодавчих та нормативних документів станом на 1 березня 2017 р. Перевірена актуальність зазначених стандартів, вимоги застарілих замінені на чинні, внесені поправки і доповнення у термінологічний словник і відповідні розділи книги.

Автори висловлюють щире вдячність рецензентам за пророблену ними роботу і цінні зауваження.

Якщо, читаючи книгу, Ви відчули потребу висловити свої зауваження, побажання і пропозиції просимо надсилати їх на адресу rmeo.pdatu@gmail.com

ЧАСТИНА І

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Матеріалознавство - галузь науки і техніки, яка вивчає склад, будову, фізичні, хімічні, споживчі й технологічні властивості матеріалів, методи їх оцінювання, розроблення нових і вдосконалення наявних матеріалів високої якості, технологічності, довговічності, безпеки та надійності в процесі експлуатації.

Матеріалознавство об'єднує методи фізики й хімії для розробки й впровадження новітніх матеріалів у промислове виробництво.

Матеріалознавство зародилося з металургії, але в сучасну еру область дослідження розширилася, включаючи сплави й композитні матеріали, кераміку, полімери, біоматеріали тощо.

Як самостійна наука металознавство виникло у Росії в XIX столітті під назвою "металографія".

Кристаллами різних речовин вчені цікавилися ще в XVII і XVIII ст. М.В.Ломоносов у 1763 р. у своєму "Трактаті о слоях земных" встановлює закон постійності кутів для кристалів алмазу. У цьому питанні Михайло Васильович випередив своїх сучасників висунувши положення, які поділяються наукою і в наш час.

Розвиток металознавства нерозривно пов'язаний з іменами П.П.Аносова (вперше використав мікроскоп для дослідження структури металів), Д.К.Чернова (дослідив критичні точки сталі та кристалічну будову литої сталі).

Подальший розвиток металознавства пов'язаний з іменами М.С.Курнакова (розробив методи фізико-хімічного аналізу сплавів), О.О.Байкова (висвітлив фізико-хімічну суть ряду металургійних процесів), С.С.Штейнберга (узагальнив явище перетворень аустеніту), М.П.Чижевського (вивчив вплив азоту на властивості сталей).

У даний час наука "металознавство" пішла далеко вперед. Українськими вченими розроблено більше двох тисяч різних сплавів.

У НАН України працює декілька десятків науково-дослідних інститутів, які займаються металознавством (інститути: проблем матеріалознавства; надтвердих матеріалів; проблем міцності; проблем лиття; зварювання ім. Е.О.Патона; фізико-технічний тощо).

Крім цього, є багато науково-дослідних галузевих інститутів, які займаються проблемами матеріалознавства.

Слід відмітити, що великий внесок у розвиток металознавства дають вчені з вищих технічних навчальних закладів.

У даний час технічну науку творять не самотні вчені, а цілі колективи.

Серед сучасних вітчизняних вчених-металознавців можна назвати: Б.Е. Патона, Д.А. Дутка, Б.І. Медовара, Б.А. Мовчана, А.К. Лебедева, Н.Т. Францевича, Г.К. Писаренка та ін.

Розділ 1. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ І СПОСОБИ ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛІВ

1.1. Поняття про метали і металеві сплави

У сучасному машинобудуванні застосовуються конструкційні матеріали, чільне місце серед яких займають метали та їх сплави. Головними перевагами цих матеріалів є висока міцність, твердість, жорсткість, пластичність; їх можна зміцнювати пластичною деформацією, термообробкою і надавати їм різних властивостей.

Металеві сплави за сучасними технологіями отримують сплавленням, спіканням, електролізом, конденсацією з пароподібного стану двох чи більше металів та неметалів.

Майже 80 елементів періодичної системи належать до групи металів. Це кристалічні тіла з упорядкованим просторовим розташуванням атомів, яке періодично повторюється, утворюючи правильні геометричні фігури *просторові кристалічні решітки*.

Кристалічна будова металів. Речовини у твердому стані мають кристалічну або аморфну будову. У кристалічній речовині атоми розташовані за геометрично правильною схемою і на певній відстані один від одного, а в аморфній - атоми розташовані хаотично.

Метали та їх сплави — це кристалічні тіла, атоми яких розміщені у певному геометричному порядку, що періодично повторюється у просторі, утворюючи кристалічні решітки. У вузлах цих решіток розміщуються позитивно заряджені іони, а між ними переміщуються вільні електрони. При затвердінні атоми металів утворюють кристали, які можна розглядати як геометрично правильні системи, побудовані у вигляді кристалічних решіток. Порядок розташування атомів у решітці може бути різним. Багато найважливіших металів утворюють решітки, розташування атомів в елементарних комірках яких має форму *центрованого куба* (α - і β -залізо, α -титан, хром, молібден, вольфрам, ванадій), *куба з центрованими гранями* (γ -залізо, алюміній, мідь, нікель, свинець, β -кобальт) або *гексагональну*, як у шестигранній призми, комірку (магній, цинк, α -кобальт).

Більшість технічних металів мають кристалічні решітки: *об'ємноцентровану кубічну (ОЦК), гранецентровану кубічну (ГЦК) або гексагональну щільноупаковану (ГЦУ)*.

Щоб мати уявлення про кристалічну решітку, досить знати розташування атомів в елементарній комірці її. На *рис. 1.1,а* зображено елементарну комірку кубічної *об'ємноцентрованої решітки*; вона обмежується *дев'ятьма атомами*, вісім з яких розташовані по вершинах

куба, а дев'ятий — у його центрі. Повторенням цієї комірки шляхом переносів утворюється вся структура кристала.

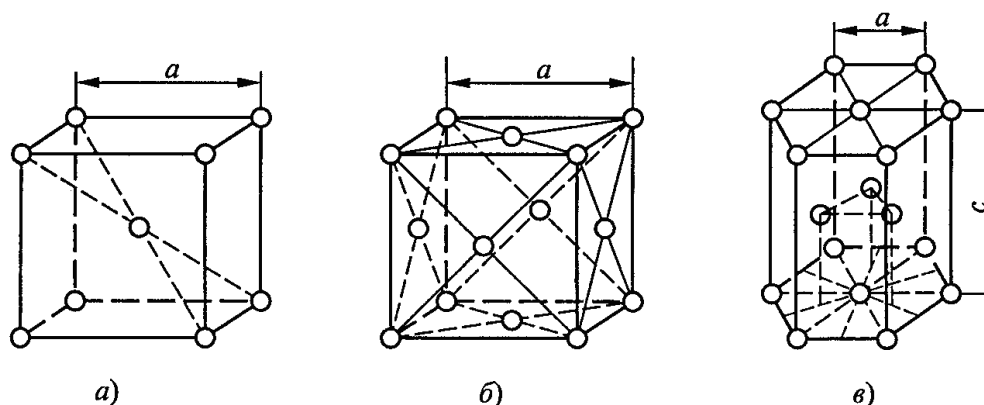


Рис. 1.1. Схема розміщення атомів у кристалічній решітці:

а) об'ємноцентрована кубічна; б) гранецентрована кубічна; в) гексагональна

Елементарна комірка кубічної гранецентрованої решітки (рис. 1.1,б) обмежується 14 атомами: 8 з них розташовані по вершинах куба і 6 — по гранях.

Елементарна комірка гексагональної решітки (рис. 1.1,в) обмежена 17 атомами, з них 12 атомів розташовані по вершинах шестигранної призми, 2 атоми — у центрі основі і 3 — усередині призми.

Параметр решіток (сторона куба або шестигранника) у міді 0,36 нм, в алюмінію 0,405 нм, у цинку 0,267 нм і т. д.

Кожний атом складається з позитивно зарядженого ядра і кількох шарів (оболонки) негативно заряджених електронів, які рухаються навколо ядра. Електрони зовнішніх оболонок атомів металів називають валентними. Вони легко відщеплюються, швидко рухаються між ядрами і називаються вільними. Внаслідок наявності вільних електронів атоми металів є позитивно зарядженими іонами.

Отже, у вузлах решіток, позначених кружечками (див. рис. 1.1а, б, в) містяться позитивно заряджені іони. Іони, проте, не перебувають у спокої, а безперервно коливаються біля положення рівноваги. З підвищенням температури амплітуда коливань збільшується, що веде до розширення кристалів, а при температурі плавлення коливання частинок збільшується настільки, що кристалічна решітка руйнується.

Всі метали в твердому стані складаються з окремих кристалів неправильної геометричної форми, які ще називають зернами. Ці зерна можна побачити під мікроскопом, виготовивши мікро- або макрошліфи. На мікрошліфі спостерігають мікроструктуру, на макрошліфі - макроструктуру металу.

Поліморфізм металів. Деякі метали (залізо, кобальт, титан, олово та ін.) при зміні температури міняють тип кристалічних решіток. Ця властивість металів називається алотропією, або поліморфізмом. Одночасно зі зміною кристалічних ґрат змінюються також властивості металів. Температури, при яких відбуваються такі зміни, називаються

критичними точками. Окремі модифікації металу позначаються грецькими літерами α , β , γ , δ відповідно до зростання температури.

Зміна *алотропної модифікації металу*, як і зміна його агрегатного стану, супроводжується тепловим ефектом: при нагріванні металу теплота поглинається, а при охолодженні — виділяється. Тому на графіку залежності температури від часу (температурній кривій), записаному в процесі нагрівання (охолодження) металу, в момент зміни його будови помітними стають відповідні площадки (критичні точки).

Температурна крива охолодження чистого заліза зображено на *рис. 1.2*. З нього випливає, що кожна модифікація заліза має певну температуру переходу — *точку алотропного перетворення*.

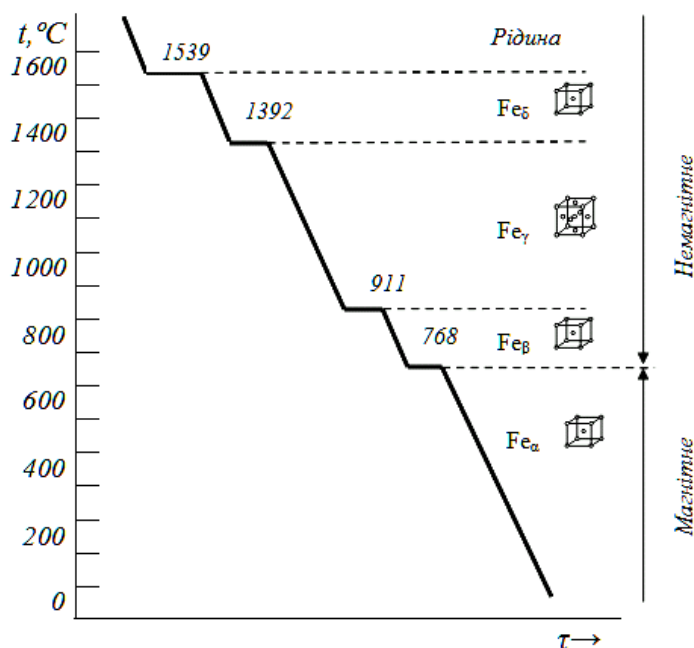


Рис. 1.2. Температурна крива охолодження чистого заліза

До $911\text{ }^{\circ}\text{C}$ залізо має об'ємноцентровану кубічну (ОЦК) решітку і позначається Fe_{α} . В інтервалі температур $911\ldots 1392\text{ }^{\circ}\text{C}$ існує його модифікація Fe_{γ} з гранецентрованою кубічною (ГЦК) коміркою. При $1392\text{ }^{\circ}\text{C}$ ця комірка заліза знову стає об'ємноцентрованою кубічною (ОЦК), зберігаючись до температури плавлення заліза. Цю його модифікацію позначають Fe_{δ} .

Найбільше значення в практиці термообробки сталі має перетворення $Fe_{\alpha} \rightarrow Fe_{\gamma}$ і навпаки.

Анізотропія властивостей кристалів. Окремі кристали проявляють свої властивості у різних напрямках — неоднаково. Якщо вони розташовані впорядковано, без будь-яких просторових викривлень, то таке тіло називається *монокристалом*. Тоді це тіло має неоднакові властивості в різних напрямках. Цю властивість кристалів називають *анізотропією*. У природних умовах кристалічні тіла складаються з множини дрібних по-різному орієнтованих кристалів і називаються *полікристалами*. В цьому випадку анізотропія відсутня, тому що середньостатистична відстань між атомами в усіх

напрямках виявляється однаковою. У зв'язку з цим полікристалічні тіла вважаються уявно ізотропними.

Будова реальних металів, дефекти кристалічних решіток. Кристалізація реального металу супроводжується утворенням багатьох невеликих кристалів. Наприклад, в 1 см^3 сталевого виробу налічуються десятки тисяч кристалів. Вони не мають правильної геометричної форми і довільно орієнтовані в просторі. Такі кристали називаються *кристалітами*, або *зернами*. У свою чергу, кожне зерно складається із довільно орієнтованих у просторі менших об'ємів, які називаються *блоками*.

Блокова структура і неправильна форма поверхні кристаліта зумовлюють неупорядкованість (або дефекти) розташування атомів в окремих місцях кристалічних ґрат.

Дефекти (недосконалості) внутрішньої кристалічної будови металів поділяють на *точкові, лінійні та поверхневі*.

Точкові дефекти малі в усіх напрямках. Вони бувають кількох типів. Окремі атоми внаслідок теплового коливального руху можуть відхилитися настільки, що не повертаються назад. Порожній, не зайнятий атомом вузол кристалічних ґрат металу, називається *вакансією*. Зміщений з вузла атом деякий час не знаходить вільного вузла в кристалічних ґратах й опиняється між іншими атомами. Такий дефект будови металу називається *зміщенням*. При підвищенні температури кількість вакансій і зміщень збільшується. Вони відіграють важливу роль у руйнуванні металів при високих температурах.

У металі, навіть хімічно чистому, завжди є домішки сторонніх атомів. Внаслідок різниці в розмірах і властивостях атомів основного металу та стороннього в кристалічних ґратах утворюються *викривлення*.

Лінійні дефекти охоплюють по довжині багато рядів атомів, але їх протяжність поперек лінії поширення дефектів дуже мала. Вони називаються *дислокаціями* і бувають кількох типів: крайові, гвинтові, мішаного типу та ін. Дислокації утворюються в металі під час його кристалізації, при гартуванні, легуванні, пластичній деформації, термообробці та ін.

Суттєво впливають на механічні властивості металу недосконалості будови меж зерен — *поверхневі дефекти*. В перехідному шарі між сусідніми зернами, ґрати яких мають різну орієнтацію, порушується правильність розташування атомів, накопичуються дислокації, підвищується концентрація домішок. Уздовж меж зерен найшвидше відбувається дифузія, особливо при нагріванні металу.

Дефекти кристалічної будови металів можуть взаємодіяти між собою, тому їх концентрація (щільність) може змінюватися.

Щільність дислокацій впливає на механічні й інші фізичні та хімічні властивості металів.

Максимальну міцність (теоретичну) має метал з ідеальною (бездефектною) будовою. Трохи меншу міцність мають майже досконалі

кристали — «вуса», які кристалізуються з газової фази. Для реальних металів характерною є найменша міцність. Наприклад, теоретична (розрахункова) міцність чистого заліза становить приблизно 14 000 МПа, а міцність реального заліза досягає лише 200... 220 МПа, тобто в 70 разів менша. Ця розбіжність, обґрунтована з позицій теорії дислокацій, свідчить про недосконалість технологічних способів отримання та переробки металів, оскільки на практиці використовується лише 1...2 % їхньої можливої міцності. При подальшому нарощуванні щільності дислокацій (легуванням, термообробкою та ін.) міцність металу можна збільшити.

1.2. Деформація та основні властивості металів і сплавів

Під час експлуатації вироби, елементи споруд зазнають різноманітних силових навантажень. Дія навантаження викликає деформацію матеріалу, тобто зміну його розмірів і форми. Розрізняють два види деформації — пружну й пластичну.

Пружна деформація зумовлена дією нормальних (перпендикулярних до площини, на яку вони діють) зусиль, внаслідок чого відбувається зміщення атомів із положень рівноваги (ці положення визначаються зрівноважуванням сил протягування електронів атома з ядрами сусідніх атомів та сил відштовхування ядер сусідніх атомів). Атоми зміщуються без зміни сусідів на відстані, що не перевищують міжатомних відстаней. Тому пружна деформація має зворотний характер, тобто при усуненні навантаження атоми повертаються до початкових місць рівноваги, внаслідок чого пружна деформація зникає і виріб набуває попередньої форми й розмірів.

Пластична деформація зумовлена незворотним переміщенням атомів у певних площинах під впливом діючих у них дотичних сил. Вона не зникає після розвантаження матеріалу й тому її ще називають *незворотною* або *залишковою*. Зі зростанням навантаження деформування закінчується *руйнуванням*, тобто порушенням суцільності матеріалу.

Залежно від внеску пластичної деформації в загальний процес деформування аж до руйнування матеріалу розрізняють *пластичні* й *крихкі* матеріали. Разом з тим, залежно від умов навантаження (температура, швидкість деформування) один і той самий матеріал може перебувати в пластичному або крихкому стані. *Пластичному стану* матеріалу властива істотна пластична деформація перед руйнуванням. У *крихкому стані* матеріал руйнується без помітної пластичної деформації катастрофічно швидко, у зв'язку з чим матеріали в такому стані не застосовують для виготовлення навантажених деталей машин чи елементів конструкцій.

Властивості металів і сплавів. Метали характеризуються *механічними, фізичними, хімічними і технологічними властивостями*.

До основних *механічних властивостей* матеріалів, які характеризують поведінку матеріалів у навантаженому стані відносять:

- *пружність* - здатність матеріалу відновлювати свою форму та розміри після припинення дії сил, що викликали його деформацію;
- *міцність* - здатність матеріалу чинити опір деформуванню й руйнуванню;
- *пластичність* - здатність матеріалу під дією навантаження пластично деформуватися без руйнування, зберігаючи змінену форму й розміри (залишкову деформацію) після припинення дії навантаження;
- *твердість* - здатність матеріалу опиратися місцевому пластичному деформуванню;
- *ударну в'язкість* - здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією динамічних навантажень;
- *утомну міцність* - здатність матеріалу опиратися втомному руйнуванню, яке викликає дія тривалого повторно-змінного навантаження.

Усі механічні властивості залежать від хімічного складу, структури (за винятком пружності, що є структурно малочутливою), стану поверхні виробів, масштабного чинника (розмірів та форми), умов зовнішньої дії, а саме: температури, характеру та величини прикладеного навантаження, швидкості деформування, агресивності середовища. Так, зокрема, підвищення температури сприяє пластичній деформації, а дія корозійного середовища зменшує не тільки міцність, а й пластичність металів.

Переважає більшість матеріалів застосовується завдяки певному рівню їх механічних властивостей. Так, матеріали з високою міцністю застосовують для виготовлення сильно статично навантажених відповідальних конструкцій, деталей машин. Матеріали ресор, пружин, мембран повинні мати високу пружність й утомну міцність. Металообробні різальні інструменти виготовляють з твердих матеріалів, а деталі, що працюють в умовах динамічних змінних навантажень, — з в'язких та достатньо втомоміцних матеріалів.

Значення механічних властивостей подаються у довідниках, стандартах як основні характеристики конструкційних та інструментальних матеріалів. Для визначення цих характеристик використовують різноманітні методи механічних випробувань.

До фізичних властивостей належать: колір, густина, температура плавлення, електропровідність, магнітні властивості, теплопровідність, теплоємність, відносне видовження і зменшення по довжині при дії різних факторів.

До хімічних властивостей - окислюваність, розчинність, корозійна стійкість на повітрі та в інших агресивних середовищах, кислотостійкість, жаростійкість.

Найперша вимога до будь-якого металевого виробу — це його достатня міцність, тобто — здатність чинити опір деформаціям

і руйнуванню під дією зовнішніх навантажень. Однак, багато які вироби мають забезпечувати ще й особливі властивості відповідно до умов роботи їх. Наприклад, різальні інструменти повинні мати високу твердість та зносостійкість, а пружини і ресори — високу пружність. Пластичність металів та їх сплавів можна віднести також до їхніх технологічних властивостей, оскільки вона характеризує можливість зміни форми металів і сплавів тиском (куванням, вальцюванням тощо). Тому для виготовлення деталей машин так важливо знати технологічні властивості металів.

Технологічні властивості характеризують можливість проводити ті чи інші технологічні операції з певним металом або застосовувати метал в тих чи інших умовах. До технологічних властивостей належать: *рідкоплинність, а також придатність до обробки куванням, зварюванням, різанням.*

Рідкоплинність — здатність металів у розплавленому стані утворювати рідкий струмінь і добре заповнювати форму. Вона залежить від хімічного складу, наявності домішок і температури нагрівання.

Усадка — зменшення об'єму і лінійних розмірів металів і сплавів при твердненні, охолодженні і кристалізації, а також внаслідок інших фізико-хімічних процесів.

Ковкість — властивість металів змінювати свою форму під дією удару або тиску. Їх можна кувати як в холодному, так і в гарячому стані. З підвищенням температури ковкість, як правило, збільшується.

Зварюваність — здатність металів утворювати міцне з'єднання за допомогою місцевого нагрівання до розплавленого стану без застосування або при застосуванні механічної дії за рахунок створення сил міжатомного зв'язку.

Оброблюваність різанням — властивість металів піддаватись механічній обробці різальними інструментами. Вона залежить від твердості, в'язкості та інших властивостей матеріалу.

Основні технологічні властивості конструкційних вуглецевих і легированих сталей, які найчастіше застосовуються в сільськогосподарському машинобудуванні, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технологічні властивості і область застосування конструкційних вуглецевих і легованих сталей

Марки металів і сплавів	Оброблюваність різанням	Зварюваність	Оброблюваність тиском (ковкість)	Область застосування
<i>Вуглецеві сталі звичайної якості</i>				
БСт3кп	В	-	ДВ	Фасонні профілі для обода коліс
БСт3сп	В	-	ДВ	автомобілів і для с. г. машинобудування
Ст3сп	В	-	ДВ	Фасонні профілі для
Ст3пс	В	-	ДВ	тракторобудування (швелери для
ВСт4сп	В	В	ДВ	рами і кутик для корпусу трактора).
Ст5пс	В	-	ДВ	Деталі клепаних конструкцій, деталі
Ст5сп	В	-	ДВ	кріплення, ручки, тяги, важелі, пальці та інші деталі, які працюють в інтервалі температур від 0 до 425°C.
ВСт5пс	В	ДВ	ДВ	Арматура періодичного профілю
ВСт5сп	В	ДВ	ДВ	(Ø 10 - 40 мм)
<i>Вуглецеві якісні сталі</i>				
0,8кп	В	ДВ	ДВ	Деталі, виготовлені холодним штампуванням, трубки, прокладки, втулки, валики, зубчаті колеса, фрикційні диски.
10	В	ДВ	ДВ	
15	В	ДВ	ДВ	Малонавантажені деталі: втулки,
20	В	ДВ	В	пальці, шестерні, важелі, крюки,
25	В	ДВ	В	траверси, болти, стяжки.
30	В	В	В	Малонавантажені деталі: осі,
35	В	В	В	шпинделі, зірочки, тяги, важелі, диски, вали.
40	В	З	З	Деталі, що піддаються термічній обробці: колінчаті і розподільчі вали, рейки, колеса, маховики, шпильки, храповики, плунжери, фрикційні диски, осі, муфти.
45	В	З	З	
50	З	З	З	Зубчаті колеса, штоки, вали, ексцентрики, малонавантажені пружини і ресори.

Марки металів і сплавів	Оброблюваність різанням	Зварюваність	Оброблюваність тиском (ковкість)	Область застосування
65	3	Н	Н	Для пружин машин і механізмів: пружин клапанів двигунів, плоских пружин (ресор) прямокутного перетину товщиною 3...12 мм; пружин із дроту діаметром до 8 мм з холодним навиванням; пружин різних розмірів з послідовним відпусканням при 300°С.
70	3	Н	Н	
75	3	Н	Н	
80	3	Н	Н	
Вуглецеві інструментальні сталі				
У7, У7А	-	-	-	Інструмент для обробки деревини (сокири, стамески, долота) та ударні інструменти (пуансони, молотки, викрутки).
У8А, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А	-	-	-	
У10, У10А, У11, У11А, У12, У12А	-	-	-	Деревообробний інструмент (фрези, пили, свердла).
У13	-	-	-	Металообробний інструмент, що працює при невисоких температурах (мітчики, плашки тощо).
				Напилки, граверний інструмент тощо, а в деяких випадках - прості штампи холодного деформування.
Леговані сталі				
15Г	В	ДВ	ДВ	Без термічної обробки – зварні підмоторні рами, косинки, штуцера, втулки, шайби.
20Г	В	ДВ	ДВ	
25Г	В	ДВ	В	
				Після цементації або ціанування – поршневі пальці, фрикційні диски, пальці ресор, кулачкові валики, болти, гайки, гвинти, ключі, шестерні, черв'яки та інші деталі із твердою та зносостійкою поверхнею.
10Г2	В	В	В	Патрубки, штуцери, фланці.
30Г	В	З	З	Валики блоків перемикачів

Марки металів і сплавів	Оброблюваність різанням	Зварюваність	Оброблюваність тиском (ковкість)	Область застосування
35Г	В	В	В	передач, шпильки, вінці і ободи маховиків, пальці траків, болти, гайки та ін.
30Г2	В	Н	Н	Колінчаті вали, напівосі, цапфи, важелі зчеплення, розподільчі вали, карданні вали, шестерні
35Г2	В	Н	Н	Карданні вали, напівосі, колінчаті і розподільчі вали та інші деталі, що працюють в умовах підвищених навантажень.
40Г2	В	Н	Н	
45Г2	В	Н	Н	
50Г2	В	Н	Н	
15Х	В	-	Н	Для цементованих деталей які працюють в умовах підвищеного тертя, що потребують більшої твердості серцевини у порівнянні з вуглецевою сталлю – поршневі пальці, розподільчі і черв'ячні вали, штовхачі клапанів, ролики штовхачів автотракторних двигунів.
15ХН	В	-	Н	
20Х	В	-	Н	
30Х	В	-	Н	Осі, валики, важелі, болти, гайки та інші мілкі деталі, а також зубчаті колеса, вали і відповідальні навантажені шпильки.
35Х	В	-	Н	
30ХРА	В	-	Н	
40Х	В	-	Н	Вали, осі, великі зубчаті колеса, пальці та інші деталі з робочими поверхнями тертя, що піддаються зносу без ударних навантажень.
45Х	В	-	Н	
50Х	В	-	Н	
18ХГ	З	Н	Н	Для цементованих деталей невеликих розмірів – поршневих пальців, шліцьових валів, зубчатих коліс та ін.
35ХГ2	З	Н	Н	
33ХС	З	Н	Н	Вали муфт зчеплення, важелі перемикавання, балансири, випускні клапани тракторних двигунів.
38ХС	З	Н	Н	
40ХС	З	Н	Н	
30ХМ	З	З	В	Деталі автотракторного і загального машинобудування (вали, осі, цапфи, втулки, зубчаті колеса, деталі рульового управління, деталі турбін
30ХМА	З	З	В	
35ХМ	З	З	В	
38ХМ	З	З	В	

Марки металів і сплавів	Оброблюваність різанням	Зварюваність	Оброблюваність тиском (ковкість)	Область застосування
35ХГ2	3	Н	В	і компресорів, що працюють при температурі до 400°C). Вали, напівосі, пальці, зірочки, важелі і інші деталі автотракторного сільськогосподарського машинобудування, які працюють в умовах тертя і підвищених навантажень.
35ХГФ	3	Н	В	
40ХГТР	3	Н	В	
25Х2Н4МА	3	-	З	Муфти, великогабаритні шатуни і інші деталі для дизелебудування. Азатована сталь застосовується в моторо- і автобудуванні (гільзи циліндрів ДВЗ, голки форсунок, стакани, вали, зубчаті колеса та ін.)
25Х2Н4ФА	3	-	З	
38Х2МЮА	3	-	Н	

Примітки. Технологічні властивості металів і сплавів позначаються: ДВ - дуже висока; В - висока; З - задовільна; Н - низька.

Класифікація механічних випробувань. За характером зміни навантаження в часі розрізняють:

- *статичні випробування*, за яких одноразово прикладене навантаження плавно і порівняно повільно зростає від мінімальної до максимальної величини;

- *динамічні (ударні) випробування*, за яких навантаження прикладаються одноразово й з великою швидкістю зростають від найменшої до найбільшої величини;

- *утомні випробування*, за яких навантаження прикладаються багаторазово і можуть змінюватися не тільки за величиною, а й за напрямком, причому з різними швидкостями навантаження та розвантаження.

За способом прикладення навантаження розрізняють випробування на розтягання, стискання, закручування, згинання.

Випробування можуть бути *короткочасними* й *тривалими*. Вони можуть виконуватись при різних температурах та в середовищах, що імітують умови експлуатації.

Статичні випробування на розтяг полягають у поступовому розтяганні стандартних зразків аж до їх руйнування на розривних

машинах, що мають прилад для запису *діаграми розтягання* в координатах "навантаження F — абсолютне видовження Δl " (рис. 1.3).

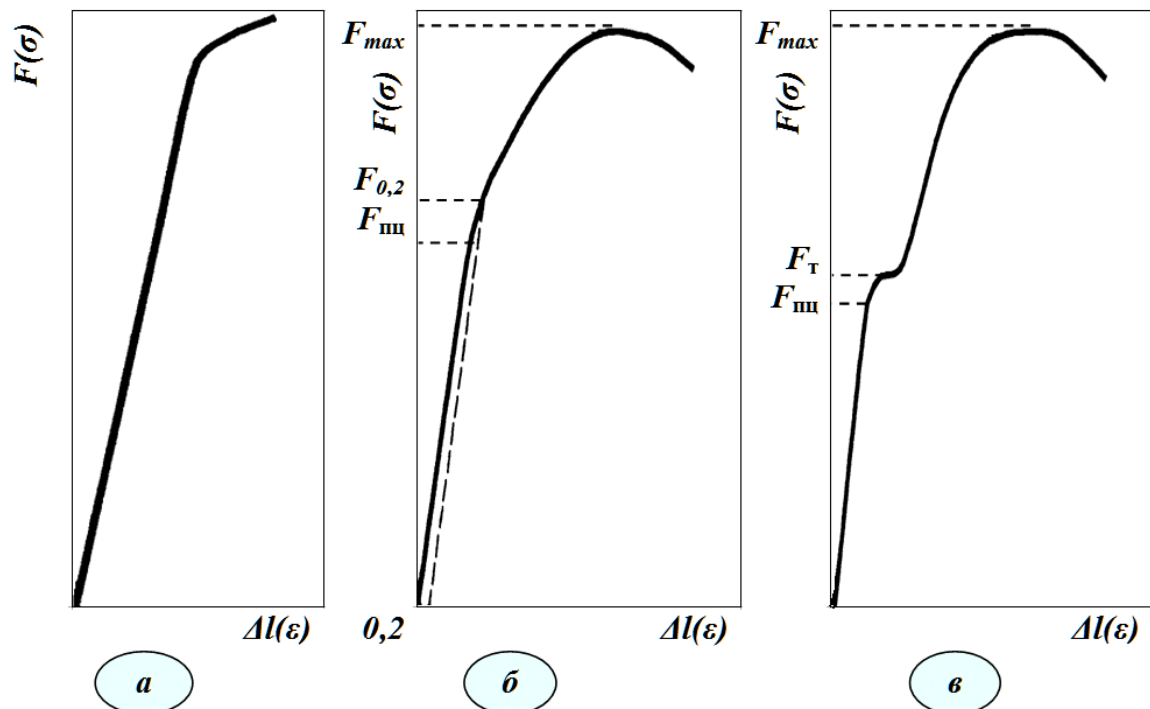


Рис. 1.3. Схеми діаграм розтягання матеріалів:
 а - крихких; б - міцних; в - високопластичних

Усю гаму таких діаграм для різних металів та сплавів можна звести до кількох типів. Дуже крихкі матеріали руйнуються без помітної пластичної деформації (рис. 1.3, а).

Більшість конструкційних сплавів у пластичному стані деформується за діаграмою, показаною на рис. 1.3, б. З досягненням зусилля F_{max} у робочій частині зразка, яка до цього моменту зберігала початкову форму, настає локалізація деформації, переважно поблизу концентратора напружень. Вона виявляється в утворенні шийки — місцевого звуження поперечного перерізу зразка. Шийка розвивається аж до моменту руйнування зразка.

Діаграма розтягання зі *сходінкою текучості* (рис. 1.3, в) властива високопластичним металом і сплавам з ОЦК кристалічною решіткою, наприклад, залізу й маловуглецевим сталям.

Визначення характеристик міцності. Щоб не залежати від розмірів та форми тіла (виробу), для характеристики міцності матеріалу використовуються *напруження* - питомі навантаження, що припадають на одиницю площі перерізу тіла. Вони визначаються відношенням сили (навантаження) до площі перерізу тіла, на який вона діє. Їх розмірність у Міжнародній системі одиниць - паскаль ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$); для зручності користуються мегапаскалями ($1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$).

Напруження як функція не тільки сили, але й площі, в різних перерізах тіла буде різним. Переважно сила не перпендикулярна до

площини, на яку вона діє. Тоді її, як будь-який вектор, можна розкласти на дві складові: нормальну та дотичну. Відповідно за цими складовими визначають:

- *нормальні напруження* σ , що діють перпендикулярно до площини перерізу тіла і викликають пружну деформацію;

- *дотичні напруження* τ , що діють у площині перерізу тіла і викликають пластичну деформацію.

Залежно від способу визначення розрізняють *дійсні* та *умовні* напруження. Відомо, що внаслідок деформації зразка змінюється величина його перерізу. *Дійсні* напруження визначають відношенням сили до площі перерізу в момент деформації, *умовні* — відносять до початкової площі перерізу S_0 (до початку навантаження), не враховуючи її зміни під час деформації. І хоча фізичний зміст мають тільки дійсні напруження, в практиці механічних випробувань частіше користуються умовними напруженнями завдяки зручності їх визначення.

Основні стандартні характеристики міцності подаються умовними нормальними напруженнями - відношеннями відповідних зусиль F (рис. 1.3) до початкової площі поперечного перерізу зразка S_0 . Зусилля визначають розрахунковим способом за показами тензометрів, прикріплених до поверхні зразків, або графічним способом на діаграмі розтягання.

Границю пропорційності $\sigma_{\text{пц}}$ - умовне напруження, до якого в матеріалі зберігається лінійна залежність між навантаженням і видовженням, вираховують за формулою:

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{F_{\text{пц}}}{S_0}. \quad (1.1)$$

При графічному визначенні границі пропорційності за розрахункову величину $F_{\text{пц}}$ приймають зусилля, при якому відхилення від лінійної залежності між навантаженням і видовженням сягає певної величини. Переважно допуск при визначенні $F_{\text{пц}}$ задають збільшенням тангенса кута між дотичною до кривої деформації й віссю навантажень на 50 % від його значення на лінійній пружній ділянці.

Границю текучості фізичну $\sigma_{\text{т}}$ визначають як найменше напруження, за якого зразок деформується без помітного зростання навантаження і якому відповідає сходи́нка текучості на діаграмі розтягання (рис. 1.3, в):

$$\sigma_{\text{т}} = \frac{F_{\text{т}}}{S_0}. \quad (1.2)$$

Границю текучості умовну $\sigma_{0,2}$ при якій величина пластичної (залишкової) деформації сягає 0,2 %, визначають за відсутності на кривій розтягання сходи́нки текучості (рис. 1.3, б) за формулою:

$$\sigma_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{S_0}. \quad (1.3)$$

Із залежності $\Delta l = (0,2 \cdot l) / 100$ визначають абсолютне видовження зразка

на робочій довжині зразка l , яке відповідає залишковій деформації 0,2 %. Його значення відкладають вздовж осі абсолютного видовження діаграми розтягання (рис. 1.3, б). З точки, що відповідає 0,2 % деформації, проводять пряму, паралельну до прямолінійного відрізка кривої деформації. Точка її перетину з кривою деформації відповідає зусиллю $F_{0,2}$.

Границю міцності σ_B — напруження, яке відповідає найбільшому зусиллю F_{max} (рис. 1.3, б, в), що передуює руйнуванню зразка, вираховують за формулою:

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{S_0}. \quad (1.4)$$

Для визначення границі міцності зразок плавно навантажують до руйнування.

Визначення характеристик пластичності. Пластичність матеріалу характеризують відносні видовження та звуження.

Відносне видовження зразка після руйнування δ (%) визначають за формулою:

$$\delta = l_K - l_0 / l_0 \cdot 100\% \quad (1.5)$$

де l_K - довжина зразка після розриву, мм; l_0 - довжина зразка до розриву, мм.

Відносне звуження (%) визначають за формулою:

$$\psi = S_0 - S_K / S_0 \cdot 100\% \quad (1.6)$$

де S_0 - початкова площа поперечного перерізу робочої частини зразка, мм²; S_K - площа поперечного перерізу після розриву, мм².

Відносне звуження визначають переважно на циліндричних зразках (площу поперечного перерізу в місці руйнування плоских зразків складніше визначити внаслідок спотворення його форми). Мінімальний діаметр зразка в місці руйнування d_K визначають за результатами вимірювань штангенциркулем у двох взаємно перпендикулярних напрямках, попередньо склавши дві половинки зруйнованого зразка по

поверхні зламу. За середнім арифметичним значенням d_k вираховують площу поперечного перерізу F_k в місці руйнування.

Визначення твердості матеріалів є найпоширенішим методом випробування сплавів, який не потребує виготовлення спеціальних зразків і може бути використаний на готових деталях. Твердість матеріалу безпосередньо пов'язана з границею міцності, тому, знаючи твердість сталі, можна визначити границю міцності:

$$\sigma_s = 0,36 HB \quad (1.7)$$

Методи вимірювання твердості відрізняються між собою умовами прикладання навантаження на індентор і його формою та твердістю матеріалу зразка (деталі), його розмірами, товщиною зміцненого шару покриття деталі тощо.

Найпоширенішими є такі методи визначення твердості: за статичним втискуванням (твердоміри *Брінелля*, *Роквелла*, *Віккерса*); за динамічним втискуванням — метод пружного відскакування бойка (твердомір *Шора*) і метод орієнтовного визначення твердості втискуванням кульки ударом (твердомір *Польді*); вимірюванням електроопору; коливанням маятника; дряпанням.

Вимірювання твердості *методом Віккерса* (за назвою англійського військово-промислового концерну «Віккерс») втискуванням у поверхню досліджуваного матеріалу чотиригранної алмазної піраміди. Навантаження на неї вибирають із таблиці. Число твердості визначається відношенням навантаження P (Н) до площі поверхні піраміди відбитка F (мм²). Для позначення твердості за методом Віккерса необхідно вказувати також тривалість навантаження, якщо вона більша чи менша ніж 10...15 с. Наприклад, 1/30—500 HV означає число твердості за Віккерсом 500, визначене вимірюванням при навантаженні 1 кН і його тривалості 30 с.

Твердість за Шором виражається в умовних одиницях, що відповідають висоті підйому бойка після удару у досліджувану поверхню з фіксованої висоти його падіння. Твердомір Шора використовують для вимірювання твердості великогабаритних виробів, які не можна встановити на стаціонарні твердоміри.

Твердість на твердомірі Польді визначається орієнтовно за відбитками кульки, одержаними одночасно на еталонному зразку і поверхні випробуваної деталі при ударі молотком по бойку твердоміра.

Метод дряпання виражається в нанесенні подряпин на поверхні зразків індентором, який не деформується. Цей метод не стандартизований.

Спосіб Брінелля (за іменем шведського інженера Ю. А. Брінелля). застосовують для порівняно м'яких металів (Рис. 1.4). Він ґрунтується на вимірюванні твердості за величиною відбитка, що залишає стальна

загартована кулька під час її вдавлювання в метал при певних навантаженнях. Стальна кулька може бути діаметром 2,5; 5; 10 мм, навантаження 150...30000 Н. Позначають твердість за Брінеллем HB і визначають за формулою:

$$HB = P/F \quad (1.8)$$

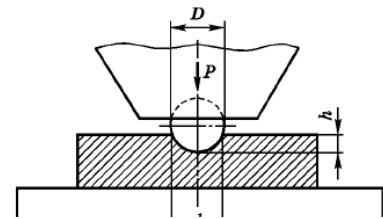


Рис. 1.4. Схема визначення твердості металів на твердомірі Брінелля

де P — тиск, Н; F — площа відбитку, залишеного кулькою на поверхні металу, $м^2$.

Твердість за Роквеллом (за іменем американського металурга С. П. Роквелла). У практиці вимірювання твердості технічних матеріалів найбільшого застосування набули методи втискання, зокрема метод Роквелла, який ґрунтується на втисканні в матеріал під дією статичного навантаження твердішого за нього наконечника (індентора) у формі кульки чи конуса. Визначена за цим методом твердість - це здатність матеріалу чинити опір місцевому пластичному деформуванню. Вона позначається великими літерами, перша з яких H (від першої літери англійського слова *hardness* - твердість), друга літера R - символізує метод Роквелла, третя (A , B чи C) - вказує на шкалу індикатора й умови вимірювання. Вимірюють твердість на твердомірах типу ТР, що забезпечують можливість регулювання параметрів (сили, часу) втискання в матеріал наконечника вздовж його осі перпендикулярно до поверхні матеріалу. Критерієм твердості є глибина відтиску наконечника, яка визначається на твердомірі автоматично, а значення твердості зчитується з його шкали.

Для вимірювання твердості використовуються стандартні наконечники двох типів:

- алмазний конус з кутом при вершині 120° ;
- відполірована кулька діаметром 1,5875 мм (1/16") із загартованої сталі.

Загальне навантаження P на наконечник прикладають у такій послідовності (рис. 1. 5):

- наконечник втискається в матеріал під дією початкового навантаження P_0 на глибину h_0 , з якої здійснюватиметься відлік твердості, щоб усунути вплив шорсткості поверхні, неоднорідності хімічного складу та структурного стану поверхневого шару й вібрацій твердоміра;
- опісля плавно впродовж 2...8 с прикладається основне навантаження до свого номінального значення P_1 ;
- наконечник певний час втискається в матеріал під дією загального навантаження P ($P=P_0+P_1$) на глибину h_1 . Тривалість витримки під загальним навантаженням залежить від повзучості матеріалу й становить

2 с для матеріалів з незалежною та 5...8 с для матеріалів з залежною від часу пластичною деформацією;

- після витримки знімається основне навантаження й наконечник, продовжуючи перебувати під дією початкового навантаження P_0 , витісняється матеріал у положення, що характеризується величиною заглиблення h .

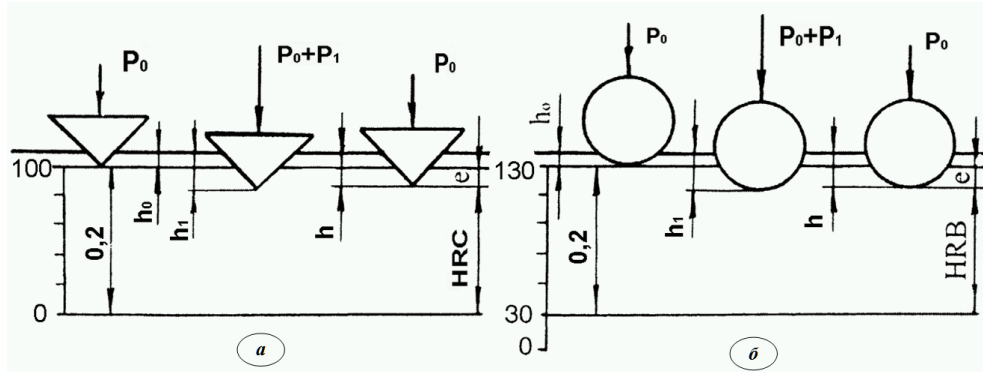


Рис. 1.5. Схеми вимірювання твердості за методом Роквелла алмазним конусом (а) і сталеву кулькою (б)

Різниця $h - h_0$, яка характеризує твердість, визначається за допомогою індикатора годинникового типу. На циферблаті індикатора є три шкали, які мають 100 спільних поділок: суміщені ідентичні шкали A і C , позначені чорними цифрами, та зміщена відносно цих шкал на 30 поділок шкала B , позначена червоними цифрами. Ціна поділки с шкали відповідає заглибленню індентора на 0,002 мм, а повний оберт стрілки - на 0,2 мм.

Значення твердості за методом Роквелла визначається різницею значень K і e , виражених через кількість поділок шкали:

$$HR = K - e \quad (1.9)$$

де $K = 0,2 \text{ мм} / 0,002 \text{ мм} = 100$ поділок шкали, якщо твердість визначають алмазним наконечником за шкалами A і C , або $K = 0,26 \text{ мм} / 0,002 \text{ мм} = 130$ поділок шкали, якщо твердість визначають сталеву кулькою за показами шкали B , $e = (h - h_0) / 0,002$ (рис. 1. 5).

Отже, твердість за Роквеллом подається в умовних одиницях (міра одиниці відповідає ціні поділки шкали - 0,002 мм) за відповідною шкалою індикатора твердоміра, наприклад 58 HRC. Таким чином, твердість за Роквеллом виражається в умовних одиницях: HRA, HRB і HRC.

Між значеннями твердості, визначеними різними методами, існує кореляція. Для переведення чисел твердості з одних одиниць в інші користуються довідковими таблицями.

Визначення в'язкості. Однією з основних механічних властивостей конструкційних матеріалів є *в'язкість* — їхня здатність чинити опір руйнуванню під дією ударних навантажень. Її визначають найчастіше

методом руйнування стандартних зразків з надрізом на маятниковому копрі. Ударна в'язкість KC дорівнює відношенню роботи K (Дж), витраченій на руйнування зразка, до площі його поперечного перерізу S_0 (m^2):

$$KC = K/S_0 \quad (1.10)$$

Ударна в'язкість є важливою характеристикою конструкційної міцності матеріалів. Вона залежить як від міцності, так і від пластичності матеріалу. Здебільшого, ударна в'язкість більш чутлива до зміни структурного стану матеріалу за характеристики твердості, міцності чи пластичності, визначені за статичними випробуваннями.

Ударна в'язкість характеризує здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією динамічних навантажень. Її визначають як питому роботу руйнування ударним згином надрізаних призматичних зразків.

З одного боку зразка посередині виконується концентратор напружень у вигляді U- чи V- подібного надрізу (карбу), а для особливо жорстких умов випробування - втомної тріщини (Т) на дні V-надрізу. Стандарт встановлює 20 типорозмірів зразків з різними видами концентраторів.

Зразок встановлюють на опори маяткового копра і руйнують з протилежного до надрізу боку ударом відпущеного з певної висоти важкого маятника. Метою випробування на копрі є визначення роботи руйнування зразка K .

Роботу удару позначають літерами KU , KV або KT , де K - символізує роботу удару (роботу руйнування зразка), а U , V , T - вид концентратора. Якщо параметри випробування відрізняються від максимальної енергії удару маятника 300 Дж, глибини U- і V-концентраторів 2 мм, T- концентратора 3 мм, ширини зразка 10 мм, то в позначенні роботи удару вказують значення використаних параметрів (наприклад $KU150/5/5 = 60$ Дж). Допускається позначати роботу удару A_i , де A - символ роботи удару, i - символ типу зразка (від 1 до 20).

Мале значення ударної в'язкості свідчить про крихкий стан матеріалу, тобто про його схильність до крихкого руйнування. Крихке руйнування належить до найнебезпечніших видів руйнування, тому що проходить катастрофічно швидко під дією відносно малих навантажень (менших за границю текучості) без помітних слідів пластичної деформації. Тріщина після досягнення критичного розміру починає рости дуже швидко

(зі швидкістю, близькою до швидкості звуку в матеріалі) за рахунок накопиченої в матеріалі енергії пружного деформування, не потребуючи зростання зовнішнього навантаження.

У в'язкому стані матеріал має велику ударну в'язкість. В'язке руйнування супроводжується значною пластичною деформацією. Магістральна тріщина росте відносно повільно, оскільки на її поширення витрачається значна енергія у вигляді роботи, яку виконує зовнішнє навантаження, напруження від якого повинно перевищувати границю текучості матеріалу. Тому цей вид руйнування не є таким небезпечним, як крихке руйнування.

Для позначення ударної в'язкості до символу KC додається третя літера - U , V або T , яка характеризує тип концентратора напружень, наприклад KCU . Для визначення ударної в'язкості крихких матеріалів використовують гладкі зразки (без надрізу) і тоді ударну в'язкість позначають лише літерами KC . Після літер символу ударної в'язкості послідовно вказують максимальну енергію удару маятника, глибину концентратора і ширину зразка (за винятком параметрів, відзначених вище для роботи удару), наприклад $KCV50/2/2 = 12 \text{ Дж/см}^2$. Для позначення роботи удару та ударної в'язкості при підвищених або понижених температурах застосовується додатковий індекс, який позначає температуру випробування в $^{\circ}\text{C}$, наприклад $KU^{+200}150/3/7,5 = 185 \text{ Дж/см}^2$.

Для визначення придатності металу або сплаву до застосування тих чи інших способів обробки в заводській практиці часто використовують **технологічні проби**. Листові та штабові матеріали, дріт і прутки невеликого діаметра *випробовують на перегин*, виявляючи їхню здатність до багаторазового перегину. Здатність листового матеріалу до холодного штампування та витягування перевіряється *пробою на витискування лунки сферичною головкою пуансона*. Труби випробовують на *відбортровку, обтискування* та ін. Такі випробування виконують за допомогою спеціальних пристроїв.

1.4. Фізико-хімічні методи аналізу металів

Як правило, вивчення властивостей металів та їх сплавів починається з визначення їхнього хімічного складу. Для цього найчастіше застосовують методи кількісного аналізу, а якщо надто висока точність непотрібна, то використовують спектральний аналіз. Більш точні дані дає рентгеноспектральний аналіз, за допомогою якого можна встановити склад мікрообластей розміром $100\ldots 0,01 \text{ мкм}$ (окремих фаз, зерен та ін.).

Кристалічну будову (структуру) металу чи сплаву можна спостерігати навіть на поперечному зломі його зразка. Загальне поняття структури включає поняття *макро-, мікро- і тонкої структури*.

Макроструктура — будова металу чи сплаву, що спостерігається візуально або при 30...50-кратному збільшенні за допомогою лупи на

натурних об'єктах (зломах) чи на спеціально підготовлених шліфованих зразках-макрошліфах. Щоб краще виявити структуру, макрошліфи протравлюють у хімічних реактивах — розчинах неорганічних кислот або солей. При травленні кристали розчиняються з різною швидкістю, тому що вони по-різному орієнтовані відносно поверхні шліфа (явище анізотропії). Межі між кристалами містять підвищену кількість домішок і розчиняються ще швидше. Іноді при травленні спостерігається різне забарвлення структурних складових сплаву. Протравлювач сильніше роз'їдає несучільності в металі: тріщини, пори тощо.

Макроаналізом виявляють макродефекти (тріщини, усадкові раковини, газові пухирі), хімічну неоднорідність у розподілі домішок (ліквацію), структурну неоднорідність, зумовлену обробкою тиском (волокнистість, смугастість) та ін.

Макроструктура може бути досліджена двома методами:

а) *методом зломів*;

б) *методом макрошліфа*.

За *методом зломів* вивчають зломи зразків, деталей, визначаючи характер злому (динамічний, втомний), розмір зерен, внутрішні дефекти (пори, тріщини), дендритну будову, структурну неоднорідність тощо.

У металах і сплавах залежно від їх попереднього оброблення зломи бувають кристалічні (зернисті) або волокнисті. Кристалічні зломи виникають у крихких сплавах і руйнування відбувається по межах зерен (між або через зерна (транскристалічний).

Коли руйнування відбувається в процесі дії циклічних навантажень, то виникають втомні зломи.

Методом макрошліфа структуру вивчають на зразку після його шліфування і травлення спеціальним реактивом. Цим методом виявляють волокнистість, ліквацію сірки, фосфору і вуглецю, дефекти зварних швів, усадкові та інші раковини, тріщини, глибину зміцненого шару тощо.

Для виготовлення макрошліфів деталей розрізують по осі симетрії або в площині, в якій бажано вивчити макроструктуру, напрям волокон, наявність дефектів тощо.

Поверхню розрізу шліфують на шліфувальному верстаті або на спеціальному приладі, а потім полірують на суконних або фетрових кругах із застосуванням пасти до утворення дзеркального блиску.

Після полірування поверхню макрошліфа протравлюють відповідними розчинами кислот, щоб виразніше виділити складові частини сплаву, тріщини, усадочні раковини у виливках, а також глибину поверхневого гартування і цементації.

Макрошліфи можна вивчати оглядом, або сфотографувати звичайним чи спеціальним фотоапаратом і одержати фотографію макроструктури з властивими особливостями і можливими дефектами.

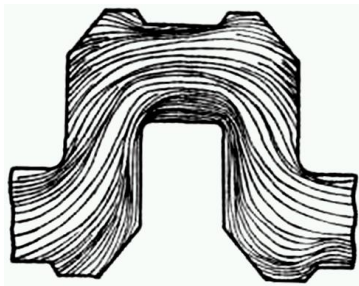


Рис. 1.6. Схема макроструктури колінчастого вала, виготовленого з круглої заготовки гарячим

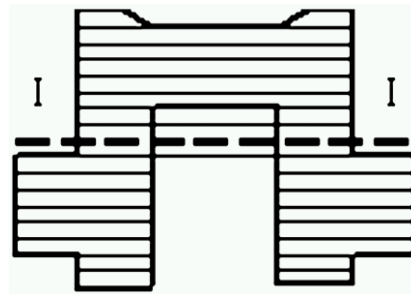


Рис. 1.7. Схема макроструктури колінчастого вала, виготовленого вирізуванням з плоскої заготовки

На рис. 1.6 і 1.7 зображені схеми макроструктур матеріалу ко лінчастих валів, виготовлених різними способами. На рис. 1.7 показаний вал, виготовлений способом вирізування із заготовки, яка мала форму штаби. Волокна матеріалу розміщені не раціонально, не вигідно: по лінії I—I буде небезпечний переріз, у якому міцність щік на зріз і на розтяг буде найменшою.

Макроаналізом можна виявити такі важливі особливості будови металу:

- грубі неметалеві включення;
- приховані дефекти металу (тріщини, пористість, усадкова пухкість, зональна неоднорідність, газові бульбашки, центральна пористість, підкіркові пухирці, свищі, шлакові включення тощо);
- вид зламу й особливості кристалічної будови матеріалу, причини руйнування деталі;
- характер кристалічної будови (дендритна будова ділянки транскристалізації литого металу, зерниста будова прокатаного і відпаленого металу, волокниста структура деформованого металу, розміщення волокон у композиційному матеріалі тощо);
- наявність включень у металі та характер їх розміщення (наприклад, ліквация в сталях сульфідів, фосфідів та інших включень);
- структура металу, що формується при первинній кристалізації;
- ступінь хімічної неоднорідності та будова поверхневих шарів виробів після термічної, хіміко-термічної та термомеханічної обробок;
- неоднорідність будови сплавів, зумовлена обробкою тиском;
- структура та якість зварних з'єднань (непровари, шаруватість наплавленого металу, шлакові включення, усадкова рихлість, ліквация домішок тощо).

Необхідно зауважити, що макроаналіз не є завершальним методом дослідження. Він лише дає змогу зробити попередній висновок про структуру металу і не виявляє багатьох особливостей його будови.

Мікроаналізом установлюють природу фазових складових, розмір, форму й орієнтацію окремих зерен, зміну внутрішньої будови металів та їх сплавів залежно від умов здобуття, обробки та ін.

Мікроструктура — будова металу чи сплаву, що спостерігається за допомогою оптичного (при збільшенні до 2000 разів) й електронного (при збільшенні до 500 000 разів) мікроскопів. Мікроструктуру вивчають на спеціально виготовлених зразках-мікрошліфах. Для виявлення мікроструктури поверхню шліфа після ретельного полірування протравлюють спеціальними реактивами, склад яких залежить від складу металу. Різні фази протравлюються по-різному і набувають різного забарвлення.

За необхідності вивчення елементів структури за межами роздільної здатності оптичних мікроскопів ($4 \cdot 10^{-1}$ мкм) застосовують електронний мікроскоп, в якому зображення формується за допомогою потоку електронів. Розрізняють *непрямі* та *безпосередні* (прямі) методи дослідження структури. Перші ґрунтуються на спеціальній техніці виготовлення тонких зліпків-плівок (реплік), які відображують рельєф протравленого шліфа. При цьому можна вивчати елементи структури, мінімальний розмір яких становить 2...3 нм. Прямими методами досліджують тонкі металеві фольги. Роздільна здатність таких мікроскопів сягає 0,3...0,5 нм, що дає можливість вивчати недосконалості кристалічної будови: дислокації, дефекти упаковки атомів, скупчення вакансій тощо.

Тонка структура — будова металу на атомно-кристалічному рівні — вивчається за допомогою ***рентгено- та нейтронографії***. Роздільна здатність цих методів сягає 0,1 нм. Вони дають інформацію про форму і розміри елементарних кристалічних ґрат, ступінь досконалості кристалічної структури, значення мікронапружень, вплив легуючих елементів на параметри кристалічних ґрат та ін.

Суттєву додаткову інформацію про природу перетворень у металевих сплавах дістають при їх дослідженні за допомогою різних фізичних методів: термічного аналізу, дилатометричного методу тощо.

Метод термічного аналізу ґрунтується на явищі теплових ефектів, що виникають під час фазових перетворень у металах та їх сплавах, і зводиться до визначення критичних точок.

Дилатометричний метод ґрунтується на зміні об'єму металу чи сплаву при фазових перетвореннях. Він дає змогу визначити критичні точки металів та їх сплавів, вивчити процеси розпаду твердих розчинів, установити температурні інтервали існування зміцнювальних фаз тощо. Перевага дилатометрів — висока чутливість і незалежність показів від швидкості зміни температури.

Високу чутливість *електричних методів вимірювання* (наприклад, опору) використовують для вивчення не тільки фазових перетворень, а й дефектів тонкої структури та інших явищ, які неможливо виявити іншими методами дослідження.

Різноманітні *методи магнітного аналізу* застосовують при дослідженні процесів, пов'язаних з переходом металу чи сплаву з парамагнітного стану у феромагнітний (або навпаки); при цьому можливим є кількісне оцінювання цих процесів. Магнітний аналіз часто використовують також для дослідження впливу на структуру металу чи сплаву режимів термообробки.

Методом внутрішнього тертя вивчають необоротні втрати енергії механічних коливань усередині твердого тіла. Використовуючи цей метод, можна розрахувати коефіцієнти дифузії з високою точністю, в тому числі при низьких температурах, коли ніякий інший метод непридатний. Методом внутрішнього тертя визначають зміну концентрації твердих розчинів, розподіл домішок, дістають інформацію про фазові перетворення і зміни дислокаційної структури.

Розділ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ

2.1. Основні відомості з теорії сплавів

Металічними *сплавами* називають сполуки, які складаються не менше, як з двох елементів одним з яких обов'язково повинен бути метал. При сплавленні неметалів з металами вміст останніх має переважати. Елементи, що утворюють сплав, називаються *компонентами*. За кількістю компонентів сплави поділяють на подвійні, потрійні і т.д.

Залежно від основного компонента розрізняють сплави з залізною, мідною, алюмінієвою, нікелевою та іншими основами. Будова сплавів складніша, ніж чистих металів.

У техніці сплави застосовують частіше за чисті метали, оскільки сплави мають здебільшого більш цінні механічні, технологічні й інші властивості, не притаманні чистим металам. До того ж сплави набагато дешевші, ніж чисті метали.

Більшість металів у рідкому стані взаємно розчиняються в будь-яких співвідношеннях, що й використовують для отримання сплавів. При кристалізації такої рідини у процесі охолодження утворюється твердий сплав. Однак у деяких випадках це правило не виправдовується. Наприклад, рідкий свинець не розчиняється в рідкому залізі. Не розчиняються взаємно в рідкому стані метали з великою різницею в розмірах атомів і температурах плавлення. Для утворення сплавів з таких компонентів застосовують складніші способи: компонування з порошків, електроліз тощо.

При кристалізації рідкого сплаву можуть утворюватися металеві сполуки різної будови.

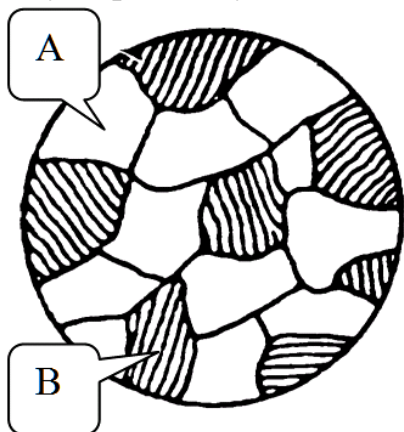


Рис.2.1. Мікроструктура механічної суміші

Механічна суміш чистих компонентів *A* і *B* (рис. 2.1) утворюється тоді, коли їх атоми не створюють спільні кристалічні решітки. В твердому стані вони взаємно не розчиняються або хімічно не взаємодіють. Механічні властивості суміші залежать від кількісного співвідношення компонентів, а також від розміру і форми зерен.

Твердий розчин — це сплав, в якому атоми розчиненого елемента розташовуються в кристалічних решітках розчинника. За типом розташування атомів розчиненого елемента в кристалічних

решітках тверді розчини поділяються в основному на дві групи: *заміщення* та *проникнення*.

Тверді розчини заміщення (рис. 2.2, а) утворюються тоді, коли атоми розчиненого елемента А довільно заміщають у кристалічних решітках місця атомів розчинника В. Таку будову мають тверді розчини металів з металами, розміри атомів яких різняться дуже мало (до 15 %).

Тверді розчини проникнення утворюють метали з неметалами. Атоми неметалів С за розміром менші від атомів металів, тому вони можуть розташовуватись у міжвузловому просторі кристалічних решіток металу-розчинника А (рис. 2.2,б). Тверді розчини проникнення в металах створюють вуглець, бор, азот, водень та інші неметали.

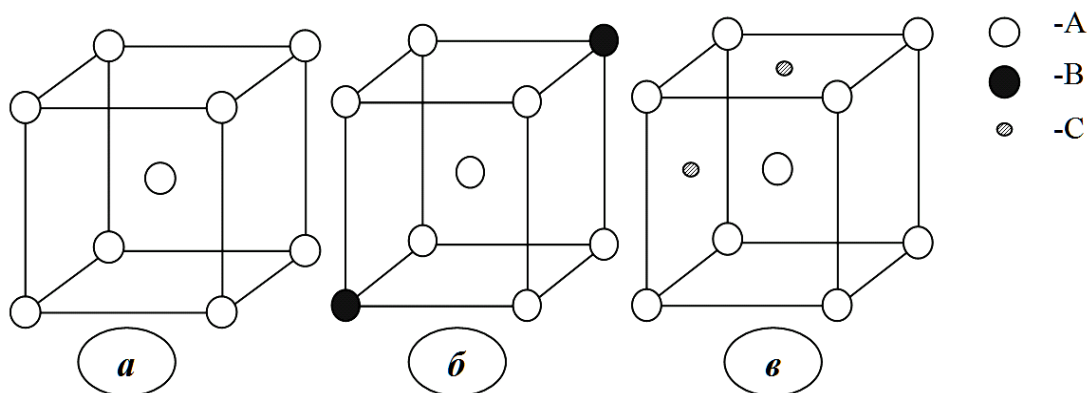


Рис. 2.2. Об'ємноцентрована кубічна кристалічна решітка (ОЦК):
а- чистий метал; б- твердий розчин заміщення; в- твердий розчин проникнення

Деякі метали можуть розчинитись один в одному в твердому стані за будь-якого співвідношення (наприклад, мідь і нікель, залізо і хром), утворюючи тверді розчини з необмеженою розчинністю. Інші метали, а також метали з неметалами утворюють тверді розчини з обмеженою розчинністю (наприклад, мідь і цинк, залізо і вуглець). У сплавах, що містять більше двох елементів, розчинність в одному і тому самому розчиннику можлива як заміщенням, так і проникненням. У твердих розчинах атоми компонентів іонізовані позитивно.

Атоми компонентів твердого розчину різняться розмірами та властивостями. Внаслідок цього в його кристалічних ґратах виникають дефекти будови (дислокації, вакансії та ін.), що призводять до зміни властивостей сплаву. Змінюючи співвідношення компонентів, можна утворювати сплави з наперед заданими властивостями.

За своїми властивостями тверді розчини близькі до розчинника, оскільки зберігають його кристалічні ґрати і тип зв'язку. Тверді розчини на основі металів мають добру технологічну пластичність: добре деформуються в гарячому стані, а багато з них — і в холодному. Тверді

розчини є основою більшості промислових конструкційних сплавів та сплавів спеціального призначення.

Хімічні сполуки найчастіше утворюються між елементами, розташованими далеко один від одного в періодичній таблиці Д.І.Менделєєва, які суттєво різняться своїми будовою і властивостями. Вони мають ряд особливостей, що відрізняє їх від твердих розчинів: утворюються при строго визначеному співвідношенні атомів елементів; кристалічні решітки хімічної сполуки відрізняються від решіток елементів, які її створюють; властивості сполуки помітно відрізняються від властивостей вихідних елементів; хімічні сполуки мають іншу температуру плавлення; як правило, вони дуже тверді та крихкі.

Ураховуючи можливість утворення в процесі кристалізації сплаву зерен з різними кристалічними решітками, будова твердого сплаву може бути досить складною. В металознавстві такі складні об'єкти називаються *системами*. В них можна виділяти окремі однорідні складові, відокремлені від інших складових межею поділу. При переході через неї хімічний склад або структура системи змінюються стрибкоподібно. Такі складові системи називаються *фазами*. Наприклад, під час кристалізації чистого металу в системі існують дві фази: рідка (розплавлений метал) і тверда (зерна твердого металу). В твердих сплавах фазами можуть бути зерна чистого металу, зерна твердого розчину та зерна хімічної сполуки. За кількістю фаз сплави бувають *одно-* і *багатофазними*.

2.2. Компоненти і фази в залізовуглецевих сплавах

Сплави заліза з вуглецем (сталі та чавуни) — найпоширеніші металеві матеріали сучасного машинобудування. Тому їх вивченню приділяється велика увага. Компонентами в залізовуглецевих сплавах є залізо і вуглець.

Залізо — метал сріблясто-білого кольору із сильно вираженими феромагнітними властивостями. Температура його плавлення становить 1539°C , густина— $7,86 \text{ г/см}^3$. Залізо має невисоку міцність ($\sigma_B=200\ldots250 \text{ МПа}$) і твердість ($60\ldots80 \text{ НВ}$) та досить високу пластичність (відносне видовження $\delta \approx 40\ldots50 \%$).

Чисте залізо не знаходить широкого промислового застосування. В техніці переважно використовують сплави заліза з вуглецем, що мають цінний комплекс механічних, фізико-хімічних і технологічних властивостей.

При нормальній температурі залізо має *ОЦК* решітку. Ця модифікація заліза називається α -залізом (Fe_α). При температурі 768°C α -залізо втрачає магнітні властивості. Втрата ця не пов'язана з перебудовою атомів у кристалічній решітці, тобто *ОЦК* решітка при

цьому зберігається. Щоб відрізнити магнітне α -залізо від немагнітного, немагнітне іноді називають β -залізом (Fe_β). При температурі 911°C $\alpha(\beta)$ -залізо перетворюється в γ -залізо (Fe_γ) з ГЦК решіткою. При температурі 1392°C ГЦК решітка знову перетворюється в ОЦК. Цю модифікацію на відміну від низькотемпературної ОЦК решітки називають δ -залізом (Fe_δ). При температурі 1539°C залізо плавиться.

Критичні точки (температури), які відповідають певним перетворенням у залізі, мають спеціальні позначення. Так, температуру магнітного перетворення $Fe_\alpha \rightarrow Fe_\beta$ позначають через A_2 , температуру перетворення $Fe_\beta \rightarrow Fe_\gamma$ - через A_3 , а температуру перетворення $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\delta$ - через A_4 . Крім того, коли йдеться про перетворення при нагріванні, то до позначення критичної точки додають індекс c - A_{c2} , A_{c3} а при перетвореннях, що відбуваються при охолодженні, - індекс r (A_{r2} , A_{r3}). Додавання до заліза інших компонентів зміщує положення критичних точок.

Вуглець - це неметалевий елемент з температурою плавлення 3500°C . Із залізом він утворює тверді розчини або хімічні сполуки, а в певних умовах може виділятися у вигляді графіту.

Гранична розчинність вуглецю в α -залізі при нормальній температурі не перевищує $0,006\%$. Такий розчин є практично чистим залізом. Називають його *феритом* (Φ).

У залізовуглецевих сплавах можуть існувати одно- і двофазні структурні складові.

Однофазні структурні складові:

- *ферит* — твердий розчин проникнення вуглецю у Fe_α (α -ферит) чи у Fe_δ (δ -ферит). Кристалічна решітка — об'ємноцентрована кубічна. Максимальна розчинність вуглецю в δ -фериті становить близько $0,1\%$ при температурі 1499°C , а в α -фериті — $0,02\%$ при температурі 727°C і близько $0,008\%$ при 20°C . α -ферит магнітний до 768°C . Механічні властивості його майже такі, як технічно чистого заліза. Міцність фериту $\sigma_B = 250 \dots 300 \text{ МПа}$, твердість $90 \dots 100 \text{ НВ}$ і відносне видовження $\delta = 30 \dots 40\%$;
- *аустеніт* — твердий розчин проникнення вуглецю у Fe_γ . Максимальна розчинність вуглецю в ньому становить $2,14\%$ при температурі 1147°C . Кристалічна решітка — гранецентрований куб. Аустеніт немагнітний, пластичний, але майже вдвоє твердіший за ферит ($180 \dots 200 \text{ НВ}$);
- *цементит* — хімічна сполука заліза з вуглецем (Fe_3C), що містить $6,67\% \text{ C}$. У нього складна ромбічна кристалічна решітка.

До температури 210°C цементит має слабкі магнітні властивості. Цементит дуже твердий (800 HB) і крихкий;

- *графіт* — вуглець, що виділяється у сплавах у вільному стані. Кристалічна решітка — гексагональна. Графіт електропровідний, хімічно стійкий, має малу міцність, м'який (3 HB);
- *рідина* — однорідний розчин вуглецю в розплавленому залізі.

Двофазні структурні складові:

- *перліт (евтектоїд)* — суміш дрібних кристалів фериту та цементиту. Він утворюється внаслідок розпаду при повільному охолодженні аустеніту за температури 727°C і містить $0,8\%$ *С*. Залежно від форми часточок фериту та цементиту перліт може бути пластинчастим або зернистим. Твердість перліту середньої дисперсності становить 250 HB , зернистого $160\ldots 220\text{ HB}$;
- *ледебурит (евтектика)* — суміш кристалів аустеніту та цементиту, що утворюється при температурі 1147°C . Нижче 727°C він складається з цементиту і перліту. Ледебурит дуже твердий (понад 700 HB) та досить крихкий.

Надалі будуть використані такі скорочені позначення фаз і структурних складових: ферит — Φ , аустеніт — A , цементит — C , рідкий сплав — P , перліт — Π , ледебурит — L .

Залежно від вмісту вуглецю залізовуглецеві сплави поділяють на сталі й чавуни.

Сталями називаються залізовуглецеві сплави, вміст вуглецю в яких не перевищує $2,14\%$. Сталі, що містять до $0,8\%$ вуглецю, називаються *доевтектоїдними*, $0,8\%$ вуглецю — *евтектоїдними*, понад $0,8\%$ вуглецю — *заевтектоїдними*.

Чавунами називаються залізовуглецеві сплави, які містять понад $2,14\%$ вуглецю. Чавуни, що містять менше $4,3\%$ вуглецю, називаються *доевтектичними*, $4,3\%$ вуглецю — *евтектичними* і понад $4,3\%$ вуглецю — *заевтектичними*.

2.3. Діаграма стану "залізо - вуглець"

Діаграма стану залізо-вуглець є фундаментом науки про сталь і чавун (*сплав заліза з вуглецем*). Вуглець із залізом утворюють хімічну сполуку (цементит) або може перебувати у вільному стані у вигляді графіту.

Відповідно є дві діаграми сплавів залізо→вуглець: цементитна і графітна. На рис. 2.3 приведено спрощений вигляд цементитної діаграми

стану системи $\text{Fe} \rightarrow \text{C}$. Її, як правило, зображують тільки до вмісту 6,67 % C , що відповідає його вмісту в цементиті, оскільки в техніці застосовують сплави, які містять не більш як 5,5 % C .

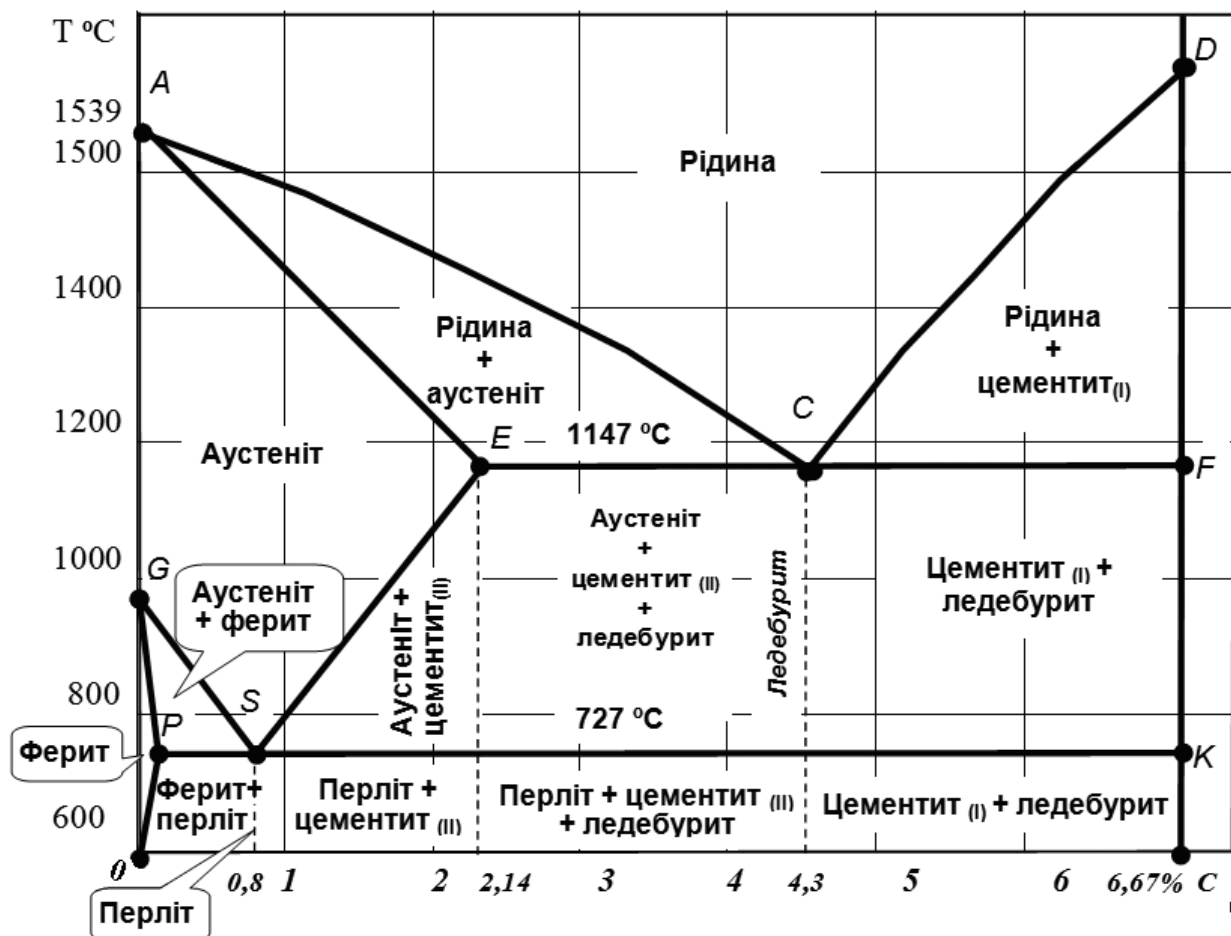


Рис. 2.3. Діаграма стану залізовуглецевих сплавів

Вісь концентрацій діаграми проградуєвана за вмістом вуглецю та цементиту. Найбільша кількість вуглецю, за цією діаграмою, 6,67 % відповідає вмісту вуглецю у хімічній сполуці - цементиті. Отже, компонентами, з яких складаються сплави цієї системи, будуть, з одного боку, чисте залізо (Fe), з іншого - цементит (Fe_3C).

Розглянемо характерні лінії і точки на діаграмі стану.

Характерні лінії: ACD - ліквідус; $AECF$ - солідус. Вище лінії ACD сплави системи перебувають у рідкому стані. По лінії AC з рідкого розчину починають випадати кристали твердого розчину вуглецю в γ - залізі, який називається аустенітом, отже, в області ACE буде суміш двох фаз - рідкого розчину і аустеніту; по лінії CD з рідкого розчину починають випадати кристали цементиту; в області CEF міститься суміш двох фаз - рідкого розчину і цементиту.

Перетворення у твердому стані (вторинна кристалізація) проходить по лініях GSE , PSK і GPQ .

Перетворення у твердому стані відбуваються внаслідок переходу заліза з однієї модифікації в іншу, а також у зв'язку із зміною розчинності вуглецю в залізі.

В області діаграми *AGSE* міститься аустеніт. При охолодженні сплавів аустеніт розпадеться з виділенням по лінії *GS* фериту (*твердий розчин вуглецю в α - залізі*), а по лінії *SE* - цементиту (*хімічна сполука Fe_3C*). Цементит, що випадає з твердого розчину, називається вторинним, на відміну від первинного, який випадає з рідкого розчину. В області діаграми *GSP* міститься суміш двох фаз - фериту і аустеніту, а в області *SEE₁* - суміш вторинного цементиту і аустеніту. По лінії *PSK* відбувається розпад аустеніту з утворенням перліту; тому ця лінія називається лонжею остаточного перетворення аустеніту в перліт або перлітною.

Характерні точки. У точці *C* при вмісті 4,3 % вуглецю і температурі 1147⁰C відбувається одночасно кристалізація аустеніту і цементиту і утворюється їх тонка механічна суміш евтектика, яка називається ледебуритом. Точку *C* називають евтектичною точкою. Ледебурит є у всіх сплавах, які містять від 2,14 до 6,67 % вуглецю. Такі сплави є чавунами. Точка *E* відповідає граничному насиченню заліза вуглецем (2,14 %). Сплави, які лежать ліворуч від цієї точки, належать до сталей.

У точці *S* при вмісті 0,8 % вуглецю і температурі 727⁰C аустеніт розпадеться і кристалізується тонка механічна суміш фериту та цементиту вторинного - евтектоїд, який називається перлітом. Провівши аналіз перетворень на діаграмі стану $Fe \rightarrow Fe_3C$, можна зробити висновок про структуру сталей та чавунів у нормальних умовах. Сталі із вмістом вуглецю від 0,0 до 0,8 % мають структуру ферит + перліт; із вмістом 0,8 % вуглецю - чистий перліт; із вмістом від 0,8 до 2,14 % вуглецю - перліт + цементит вторинний. Чавуни із вмістом від 2,14 до 4,3 % вуглецю мають структуру перліт + цементит вторинний + ледебурит; із вмістом 4,3 % вуглецю - чистий ледебурит; із вмістом вуглецю від 4,3 до 6,67 % - цементит первинний і ледебурит.

Слід відмітити, що у залежності від умов виплавлення та термічної обробки, сталі і чавуни можуть змінювати свою структуру. У сірих, ковких та високоміцних чавунах є така фаза, як графіт у різних модифікаціях.

2.4. Вплив вуглецю і домішок на структуру та властивості сталі

Сталь як один з основних конструкційних матеріалів сучасності не є двокомпонентним залізовуглецевим сплавом. Окрім двох основних елементів - заліза і вуглецю - сталі містять багато різних домішок, які можна поділити на постійні, випадкові та спеціальні. Усі ці елементи впливають на властивості сталі.

Вуглець - це найважливіший елемент, який обумовлює структуру та властивості сталі, її поведінку при виробництві й експлуатації. Структура сталі після охолодження складається з фериту й цементиту. Чим більше

буде в сталі вуглецю, тим більше буде цементиту, дуже твердої фази. Завдяки цьому твердість і міцність сталі підвищуються (рис. 2.4). Водночас відносне видовження і звуження, а також ударна в'язкість зменшуються. Однак у той же час, якщо простежити характер зміни межі міцності, можна побачити, що при концентрації більшій ніж 0,9 % C межа міцності починає знижуватися. Це пояснюється особливостями структури заевтектоїдних сталей, де по границях зерен утворюється вторинний цементит у вигляді сітки, яка з підвищенням концентрації вуглецю стає безперервною. При випробовуванні на розтяг цементит як крихка фаза полегшує руйнування.

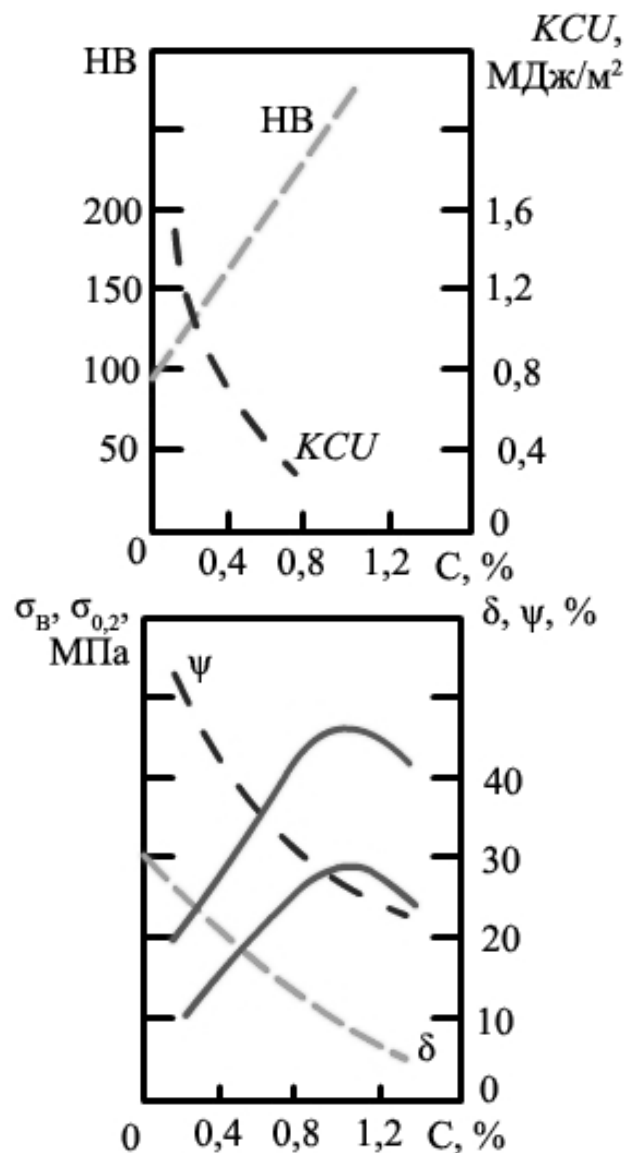


Рис. 2.4. Вплив вуглецю на механічні властивості сталей

Постійні домішки. До домішок, які завжди присутні в сталі, належать марганець, кремній, сірка і фосфор, кисень, водень і азот. Концентрація цих елементів як домішок пов'язана з існуючою технологією

виробництва сталі і не повинна перевищувати межі відповідно: 0,8 % *Mn*, 0,37 % *Si*, 0,06 % *S* і 0,07 % *P*.

Марганець є корисною домішкою в сталі, яку вводять у процесі розкиснення. Він має більшу спорідненість з киснем, ніж залізо, і сприяє усуненню шкідливих домішок закису заліза за реакцією:



Марганець при виплавці утворює сульфід *MnS*. Значна кількість сульфідів марганцю спливає разом зі шлаком. Марганець підвищує міцність у гарячекатаних виробках, пружність і прогартовуваність.

Кремній також позитивно впливає на властивості сталі в переважній більшості випадків, оскільки значно підвищує її пружність і міцність. Як правило, його кількість у сталях становить 0,35-0,37 %. Однак у сталях, призначених для глибокого штампування, концентрацію кремнію встановлюють на рівні 0,17 %, а у сталі марок Ст2кп, Ст3кп, Ст4кп, призначених для виготовлення сортового і фасонного прокату, не перевищує 0,05-0,07%. Розкиснення відбувається за реакцією:



Сірка є шкідливою домішкою в сталі, куди вона потрапляє з руди або палива. Із залізом сірка утворює хімічну сполуку - сульфід заліза *FeS*, який практично не розчиняється в залізі у твердому стані. Діаграма фазової рівноваги *Fe - FeS* (рис. 2.5) свідчить про утворення евтектики *Fe + FeS* з температурою плавлення 988 °С, тобто дуже низькою для залізобуглецевих сплавів. Ця евтектика присутня в структурі сталі навіть при надзвичайно малому вмісті сірки, і розміщується по границях зерен. Під час гарячого пластичного деформування з температурою процесу 1000-1200 °С евтектика розплавляється, через що в місцях її розташування виникають надриви або тріщини. Це явище називається явищем *червоноламкості*.

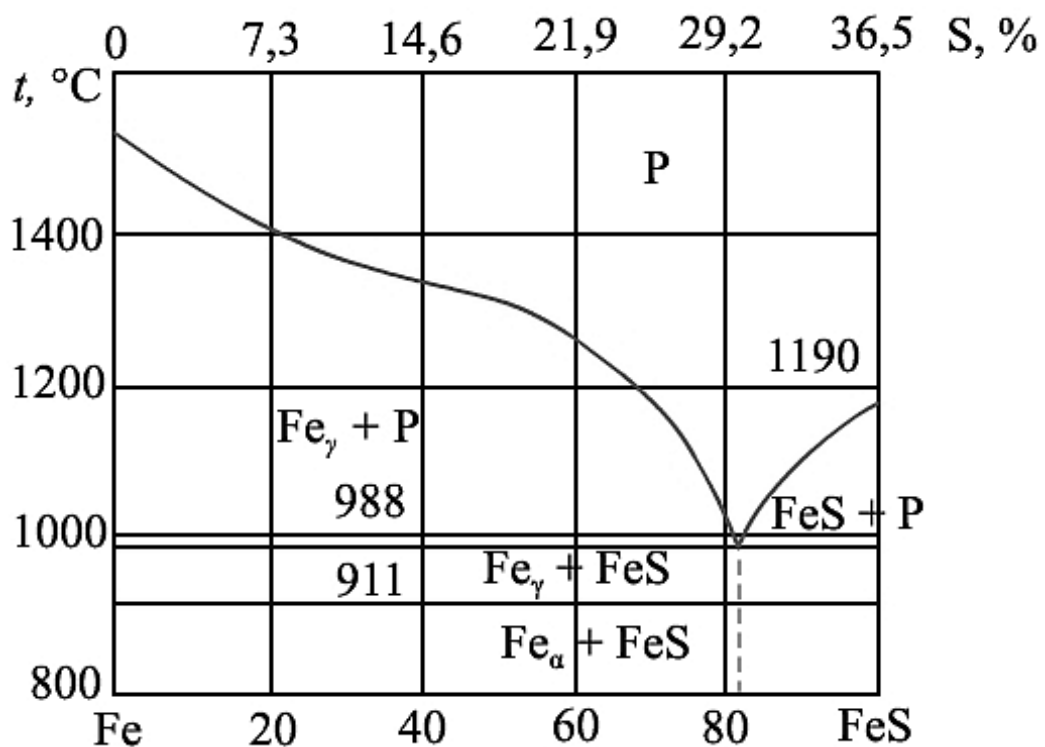


Рис. 2.5. Діаграма стану Fe - FeS

Окрім того, сірчані сполуки значно знижують механічні властивості сталі, особливо ударну в'язкість, пластичність, а також погіршують зварюваність і корозійну стійкість. Тому кількість сірки в сталі обмежують. Найбільшу кількість до 0,05 % S мають сталі звичайної якості, в якісних сталях вона становить до 0,04 %, у високоякісних - до 0,025 %, а в особливо високоякісних - до 0,015 %. Проте в деяких випадках сірка може бути й корисним елементом, оскільки вона полегшує обробку сталі різанням. Такі сталі називають автоматними, їх оброблюють на верстатах-автоматах, а кількість S підвищують до 0,15 - 0,25 %. Разом із сіркою збільшують і кількість марганцю, через що сполуки сірки, головним чином MnS , розташовуються не по границях зерен, а всередині, і тому менш негативно впливають на пластичність сталі.

Фосфор є шкідливою домішкою. Він розчиняється у фериті й аустеніті та значно викривлює кристалічну ґратку заліза. В'язкість падає, сталь стає холодноламкою. Негативний вплив фосфору посилюється внаслідок схильності до ліквіації. Найбільша його кількість допускається в сталях звичайної якості - 0,04 % P, в якісних сталях - 0,035 % P, а у високоякісних - 0,025 % P.

Газові домішки азоту, кисню й водню іноді називають прихованими через невелику їх наявність у сталі: 0,002-0,008 % O, 0,002-0,007 % N, 0,0001-0,0007 % H. Кількість газових домішок залежить від способу виробництва сталі. Вони можуть перебувати в сталі у вигляді:

- крихких неметалевих включень (оксиди FeO , Al_2O_3 , нітриди Fe_4N);
- твердого розчину;

- у вільному вигляді в дефектних ділянках металу (тріщинах, раковинах та ін.).

Ці домішки розміщуються, головним чином, по границях зерен, що знижує опір крихкому руйнуванню. Крім того, неметалеві включення - це концентратори напружень. Наявність водню призводить до виникнення флокенів - невеликих тріщин овальної форми, які значно погіршують усі властивості сталі.

Сучасним ефективним засобом зменшення кількості цих домішок у сталі є вакуумування.

Випадковою домішкою в сталі може бути будь-який елемент, що потрапляє в шихту разом із металевим брухтом або чавуном під час виплавки сталі. Такі домішки зазвичай присутні у невеликих кількостях, тому не мають значного впливу на властивості сталі.

Спеціальні домішки - це елементи, які додають у сталь з метою зміни її властивостей у заданому напрямку, тому їх ще називають легуючими елементами, а сталі, що їх містять - легованими сталями. Найчастіше як легуючі елементи використовують *Ni, Cr, Ti, Mn, Mo, W, Al* та інші.

Якісні сталі менше забруднені неметалевими включеннями і газами. Тому при однаковому вмісті вуглецю якісні сталі мають вищу пластичність і в'язкість, особливо при низьких температурах. Виплавляння сталей звичайної якості здійснюється у великих мартенівських печах і кисневих конверторах.

2.5. Класифікація, маркування і застосування вуглецевих сталей

Сталь - це сплав заліза з вуглецем і домішками (кремній, марганець, сірка, фосфор та газ), в якому вуглецю не більше, ніж 2,14 %.

Сталі можна класифікувати за різними принципами, єдиної класифікації у світі немає.

Спробуємо провести класифікацію сталей таким чином:

- за вмістом вуглецю (низьковуглецеві - вміст вуглецю від 0,02 до 0,25 %, середньовуглецеві - від 0,25 до 0,60 %, високовуглецеві - від 0,60 до 2,14 %);
- за структурою (доевтектоїдні із вмістом вуглецю від 0,02 до 0,8%, структура ферит + перліт; евтектоїдні із вмістом вуглецю 0,8%, структура перліт; заевтектоїдні із вмістом вуглецю від 0,8 до 2,14 % структура перліт + цементит вторинний);
- за способом виробництва (конверторні, мартенівські сталі, виплавлені в електропечах і сталі після електрошлакового переплавлення);
- за призначенням (конструкційні, інструментальні та спеціального призначення).

Конструкційні сталі бувають звичайної якості і якісні.

Конструкційні сталі звичайної якості, згідно ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005 виготовляють таких марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп,

Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст6Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Літери «Ст» визначають «Сталь», цифри – умовний номер марки в залежності від хімічного складу, літера «Г» – марганець за умови його масової частки в сталі 0,80 % і більше, літери «кп», «пс» і «сп» — ступінь розкиснення сталі: «кп» – кипляча, «пс» – напівспокійна, «сп» – спокійна, наприклад, *Ст3пс*, *БСт3сп*.

Чим більша цифра умовного номера сталі, тим вищий вміст вуглецю. У сталях усіх марок крім Ст0, повинно бути не більше 0,05 % S та 0,04 % P. У сталі марки Ст0 міститься не більше 0,06 % S та 0,07 % P.

Порівняння марок сталі за цим стандартом з міжнародними стандартами ISO 630 і ISO 1052 наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння марок сталі з міжнародними стандартами

Марки сталі				
ДСТУ 2651	ISO 630	ДСТУ 2651	ISO 630	ISO 1052
Ст0	Е 185 (Fe 310)	Ст3Г пс	Е 235-В (Fe 360-В)	—
Ст1кп	—	Ст3Г сп	Е 235-С (Fe 360-С) Е 235-Д (Fe 360-Д)	—
Ст1пс	—	Ст4кп	Е 275-А (Fe 430-А)	—
Ст1сп	—	Ст4пс	Е 275-В (Fe 430-В)	—
Ст2кп	—	Ст4сп	Е 275-С (Fe 430-С) Е 275- Д (Fe 430-Д)	—
Ст2пс	—	Ст5пс	—	Fe 490
Ст2сп	—	Ст5сп	Е 355-С (Fe 510-С)	Fe 490
Ст3кп	Е 235-А (Fe 360-А)	Ст5Гпс	—	Fe 490
Ст3пс	Е 235-В (Fe 360-В)	Ст6пс	—	Fe 590
Ст3сп	Е 235-С (Fe 360-С)	Ст6сп	—	Fe 590 Fe 690

Вимоги до хімічного складу сталі марок Е 185 (Fe 310), Е 235 (Fe 360), Е 275 (Fe 430), Е 355 (Fe 510), Fe 490, Fe 590 і Fe 690 за міжнародними стандартами ISO 630 і ISO 1052 наведені в таблиці 2.2. Ступінь розкиснення, якщо його не вказано у замовленні, встановлює виробник.

Вимоги до хімічного складу сталі звичайної якості приведені в таблиці:

Таблиця 2.2 – Вимоги до хімічного складу марок сталі ISO 630 і ISO 1052

Марка сталі	Категорія якості	Товщина прокату, мм	Масова частка хімічних елементів, %, не більше ніж					Ступінь розкиснення
			вуглецю	фосфору	сірки	марганцю	кремнію	
E 185 								

Примітка 1. Знак «—» означає, що показник не нормується.

Примітка 2. NE – не кипляча сталь.

Примітка 3. GF – дрібнозерниста спокійна сталь. Рекомендована масова частка загального алюмінію – не менша ніж 0,020 %.

Граничні відхилення хімічного складу в готовому прокаті повинні відповідати, наведеним у таблиці 2.3.

Сталь марок Fe 490, Fe 590 та Fe 690 виготовляють напівспокійною та спокійною.

Таблиця 2.3 - Граничні відхилення хімічного складу в готовому прокаті

Елемент	Граничні відхилення хімічного складу, %
Вуглець	+ 0,03
Марганець	+ 0,10
Кремній	+ 0,05
Фосфор	+ 0,010
Сірка	+ 0,010

Хімічний склад сталі (основні елементи) за аналізом ковшової проби повинен відповідати нормам, наведеним у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Хімічний склад сталі (основні елементи) за аналізом ковшової проби

Марка сталі	Масова частка хімічних елементів		
	вуглецю	марганцю	кремнію
Ст0	не більше ніж 0,23	—	—
Ст1кп	0,06–0,12	0,25–0,50	не більше ніж 0,05
Ст1пс	0,06–0,12	0,25–0,50	0,05–0,15
Ст1сп	0,06–0,12	0,25–0,50	0,15–0,30
Ст2кп	0,09–0,15	0,25–0,50	не більше ніж 0,05
Ст2пс	0,09–0,15	0,25–0,50	0,05–0,15
Ст2сп	0,09–0,15	0,25–0,50	0,15–0,30
Ст3кп	0,14–0,22	0,30–0,60	не більше ніж 0,05
Ст3пс	0,14–0,22	0,40–0,65	0,05–0,15
Ст3сп	0,14–0,22	0,40–0,65	0,15–0,30
Ст3Г пс	0,14–0,22	0,80–1,10	не більше ніж 0,15
Ст3Гсп	0,14–0,20	0,80–1,10	0,15–0,30
Ст4кп	0,18–0,27	0,40–0,70	не більше ніж 0,05
Ст4пс	0,18–0,27	0,40–0,70	0,05–0,15
Ст4сп	0,18–0,27	0,40–0,70	0,15–0,30
Ст5пс	0,28–0,37	0,50–0,80	0,05–0,15
Ст6сп	0,28–0,37	0,50–0,80	0,15–0,30
Ст5Г пс	0,22–0,30	0,80–1,20	не більше ніж 0,15
Ст6пс	0,38–0,49	0,50–0,80	0,05–0,15
Ст6сп	0,38–0,49	0,50–0,80	0,15–0,30

У сталі марок Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс і Ст6сп дозволено зниження нижньої границі масової частки марганцю на 0,10 % для тонколистового прокату та товстолистого товщиною до 10 мм за умови забезпечення необхідного рівня механічних властивостей.

У сталі марок Ст3кп, Ст3пс і Ст3сп, призначеної для виготовлення сортового та фасонного прокату, дозволено зниження нижньої границі масової частки марганцю до 0,25 %, а нижня границя масової частки вуглецю не нормується за умови забезпечення необхідного рівня механічних властивостей.

У разі розкиснення напівспокійної сталі алюмінієм, титаном або іншими розкиснювачами, що не мають кремнію, а також декількома розкиснювачами (феросиліцієм та алюмінієм, феросиліцієм та титаном тощо) масову частку кремнію в сталі дозволено менше ніж 0,05 %. Розкислення титаном, алюмінієм та іншими розкиснювачами, що не мають кремнію, вказується у документі про якість.

Масова частка хрому, нікелю та міді в сталі всіх марок, крім Ст0, повинна бути не більша ніж 0,30 % кожного. У сталі марки Ст0 масова частка хрому, нікелю та міді не нормується.

У сталі, виготовленій скрап-процесом, дозволено масову частку міді до 0,40 %, хрому та нікелю – до 0,35 % кожного. У цьому випадку в сталі марок Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс та Ст3Гсп масова частка вуглецю повинна бути не більша ніж 0,20 %

Масова частка сірки в сталі всіх марок, крім Ст0, повинна бути не більша ніж 0,050 %, фосфору – не більша ніж 0,040 %. У сталі марки Ст0 масова частка сірки повинна бути не більша ніж 0,060 %, фосфору — не більша ніж 0,070 %.

Масова частка азоту в сталі повинна бути не більша ніж: виплавлений в електропечах – 0,012%; мартенівській і конверторній – 0,010%. Дозволено підвищення масової частки азоту в сталі до 0,013% за умови зниження норми масової частки фосфору відповідно до вимог попереднього абзацу не менше ніж на 0,005% за кожного підвищення масової частки азоту на 0,001 %.

Маркування продукції зі сталі вуглецевої звичайної якості виконують згідно нормативної документації на конкретний вид металопродукції з урахуванням вимог ДСТУ 3058 (ГОСТ 7566). За вимогою споживача або за наявності у нормативній документації на прокат вимог до кольорового маркування його додатково наносять незмивною фарбою кольорів, наведених у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Кольорове маркування прокату

Марка сталі	Кольори маркування	Марка сталі	Кольори маркування
Ст0	Червоний та зелений	Ст3Гсп	Синій та коричневий
Ст1	Жовтий та чорний	Ст4	Чорний
Ст2	Жовтий	Ст6	Зелений
Ст3	Червоний	Ст5Г пс	Зелений та коричневий
Ст3Гпс	Червоний та коричневий	Ст6	Синій

Вуглецеву якісну сталь (ДСТУ 7809:2015; ГОСТ 1050-88) виплавляють у кисневих конверторах, мартенівських та електричних печах. Якісна конструкційна сталь постачається як за механічними властивостях, так і за хімічним складом.

Якісна сталь перевищує сталь звичайної якості за однорідністю, є чистішою за вмістом сірки і фосфору, неметалевих включень і має вужчі межі вмісту вуглецю. Із цієї сталі виготовляють відповідальні деталі машин і механізмів, поковки, штамповані та калібровані трубки і т.п.

Якісні сталі поділяють за хімічним складом і за механічними властивостями (табл. 2.2). До них висувають жорстокіші вимоги щодо вмісту шкідливих домішок: *S* не більше 0,04 % та *P* - 0,035 %.

Вони маркуються: *сталь 08кп, сталь 08пс, сталь 10сп, 10, 25, 45, 85* і т.п. Двозначні цифри у маркуванні якісної сталі визначають середній вміст вуглецю у сотих частках відсотка.

**Таблиця 2.6 - Склад і властивості якісних вуглецевих сталей
за ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88)**

Марка сталі	C, %	Mn, %	si, %	Cr, % ≤	Механічні властивості, не менше				
					$\sigma^{0,2}$ МПа	σ^B МПа	δ , %	ψ , %	KCU*. дж/см ²
08	0,05-0,12	0,35-0,65	0,17- - 0,37	0,10	196	320	33	60	—
10	0,07-0,14	0,35-0,65		0,15	205	330	31	55	—
15	0,12-0,19	0,35-0,65		0,25	225	370	27	55	—
20	0,17-0,24	0,35-0,65		0,25	245	410	25	55	—
25	0,22-0,30	0,50-0,80		0,25	275	450	23	50	88
30	0,27-0,35	0,50-0,80		0,5	295	490	21	50	78
35	0,32-0,40	0,50-0,80		0,25	315	530	20	45	69
40	0,37-0,45	0,50-0,80		0,25	335	570	19	45	59
45	0,42-0,50	0,50-0,80		0,25	355	600	16	40	49
50	0,47-0,55	0,50-0,80		0,25	375	630	14	40	38
55	0,52-0,60	0,50-0,80		0,25	380	650	13	35	—
60	0,57-0,65	0,50-0,80		0,25	400	680	12	35	—
* Норми ударної в'язкості встановлюються споживачем на термічно оброблених (гартування + відпуск) зразках.									

Якісні вуглецеві сталі маркують двозначними цифрами 05, 10, 15-60, які вказують на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

При позначенні киплячої або напівспокійної сталі в кінці марки зазначається ступінь розкисненості літерами «кп», «пс». У випадку спокійної сталі ступінь розкисненості не вказується.

За вмістом вуглецю якісні вуглецеві сталі поділяються на низьковуглецеві (до 0,25 % C), середньовуглецеві (0,3-0,5 % C) високовуглецеві конструкційні (до 0,65 % C).

Для виробів відповідального призначення застосовують високоякісні сталі з нижчим вмістом сірки і фосфору. Низький вміст шкідливих домішок у високоякісних сталях не більше 0,02% S та 0,03 % P, ускладнює їх виробництво і робить їх дорогими, тому високоякісними сталями виготовляють не вуглецеві, а леговані сталі. При позначенні високоякісних сталей у кінці марки додається літера «А», наприклад сталь У10А.

Вуглецеві сталі, що містять 0,7-1,3 % С, використовують для виготовлення ударного і різального інструменту, їх маркують *У7, У13*, де літера «У» означає вуглецеву сталь, а цифра - вміст вуглецю в десятих частках відсотка.

Відповідно до призначення сталі поділяють на:

1. *конструкційні* з масовою часткою вуглецю до 0,65 %;
2. *інструментальні* з масовою часткою вуглецю в межах від 0,65-1,35 %.

Конструкційні сталі використовують для виготовлення деталей машин, металевих конструкцій і будівельних споруд. З інструментальних сталей виробляють різальні, вимірювальні інструменти і штампи.

Інструментальні сталі виплавляють у мартенівських та електричних печах і використовують для виготовлення інструментів (різальних, вимірювальних, ударних тощо). Інструментальну сталь поділяють на якісну і високоякісну. Сталь якісну позначають літерою *У* і цифрою, що вказує на вміст вуглецю у десятих частках відсотка. Наприклад, *У7, У8*, аж до *У13*.

Сталь інструментальна високоякісна містить менше домішок (сірки, фосфору), ніж якісна; при її маркуванні додають літеру *А*, наприклад, *У8А*.

Сталі спеціального призначення почали використовувати тоді, коли були впроваджені нові технологічні процеси і специфічні види промисловості.

Наприклад, сталі *А1, А2*, які використовуються для обробки різанням на верстатах-автоматах; *Св08* - для виготовлення зварювального дроту і зварювальних електродів; сталь *08кп* - для листового штампування та ін.

Властивості сталей залежать від їх складу і структури. Із збільшенням у сталях вмісту вуглецю, сталь стає твердішою і міцнішою, пластичність падає. Кремній і марганець у межах 0,5 - 0,7 % істотного впливу на властивість сталі не виявляють.

Як вже згадувалося раніше, сірка і фосфор - це шкідливі домішки. Сірка утворює з залізом хімічну сполуку FeS , (сірчисте залізо), яке з залізом у сталях утворює евтектику з температурою плавлення 985°C . Це є причиною червоноламкості при обробці тиском з підігріванням. Вказана евтектика при певних температурах розплавляється, у результаті чого між зернами втрачається зв'язок і утворюються тріщини. Крім цього, сірка знижує пластичність і міцність сталі, опір стиранню і корозійну стійкість.

Фосфор надає сталі холодноламкості (крихкість при знижених температурах). Це пояснюється тим, що фосфор спричиняє сильну внутрішню кристалічну ліквідацію.

2.6. Класифікація, маркування і застосування легованих сталей

Легована сталь - це сплав заліза з вуглецем та легуючими компонентами (*Cr, Ni, W, Mo, Ti, V, Co* та ін.), в якому вуглецю не більше, як 2,14 %. Вуглецева сталь часто не відповідає вимогам сучасного машинобудівного та інструментального виробництва. У таких випадках використовують леговану сталь. Легуючі компоненти, що вводяться у сталь, змінюють її механічні, фізичні та хімічні властивості. Для легування сталі застосовують хром, нікель, марганець, кремній, вольфрам, молібден, ванадій, кобальт, титан, алюміній, мідь та ін.

Леговані сталі класифікують за такими ознаками:

За хімічним складом, тобто залежно від вмісту вуглецю:

- низьковуглецеві - до 0,25 %;
- середньовуглецеві - 0,25...0,6 %;
- високовуглецеві - 0,6...2 %;

за вмістом основного легуючого елемента:

- хромисті;
- нікелеві;
- хромонікелеві;
- марганцеві тощо.

Сталі з високим вмістом легуючих елементів, що розширюють γ -область на діаграмі стану й утворюють клас аустенітних сталей.

Сталі з високим вмістом елементів, що звужують γ -область, і низьким вмістом вуглецю утворюють клас феритних сталей.

Залежно від структури у рівноважному стані розрізняють:

- доевтектоїдні (від 0,02 до 0,8 % C), які містять у структурі перліт і надлишковий ферит;
- евтектоїдні (0,8 % C) з перлітною структурою;
- заевтектоїдні (понад 0,8 % C), які мають у структурі надлишкові (вторинні) карбіди;
- ледебуритні, що мають надлишкові карбіди, які виділяються з рідкої фази під час кристалізації, у литому стані вони утворюють з аустенітом евтектику - ледебурит.

За структурою після охолодження зразків (діаметром 25 мм) на повітрі розрізняють три класи сталей:

- перлітний - сталі цього класу характеризує відносно низький вміст легуючих елементів;
- мартенситний - сталі містять дещо більшу кількість легуючих елементів;
- аустенітний - характеризується високим вмістом легуючих елементів.

За якістю розрізняють сталі:

- звичайної якості;
- якісні;
- високоякісні;
- особливо високої якості.

За призначенням сталі об'єднуються у групи:

- конструкційні, які використовують для деталей машин і механізмів і зазвичай піддають термічній обробці. Їх поділяють на сталі: для цементації; поліпшувані (гартування + високий відпуск); будівельні (низьколеговані) - призначені для термічної обробки у споживача;
- інструментальні сталі використовують для виготовлення різального, штампувального і вимірюваного інструменту; умовно їх поділяють на вуглецеві, леговані, штамповані, швидкорізальні;
- сталі з особливими властивостями, які мають певні, різко визначені властивості: жароміцні, теплостійкі, зносостійкі, нержавіючі, з особливими магнітними або електричними властивостями тощо.

Залежно від структури в рівноважному стані леговані сталі поділяють на:

- доевтектоїдні з феритно-перлітною структурою;
- евтектоїдні з перлітною структурою;
- заевтектоїдні з перлітно-карбідною структурою;
- ледебуритні, в структурі яких є первинні карбіди, що виділились із рідкого розчину.

За сумарною часткою легуючих елементів розрізняють сталі:

- низьколеговані (містять до 2,5 % легуючих елементів);
- середньолеговані (2,5...10 %);
- високолеговані (понад 10 %).

Державна система маркування якісної лекованої сталі складається зі сполучення літер і цифр, що орієнтовно вказують на її хімічний склад. Умовні позначення елементів в марках металів і сплавів наведені в табл. 2.7.

Для конструкційної лекованої сталі прийнято маркування, за яким цифри після літери вказують приблизно на вміст цього легуючого елемента. При вмісті елемента менше 1 % цифри не пишуть; при вмісті близько 1 % - пишуть цифру 1; близько 2 % - цифру 2 тощо. При маркуванні конструкційних якісних сталей цифри перед першою літерою марки використовують для позначення середнього вмісту вуглецю у сотих частках відсотка, а у високовуглецевих інструментальних сталях - у десятих частках відсотка.

Наприклад, сталь марки 20X містить у своєму складі 0,17...0,23% C, 0,7...1,0 % Cr; сталь 30XГСН2 - 0,3 % C, до 1 % Cr, до 1 % Mn, до 1 % Si, до 2 % Ni.

Літера *A* у кінці марки сталі вказує на обмежений уміст сірки і фосфору (до 0,03 % кожного), а також на те, що дотримано всіх технологічних вимог металургійного процесу виробництва високоякісної сталі, наприклад, сталь *18ХНЗА*. Особливо високоякісна сталь має в кінці марки позначення літерою *Ш*. Наприклад, сталь *95Х18Ш*, особливо високоякісна, виплавлена методом електрошлакового переплаву, містить 0,9-1,0 % C, 17-19 % Cr, 0,03 % P і 0,015 % S.

Деякі групи сталей мають додаткові позначення: так, марки шарикопідшипникових сталей починаються з літери *Ш*, швидкорізальних - літери *P*, магнітотвердих - з літери *E*, автоматних - з літери *A*.

Для сталей інструментальних порядок маркування за легуючими компонентами такий самий, як і для конструкційної, але кількість вуглецю зазначається першою цифрою у десятих частках відсотка. Якщо цифри немає, то сталь містить більше 1 % вуглецю.

Наприклад, сталі для ударно-штампового і вимірювального інструменту *20Х12* (містить 2,0...2,2 % C і 11,5...13,0 % Cr), сталь для різального інструменту *9ХС* містить 0,9 % C, по 1 % хрому і кремнію).

Таблиця 2.6 - Умовні позначення елементів в марках металів і сплавів

Умовне позначення у марці сталі	Назва легуючого елемента	Умовне позначення	Назва легуючого елемента
А	азот	П	свинець
Б	ніобій	Х	хром
В	вольфрам	Р	бор
Г	марганець	С	кремній
Д	мідь	Т	титан
К	кобальт	Ф	ванадій
Л	берилій	Ц	цирконій
М	молібден	Ю	алюміній
Н	нікель	Ч	рідкісноземельні метали

На відміну від попередніх маркується швидкорізальна сталь. Встановлені такі марки швидкорізальної сталі: *P18, P12, P9, P6M3, P18M, P9M, P9Ф5, P14ФА, P18Ф2, P9K5, P9K10, P6M5, P18K5Ф2*. Літера *P* вказує про наявність у сталях карбіду вольфраму, цифра після літери *P* вказує на вміст карбіду вольфраму в відсотках. Наприклад, сталь марки *P6M5* містить до 6 % карбіду вольфраму і до 5 % молібдену.

Сталі спеціального призначення. Багато машин, приладів та іншого устаткування мають деталі, до яких ставляться особливі вимоги: - опір дії хімічних, агресивних середовищ; збереження міцності при високих температурах; стійкість проти окислення при високих температурах; зносостійкість, магнітні, теплові та інші властивості.

Маркуються вони за принципом конструкційних сталей. Наприклад, жаростійка легована сталь *X25H20C2* (містить до 1 % *C*, до 25 % *Cr*, до 20 % *Ni* і до 2 % *Si*).

Конструкційні леговані сталі широко використовують у машинобудуванні, а також для будівельних конструкцій і споруд різного призначення.

Деталі машин, що приймають ударні навантаження, виготовляють із сталей, які містять 0,30...0,50 % вуглецю (сталь *40X*, сталь *40XH*). Ці сталі гартують із подальшим високотемпературним відпуском. У результаті формується структура сорбіту з підвищеною міцністю та пластичністю. Коли необхідна висока поверхнева твердість, її можна досягнути гартуванням струмами високої частоти (СВЧ).

Сталі, помірно леговані недефіцитними хромом, марганцем і кремнієм (сталь *20ХГСА*, сталь *30ХГС*), мають задовільну прогартуваність, підвищену міцність і в'язкість, добре зварюються,

штампуються, легко обробляються різанням, замінюючи дорогі хромонікелеві сталі. Сталь 30ХГС після ізотермічного охолодження при температурі 280...310 °С має $\alpha_s = 1650 \text{ МПа}$ і $\delta = 9 \%$.

Для дуже відповідальних деталей великого перерізу (ротори, турбіни, шатуни) застосовують складнолеговану хромонікельмолібденову сталь типу 18Х2Н4МА. Після гартування й низькотемпературного відпуску вона має $\alpha_s = 1200 \text{ МПа}$ і $\delta = 10 \%$. Молібден збільшує прогартованість і зменшує схильність сталі до відпускнуї крихкості.

Для цементації широко використовують сталі марок 15Х, 20Х, 20ХН, 18ХГТ, 12ХНЗА та інші. Титан додають, щоб здрібнити зерна.

Зі сталі 38Х2МЮА виготовляють деталі, що підлягають азотуванню. Хром, молібден, алюміній утворюють з азотом нітриди високої твердості.

Ресорно-пружинні сталі можуть бути вуглецевими та легованими. Вони мають високий опір малим пластичним деформаціям (висока межа пружності) й високу межу витривалості. Ці властивості отримують шляхом гартування й середньотемпературного відпуску при температурах 420°С (сталь 60С2А і сталь 65С2ВА) та 470 °С (всі інші марки сталей), унаслідок чого формується трооститна структура.

Вуглецеві ресорно-пружинні сталі після термообробки мають $\sigma_{0,2} = 780...990 \text{ МПа}$ і $\delta = 7...10 \%$, а леговані сталі відповідно $\sigma_{0,2} = 1175...1665 \text{ МПа}$ і $\delta = 5...8 \%$. Ресорно-пружинні сталі легують марганцем, кремнієм, хромом, вольфрамом і ванадієм. Пружини з вуглецевих, марганцевих і кремнієвих сталей не втрачають своїх властивостей до температур 200 °С. Для температур експлуатації до 300°С використовують сталі, леговані хромом і ванадієм, наприклад сталь 50ХФА.

Підшипникові сталі. Деталі підшипників у роботі приймають високі знакозмінні навантаження. Підшипникові сталі повинні бути дуже твердими й зносостійкими. У позначенні марок цих сталей літери й цифри означають: *Ш* на початку марки - підшипникова; *Х* - легована хромом; 4, 15, 20 - масова частка хрому (0,4; 1,5; 2,0 %); *СГ* - легована кремнієм і марганцем. Їх термічна обробка полягає в гартуванні від 840...850°С в маслі й подальшому низькотемпературному відпуску при 150...160°С. Твердість має перевищувати 61 HRC.

Мартенситно-старіючі сталі - сучасні високоміцні конструкційні матеріали на залізній основі, практично безвуглецеві ($C \leq 0,03 \%$). Другим важливим компонентом після заліза в них є нікель кількістю 18...25 %. До складу мартенситно-старіючих сталей входять також кобальт, титан, алюміній, молібден, ніобій та інші елементи. Термічна обробка мартенситно-старіючих сталей полягає в гартуванні й подальшому старінні в інтервалі температур 400...550 °С. Якщо у звичайних конструкційних сталях висока міцність досягається завдяки утворенню мартенситу як пересиченого твердого розчину проникнення вуглецю в α -залізі, то в мартенситно-старіючих сталях через обмежену розчинність легуючих

елементів формується пересичений твердий розчин заміщення в α -залізі (мартенсит заміщення).

Мартенситно-старіючі сталі дорогі, мають високу питому міцність й застосовуються в літако- й ракетобудуванні.

Сталі корозійнотривкі.

Хромові нержавіючі сталі. Корозійнотривкими (нержавіючими) є всі хромові сталі, масова частка хрому в яких становить понад 13 %. Хром із залізом утворює неперервний ряд твердих розчинів. Корозійна тривкість нержавіючих сталей збільшується разом зі збільшенням в них масової частки хрому, середня величина якої становить 13, 17 і 27 %. Отже, хромові нержавіючі сталі найтривкіші до корозії лише тоді, коли весь хром перебуває у твердому розчині. В цьому випадку він утворює на поверхні щільну захисну оксидну плівку типу $(Cr, Fe)_2O_3$. Вуглець знижує корозійну тривкість хромових сталей, оскільки він зв'язує частину хрому в карбід, через що частка хрому в твердому розчині знижується.

Сталі, які під час нагрівання й охолодження зазнають фазових перетворень, можна зміцнювати гартуванням. Під час відпуску втрати хрому в твердому розчині на утворення карбідів малі, тому корозійна тривкість загартованих і відпущених хромових нержавіючих сталей залишається високою.

Хромові нержавіючі сталі гартують від температури 1000...1100°C й відпускають при 700...750 °C, щоб отримати сорбітну структуру або при 200...250 °C - структуру відпущеного мартенситу.

Сталі марок 08X13, 12X13, 20X13 із сорбітною структурою мають підвищену пластичність і застосовуються для виготовлення деталей, що працюють у слабоагресивних середовищах (атмосферні опади, водяні розчини солей органічних кислот при кімнатній температурі). Деталі з цих сталей (клапани гідравлічних пресів, арматура, шнеки і вали в апаратах харчової промисловості) здатні приймати ударні навантаження.

Зі сталей марок 30X13 і 40X13, які піддають гартуванню й низькотемпературному відпуску, виготовляють хірургічний інструмент, пружини, карбюраторні голки.

Сталі марок 15X25T і 15X28 частково використовують без термічної обробки для зварюваних деталей (труби теплообмінників). Титан як сильний карбідоутворювач запобігає утворенню карбідів хрому і сприяє подрібненню зерна.

Хромонікелеві нержавіючі сталі. Хромонікелеві нержавіючі сталі мають вищу корозійну тривкість і кращі технологічні властивості (зварюваність, оброблюваність тиском) порівняно з хромовими нержавіючими сталями. У виробничій сфері найчастіше використовують

сталі, що мають у своєму складі 18 % хрому, 9...13 % нікелю й обмежену масову частку (0,03...0,12 %) вуглецю. Корозійну тривкість хромонікелевих сталей визначає висока (понад 13 %) масова частка хрому.

Нікель стабілізує аустеніт у широкому діапазоні температур. Високу тривкість до корозії виявляють сталі з масовою часткою вуглецю до 0,03 %, а також сталі, леговані титаном або ніобієм. Збільшення вуглецю понад його граничну розчинність в аустеніті в умовах повільного охолодження призводить до виділення із твердого розчину карбиду $(Cr, Fe)_{23}C_6$ й до недопустимого зниження концентрації хрому в твердому розчині (менше ніж 13 %). Для того щоб перевести карбідну фазу в твердий розчин, необхідно нагріти хромонікелеву сталь до температури 1100...1150 °C й охолодити її у воді. Тоді формується пересичений твердий розчин вуглецю в легovanому аустеніті з високою корозійною тривкістю, доброю пластичністю, низькою твердістю й порівняно невисокою міцністю. У разі необхідності міцність хромонікелевої аустенітної сталі можна підвищити шляхом холодної пластичної деформації (наклепу).

Хромонікелеві нержавіючі сталі коштовні, оскільки до їх складу входить дефіцитний нікель. В окремих марках його частково замінюють дешевшим марганцем. Замінником сталі 10X18H9T служить дешевша сталь 12X14Г14Н4Т, де марганцю близько 14 %.

Сталь марок 12X18H9, 04X18H10, 12X18H10T, 03X18H12 широко застосовують у харчовій, хімічній і нафтовій промисловості.

Інструментальні леговані сталі. Інструментальні леговані сталі містять обмежену кількість хрому, вольфраму, ванадію, кремнію та марганцю. Масова частка вуглецю в цих сталях висока - 0,9...1,3 % . Легуючі елементи істотно поліпшують прогартовуваність, дещо підвищують твердість (62...64 HRC) і теплостійкість (до 250 °C) порівняно з нелегованими інструментальними сталями. Звичайна термічна обробка легованих сталей для різального інструменту полягає в гартуванні від 810...870 °C й низькотемпературному відпуску. Структура після термообробки - легований мартенсит, карбіди, а також залишковий аустеніт. Із сталей марок 9ХС, ХВГ, 9Г2Ф, Х, ХВСГФ (приклад розшифровки марки сталі наведений на рис. 2.54) виготовляють свердла, розвертки, мітчики, плашки і фрези невеликого діаметра.

Швидкорізальні сталі. - високолеговані інструментальні сталі, до складу яких входить 0,75...1,10 % вуглецю, 3,0...4,4 % хрому, 2,0...18,0 % вольфраму (Р), 1,0...3,0 % ванадію (Ф), а також до 8 % кобальту (К) і до 9 % молібдену (М).

Швидкорізальні сталі маркують літерою Р (*rapid* - швидкий). Цифри після літери Р показують середню масову частку вольфраму в цілих процентах, а цифри після літер Ф, К і М - масову частку відповідно ванадію, кобальту й молібдену. У марці не зазначена частка вуглецю і хрому.

Температура гартування швидкорізальних сталей має бути такою, щоб забезпечити максимальний перехід карбідів в аустеніт і водночас не допустити надмірного росту зерна аустеніту. Залежно від хімічного складу сталі температура гартування перебуває в межах $1210...1290\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сталь нагрівають повільно в кількох соляних ваннах із зупинками в зоні температур фазових перетворень. Після охолодження в оливі структура сталі складається із високолегованого мартенситу з концентрацією вуглецю $0,3...0,4\%$, первинних карбідів, що не перейшли в твердий розчин під час нагрівання, й $25-35\%$ залишкового аустеніту, який негативно впливає на різальні властивості сталі.

За час триразового високотемпературного відпуску при 560°C з витримкою по 1 год. залишковий аустеніт розпадається, формуючи матрицю легovanого мартенситу й до 15% дрібнодисперсних карбідів вторинного твердіння розміром близько $0,01\text{ мкм.}$ Ефект вторинного твердіння зумовлений такими легувальними елементами, як вольфрам, молібден і ванадій. Кобальт, хоч і не утворює карбідів, проте стримує їх ріст під час нагрівання, а хром зменшує критичну швидкість гартування. Твердість інструментів із швидкорізальних сталей після повної термообробки становить $63...67\text{ HRC}$, а теплостійкість - $615...640\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Серед швидкорізальних сталей розрізняють: вольфрамові марок *P18* і *P9*, вольфрамокобальтові (*P9K5*), вольфрамованадієві (*P12Ф3*), вольфрамомолібденові з кобальтом (*P6M5K5*), вольфрамокобальтові з ванадієм (*P18K5Ф2*).

Швидкорізальні сталі широко використовують для виготовлення всіх видів металорізальних інструментів. Зокрема, для інструментів складної форми, які повинні мати високу зносостійкість, застосовують сталь *P18*, а для простіших інструментів - сталь *P9*. Однак через високу вартість вольфраму його значною мірою витісняє дешевша сталь *P6M5*. Інструменти, що працюють у складних умовах (переривчасте різання, вібрації, різання важкооброблюваних нержавіючих і жароміцних сталей), виготовляють із швидкорізальних сталей, у складі яких є кобальт (марки *P18K5Ф2*, *P9K5*, *P9K4M8*).

Для інструментів чистової обробки (протяжки, розвертки) використовують вольфрамованадієві сталі (*P12Ф3*).

В останні десятиліття все частіше отримують заготовки для інструментів із швидкорізальних сталей методом порошкової металургії. Дуже дрібні порошки компонентів вибраної марки сталі старанно перемішують, пресують і спікають при високій температурі. Завдяки якісному перемішуванню вдається досягти однорідного розподілу карбідів, вищих механічних властивостей, підвищеної теплостійкості та кращої оброблюваності шліфуванням порівняно зі сталями такого ж хімічного складу, але отриманими вальцюванням або куванням. Сталі, виготовлені методом порошкової металургії, мають додаткове позначення *МП*, наприклад, *P6M5K5МП*.

Сталі для вимірювальних інструментів повинні характеризуватися високою зносостійкістю, сталою формою та розмірами протягом тривалого часу експлуатації та доброю оброблюваністю. Вимірювальний інструмент найчастіше виготовляють із вуглецевих інструментальних сталей марок У8...У12, легованих інструментальних сталей марок Х, 9ХВГ, 12Х1 (рис. 2.58), цементованих конструкційних вуглецевих сталей марок 15, 20. Для забезпечення високої твердості та зносостійкості інструменти гартують у мастилі. Загартована високовуглецева сталь при кімнатній температурі зазнає природного старіння, яке характеризується:

- розпадом мартенситу і зменшенням об'єму;
- розпадом залишкового аустеніту і збільшенням об'єму;
- виникненням пластичних деформацій і перерозподілом залишкових напружень.

Сталі для штамів. Ці сталі застосовують для виготовлення штамів і прес-форм. Залежно від температури експлуатації розрізняють сталі для штамів, що працюють в умовах холодного й гарячого (до 900...1200 °С) деформування.

Сталі для штамів холодного деформування. Сталі цієї групи мають високу зносостійкість (високу поверхневу твердість), достатню міцність у поєднанні із задовільною в'язкістю, оскільки вони працюють в умовах ударних навантажень.

Для виготовлення деталей штамів діаметром до 25 мм застосовують вуглецеві інструментальні сталі марок У10, У12 і низьколеговані інструментальні сталі марок ХГС, 9ХВГ. Завдяки не наскрізному гартуванню й низькотемпературному відпуску при 150...180 °С на поверхні деталі формується твердий (60 HRC) і зносостійкий шар, а під ним - порівняно в'язке осердя.

Сталі з підвищеним умістом хрому (6...12 %) марок Х12, Х12МФ, Х12Ф1 використовують для великих штамів складної конфігурації. Ці сталі характеризуються доброю прогартуваністю. Вони мають високу твердість до 61...63 HRC і зносостійкість. Із підвищенням температури гартування збільшується розчинність карбідів і як наслідок - вміст вуглецю й хрому в аустеніті, що призводить до росту в охолодженій структурі частки залишкового аустеніту й до зменшення твердості інструменту. Для того щоб подрібнити зерна, в хромову сталь вводять молібден і ванадій (сталь Х6Ф4М).

Сталі для штамів гарячого деформування. Штами гарячого деформування контактують із заготовками, нагрітими до високих температур. Тому сталі для виготовлення штамів гарячого деформування

повинні мати добру теплостійкість, високу стійкість до спрацювання і певну в'язкість.

Якщо штамп приймає значні ударні навантаження, то його виготовляють зі сталей з часткою вуглецю 0,3...0,6 %. Їх легують хромом, нікелем, марганцем, щоб підвищити прогартовуваність і в'язкість. Для зменшення схильності сталей до відпускнуї крихкості до їх складу додають молібден або вольфрам. Для штампів гарячого деформування нерідко використовують сталі марок *5XHM*, *5XHB*, *5XHBC*. Зі сталі *5XHM* виготовляють великі штампи складної конфігурації, оскільки вона зберігає доволі добрі механічні властивості до температури 500 °C. Сталь *5XHBC* за однакової зі сталлю *5XHM* прогартовуваності менш в'язка. Вона призначена для середніх за розмірами штампів. Такі сталі гартують у мастилі з подальшим високотемпературним відпуском, щоб отримати трооститну або трооститно-сорбітну структуру. Твердість після відпуску становить 35...45 HRC.

2.7. Класифікація, маркування і використання чавунів

Чавунами називають багатокомпонентні високовуглецеві сплави на основі заліза, що містять понад 2,14 % C; 1,0-3,5 % Si; 0,5-1,0 % Mn; до 0,3 % P та 0,2 % S. Більшу частину виплавленого чавуну переробляють у сталь, однак близько 20 % його використовують для виготовлення литих деталей машин та інших виробів. Через низьку пластичність чавун не підлягає обробці тиском.

Чавун має високі ливарні властивості, вироби з нього виготовляють різними методами лиття. Понад 75 % від загальної кількості всіх виливків отримують із чавунів.

У чавунів нижча, ніж у сталей, температура плавлення, висока рідкоплинність, мала усадка, менша схильність до утворення усадкових тріщин, що дозволяє відливати деталі складної форми. Високоміцні чавуни за деякими службовими властивостями стоять поряд із багатьма кованими сталями, в той час як використання чавунів на заміну кованих сталей завжди економічно вигідніше завдяки отриманню деталі з розплаву, минаючи операції обробки тиском.

Чавуни отримують шляхом виплавки шихти у доменних печах. До складу шихти входять руда, паливо та флюси.

Руди бувають залізні, комплексні та марганцеві. Залізні руди складаються із сполук заліза, порожньої породи і шкідливих домішок (сполук сірки, фосфору та миш'яку). Різновидності залізних руд: магнітний залізняк, червоний залізняк, бурий залізняк та шпатовий залізняк.

Як паливо при доменному виробництві чавуну використовують кам'яновугільний кокс або деревне вугілля. Паливо виконує дві функції: при згорянні виділяє теплоту і бере участь у реакціях відновлення руди.

Флюси застосовують для сплавлення порожньої породи із золою палива і видалення їх із доменної печі. Флюсами служать вапняк або доломіт.

Чавуни доцільно класифікувати за призначенням на: білі, сірі, ковкі, високоміцні і антифрикційні.

Білі чавуни - це чавуни, в яких вуглець перебуває у зв'язаному стані, у вигляді цементиту (Fe_3C). Їх можна класифікувати за структурою: доєвтектичні (вміст вуглецю від 2,14 до 4,3 %); евтектичні (вміст вуглецю 4,3 %); заєвтектичні (вміст вуглецю від 4,3 до 6,67 %).

Білі чавуни в основному використовують для переробки у сталь. В окремих випадках для виготовлення виробів, які не піддаються високим навантаженням. Такий чавун при розломі має срібно-білий колір

Сірі чавуни - це чавуни, в яких вуглець перебуває як у зв'язаному стані (Fe_3C) так і в вільному у вигляді графіту.

Сірий чавун отримують, додаючи у розплав речовини, які сприяють розпадові цементиту й виділенню вуглецю у вигляді графіту. Розлом деталі з такого чавуну має сірий колір, що надає йому вільний графіт у вигляді пластинок.

Сірі чавуни маркуються буквами *СЧ* з цифрою, яка вказує мінімальну границю міцності на розрив або розтяг.

Згідно ДСТУ є такі марки сірого чавуну: *СЧ12, СЧ15, СЧ18, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ32, СЧ35, СЧ40, СЧ45*. Сірі чавуни використовуються для виготовлення різних відливок для сільськогосподарських машин і побутової техніки. У структуру сірих чавунів обов'язково входить фаза графіту у вигляді пластинок. Це дозволяє в деякій мірі підвищити пластичність у порівнянні з білими чавунами.

Ковкий чавун - умовна назва м'якого і в'язкого чавуну, який одержують з білого чавуну шляхом відливанням з подальшою термічною обробкою. Його не кують, але він набагато пластичніший за сірий чавун. Ковкий чавун, як і сірий, складається із основи – сталі та містить частину вуглецю у вигляді графіту, проте графітові включення у ковкому чавуні інші за формою (у вигляді плям, а не пластин). Властивості ковкого чавуну залежать від металевої основи і розміру включень графіту: чим менші включення графіту, тим міцніший ковкий чавун.

Ковкий чавун позначають буквами *КЧ* і двома числами, з яких перше вказує мінімальну межу міцності на розтяг, друге - мінімальне відносне видовження δ (%). Відомі такі марки ковкого чавуну: на феритній основі (3...10 % перліту) *КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12*, на перлітній основі (0... 20% фериту) *КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3*.

Ковкий чавун широко використовують у сільськогосподарському машинобудуванні, в автомобільній і тракторній промисловості, верстатобудуванні та в інших галузях промисловості.

Високоміцні чавуни. Підвищення міцності і пластичності чавунів досягають модифікуванням під час виплавлення, яке забезпечує одержання глобулярного (сфероїдального) графіту замість пластинчастого. Таку

форму графіту одержують при введенні в якості присадок у рідкий чавун магнію або лігатури (20 % Mg + 80 % Ni).

Для виготовлення виливків призначені такі марки чавуну: *ВЧ 350-22, ВЧ 400-15, ВЧ 420-12, ВЧ 450-10, ВЧ 450-5, ВЧ 500-7, ВЧ 500-2, ВЧ 600-3, ВЧ 700-2, ВЧ 800-2, ВЧ 900-2, ВЧ 1000-2.*

Марка чавуну визначається його тимчасовим опором під час розтягання, умовною границею плинності та відносним видовженням.

Умовне позначення марки чавуну з кулястим графітом містить букви *ВЧ* (*В* – високоміцний, *Ч* – чавун), цифрове позначення мінімального значення тимчасового опору під час розтягання, в мегапаскалях, та через дефіс – мінімального значення відносного видовження, у відсотках.

Приклад умовного позначення марки чавуну з кулястим графітом з мінімальним значенням тимчасового опору під час розриву 500 МПа та мінімальним відносним видовженням 2 %:

ВЧ 500-2 ДСТУ 3925-99.

Високоміцний чавун використовують замість сталі для відливання валів, зубчастих коліс, муфт, задніх мостів автомобілів, картерів та ін. Окрім використання в металургії та машинобудуванні для отримання виливниць, станин верстатів та інших виробів з чавуну, виготовляють деталі машин, які повинні мати високу конструкційну міцність, підвищену твердість, зносостійкість, високу циклічну в'язкість, тобто здатність гасити вібрацію (колінчасті вали та шестерні з високоміцного та ковкого чавунів, а також гільзи, поршні і поршневі кільця з сірого чавуну на перлітній основі).

2.8. Основні вимоги до вуглецевих сталей

Вуглецеві сталі звичайної якості є найдешевшими серед сталей. Якщо для виплавляння сталей звичайної якості використовують значну кількість скрапу, то в їх складі допускається масова частка міді до 0,40 %, хрому та нікелю - до 0,35 % кожного.

Сталі звичайної якості постачають замовникам у вигляді листів і вальцьованих напівфабрикатів стандартного профілю (рис. 2.6). Ці профілі та листи попередньо розрізаються до заданих розмірів, після чого з них виготовляють різні металоконструкції або прості заготовки, призначені переважно для малонавантажених деталей. Заготовки складнішої форми отримують куванням або штампуванням.

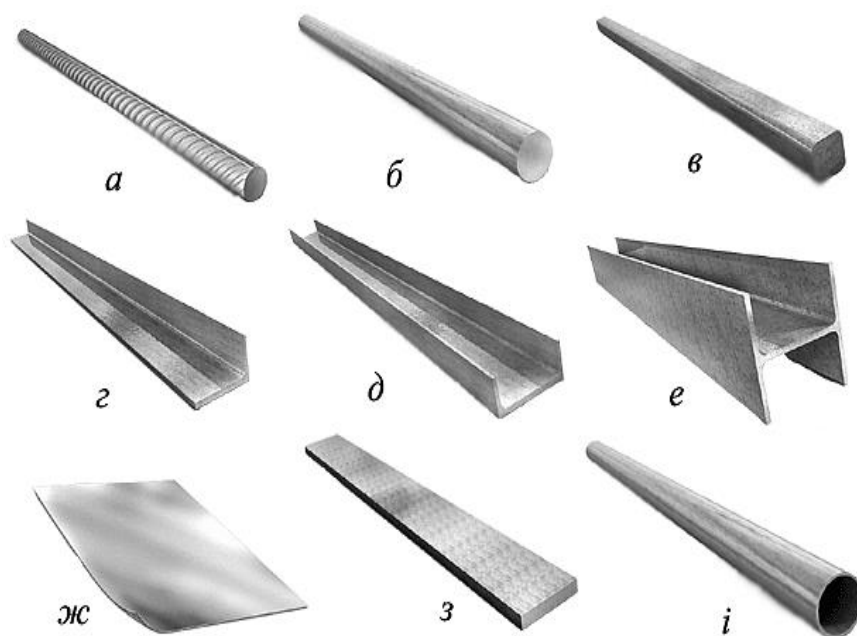


Рис. 2.6. Види сталевого прокату:

*а - арматура;
б - круг;
в - квадрат;
г - кутик;
д - швелер;
е - двутавр;
ж - лист;
з - штаба;
і - труба*

Застосовуючи термічну обробку (в тому числі й зміцнювальну), можна змінювати в певних межах структуру та властивості сталей звичайної якості.

Сталі конструкційні вуглецеві якісні відрізняються від звичайної якості меншою масовою часткою фосфору, сірки, а також меншими частками неметалевих включень і газів. Постачаються ці сталі з гарантованим хімічним складом і механічними властивостями ($\alpha_{0,2}$, α_B , δ та ψ).

Якісні сталі постачають без термічної обробки, в стані термічної обробки *T* (нормалізація) або в нагартованому (наклепаному) *H* стані. Твердість сталей у стані *T* перевищує твердість в стані *H* на 15-35 %.

Зі збільшенням у сталі кількості вуглецю від 0,08 до 0,60% її міцність σ_B у нормалізованому стані зростає від 320 до 680 МПа, а відносне видовження δ зменшується від 33 до 12 %.

Із маломіцних сталей марок 05, 08, 10 завдяки високій пластичності виготовляють вироби холодним штампуванням. Зі сталей марок 30, 35, 40, 45, 50, 55 і 60 виготовляють різноманітні деталі (в тому числі і відповідальні), що вимагають нормалізації або поверхневого гартування (рис. 2.26). Попри добрі механічні й технологічні властивості істотним недоліком вуглецевих сталей є мала прогартуваність.

Сталі інструментальні нелеговані (вуглецеві) можуть бути якісними та високоякісними. Масова частка шкідливих домішок у якісних сталях становить не більше ніж 0,030 % *P* та не більше ніж 0,028 % *S*, а у високоякісних сталях - не більше ніж 0,025 % *P* та не більше ніж 0,018 % *S* (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 - Хімічний склад інструментальних нелегованих сталей

Марка сталі	Масова частка елементів, %				
	вуглець	кремній	марганець	сірка	фосфор
				не більше ніж	
У7	0,65-0,74	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030
У8	0,75-0,84	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030
У8Г	0,80-0,90	0,17-0,33	0,33-0,58	0,028	0,030
У9	0,85-0,94	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030
У10	0,95-0,109	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030
У12	1,10-1,29	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030
У7А	0,65-0,74	0,17-0,33	0,17-0,33	0,018	0,025
У8А	0,75-0,84	0,17-0,33	0,17-0,33	0,018	0,025
У8ГА	0,80-0,90	0,17-0,33	0,33-0,58	0,018	0,025
У9А	0,85-0,94	0,17-0,33	0,17-0,33	0,018	0,025
У10А	0,95-0,109	0,17-0,33	0,17-0,33	0,018	0,025
У12А	1,10-1,29	0,17-0,33	0,17-0,33	0,018	0,025

Марки інструментальних нелегованих сталей позначають літерою *У* (вуглецева) та числами, що означають середню масову частку вуглецю у десятих частках відсотка (*У7*, *У12*). У сталі *У7* маємо в середньому 0,7 % вуглецю, а у сталі *У12* відповідно 1,2 %. За наявності підвищеної кількості марганцю у сталі після числа дописують літеру *Г* (*У8Г*). Високоякісні сталі позначають у кінці марки літерою *А* (*У8А*, *У12А*).

Інструменти для різання металів працюють в умовах високого тиску, температури й тертя. Для того щоб ефективно їм протистояти, ці матеріали повинні мати високу твердість, зносостійкість, теплостійкість і міцність.

Твердість різальної частини інструмента має значно перевищувати твердість оброблюваного матеріалу.

Під *зносостійкістю* інструменту розуміється його здатність якомога довше протистояти поступовому його руйнуванню з боку матеріалу заготовки. Внаслідок такого руйнування різальний інструмент затуплюється. Що твердіший матеріал інструмента, то вищою буде його зносостійкість.

Під *теплостійкістю* розуміють температуру, при нагріванні до якої твердість інструмента починає стрімко знижуватися внаслідок небажаних структурних змін.

Міцність різального інструмента повинна бути достатньою, щоб сприймати великі сили різання.

Із сталей *У7, У7А* виготовляють інструменти для обробки дерева (сокири, стамески, долота) й ударні інструменти (пуансони, молотки). Для виготовлення таких деревообробних інструментів, як фрези, пили, свердла, використовують сталі *У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А*.

Із сталей *У10, У10А, У12, У12А* виготовляють металообробний інструмент, що працює при невисоких температурах (мітчики, плашки, терпуги).

Розділ 3. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА ЇХ СПЛАВИ

3.1 Мідь та основні сплави на її основі

Мідь - метал червонувато-рожевого кольору, температура плавлення 1083°C , густина $8,9\text{г/см}^3$, корозійностійкий. Характеризується високою електро- та теплопровідністю, добрим опором корозії на повітрі, у прісній та морській воді, а також у багатьох хімічних середовищах. Мідь легко обробляється тиском, добре паяється і зварюється, проте має невисокі ливарні властивості й погану оброблюваність різанням. В основному, чиста мідь використовується в електротехніці.

У промисловості використовують сплави міді з цинком, оловом, алюмінієм, берилієм, нікелем, марганцем, свинцем. Додаток до міді вказаних компонентів підвищує її механічні, технологічні і антифрикційні властивості.

Латуні є прості та спеціальні. *Прості латуні* - це сплав міді з цинком. *Спеціальні* - це сплав міді з цинком та іншими компонентами. Вміст цинку в латунях не перевищує 43 %, так як більший вміст цинку приводить до зменшення міцності і підвищення крихкості латуні. Прості латуні маркуються, наприклад, *Л62* (містить 62 % міді і решта - цинк). Спеціальні латуні маркуються, наприклад, *ЛМЖ 55-3-1* (вона містить 55 % *Cu*, 3 % *Mn*, 1 % *Fe*, решта - цинк). Латуні використовують для виготовлення труб, прутків, дроту, фольги, втулок, підшипників, шестерень і арматури.

Бронза - це сплав міді з оловом, алюмінієм, берилієм та іншими елементами, крім цинку, який суттєво не впливає на властивості останньої. Найважливішими бронзами є олов'яністі, алюмінієві, кремнієві, нікелеві, берилієві, хромисті, фосфористі. Олов'яністі і свинцеві бронзи мають високі антифрикційні властивості і використовуються як підшипники ковзання.

Алюміній у бронзах підвищує міцність, і вони використовуються для виготовлення різних деталей і конструкцій.

Берилій підвищує пружність, тому *берилієві бронзи* використовуються для виготовлення різних пружин.

Фосфор підвищує рідкоплинність, тому *фосфористі бронзи* використовують для різних відливок.

Хромисті бронзи використовують у зварювальному виробництві.

Бронзи маркуються таким чином: *Бр.ОЦС 6-6-3* (у ній міститься 6% *Sn*, 6 % *Zn*, 3 % *Pb*, решта – мідь).

3.2. Алюміній та основні алюмінієві сплави

Алюміній - метал білого кольору, температура плавлення 660°C , густина $2,7\text{г/см}^3$, володіє високою корозійною стійкістю, електропровідністю, теплопровідністю, пластичністю; невисокою твердістю і міцністю. В основному, алюміній використовують в електротехніці.

Розділяють ливарні і деформовані алюмінієві сплави. Ливарні алюмінієві сплави - це найчастіше сплави, які містять кремній, мідь і магній.

Силуміни - це сплави алюмінію з кремнієм (від 6 до 13%). Вони маркуються *АЛ2*, *АЛ9* і т.д. (букви свідчать, що це силумін, а цифри - порядковий номер). Силуміни використовують для виготовлення корпусів приладів, кронштейнів, фланців, картерів, поршнів тощо.

Алюмінієві сплави, що обробляються тиском (деформовані - дюралюмінії). Дюралюміній - це сплав алюмінію з міддю, магнієм і марганцем. Дюралюміній маркується так: *Д1*, *Д16* (*Д* - вказує, що це дюралюміній, а цифра - порядковий номер). Наприклад, *Д16* містить 3,8 - 4,9 % *Сu*, 1,2-1,8 % *Mg* і 0,3-0,9 % *Mn*. Сплави дюралюмінію широко використовуються в авіаційній і ракетній промисловості.

На механічні властивості дюралюмінію інтенсивно впливає термічна обробка. У результаті загартування і старіння механічні властивості дюралюмінію підвищуються до показників середньовуглецевої сталі.

Слід відмітити, що в даний час розроблено багато інших алюмінієвих сплавів, які використовуються у сучасних галузях промисловості.

3.3. Сплави на основі магнію

Магній - метал білого кольору, густина $1,74 \text{ г/см}^3$, температура плавлення біля 651°C .

Із сплавів на основі магнію поширення у техніці набули його сплави з марганцем, алюмінієм і цинком. Для підвищення механічних властивостей магнієвих сплавів додають цирконій, церій, неодим, торій та ін. Крім цього, магнієві сплави зміцнюють загартуванням і дисперсним твердінням.

Сплави магнію використовують для виготовлення різних деталей літаків, вагонів, автомобілів тощо.

Магнієві сплави маркуються, наприклад, *МА8* (1,3...2,2 % *Mn*, 0,15...0,35 % *Zn*), тобто *МА* - свідчить, що це магнієвий сплав, а цифра - порядковий номер.

3.4. Сплави на основі титану

Титан - метал білого кольору з високою температурою плавлення (1668°C) і малою густиною ($4,5 \text{ г/см}^3$), стійкий в агресивних середовищах.

Чистий титан використовують у хімічному машинобудуванні, електроніці, ядерній та інших галузях техніки.

У промисловості використовують титанові сплави, які містять у собі: алюміній, олово, марганець, молібден, хром, ванадій, залізо.

Механічні властивості титанових сплавів можна покращити шляхом загартування і старіння.

Титанові сплави маркують, наприклад, *BT16* (2,5% *Al*, 7,5% *Mo*), де *BT* вказує, що це є титановий сплав, а число - порядковий номер.

Титанові сплави знайшли широке застосування у реактивних авіаційних двигунах, обшивці надзвукових літаків, суднобудуванні, ракетобудуванні тощо.

3.5. Антифрикційні сплави і матеріали

У машинах використовують не тільки підшипники кочення, але і ковзання. Оскільки вкладиші підшипників ковзання безпосередньо стикаються з валами, вони повинні бути досить пластичними і досить твердими (щоб бути опорою для вала), мати малий коефіцієнт тертя, бути мікропористими і мати невисоку температуру плавлення. Сплави, що відповідають переліченим вимогам, називають антифрикційними.

Антифрикційні сплави мають пластичну основу, в якій рівномірно розташовані більш тверді частинки.

Антифрикційні матеріали поділяють на такі групи:

- білі антифрикційні сплави на основі олова, свинцю і алюмінію (бабіти);
- сплави на основі міді;
- чавуни сірі, модифіковані та ковкі;
- металокерамічні пористі матеріали;
- пластмаси.

Бабіти. У промисловості широке застосування знайшли *бабіти* — антифрикційні матеріали на основі олова і свинцю. Їх використовують для вкладишів підшипників ковзання автотракторних двигунів, парових турбін, редукторів. За хімічним складом бабіти поділяються на олов'янисті (Б83, Б88), олов'янисто-свинцевисті (БС6, БС16) та свинцевисті (БК2, БКА). Тут у марках цифри означають процентний вміст олова. Наприклад, БС6 має 6 % олова та сурми, решта — свинець.

У свинцевих бабітах з сурмою, наприклад, *Б16*, тверді частинки утворюють кристали сполук $SnSb$ і Cu_3Sn , розташовані в м'якій основі — розчині сурми і олова у свинці.

Бабіти використовують для виготовлення вкладишів тракторних і автомобільних двигунів.

Алюмінієві антифрикційні сплави. Сплави алюмінію порівняно з бабітами мають меншу щільність, більшу міцність і дешевші. Недоліком є значна різниця в коефіцієнті розширення алюмінієвих сплавів і сталі. Найбільш поширений алюмінієво-мідний сплав алькусин (7,5-9,5 % *Cu*, 1,5-2,5 % *Si*, решта – алюміній), в якому м'яка основа - твердий розчин кремнію і міді в алюмінії, а тверді частини — сполуки $CuAl_2$. Цей сплав використовують як заміник бабіту марки *Б16*.

Антифрикційні матеріали на основі міді. Олов'яні бронзи з 8 % *Sn* і більше застосовують як підшипникові. За структурою вони є основною

масою твердого розчину олова в міді (м'яка фаза) і тверді частинки сполуки Cu_3Sn .

Олов'яна бронза марки *БрОФ 10-1*, що містить 0,8...1,2 % фосфору, до 10 % Sn - прекрасний антифрикційний матеріал.

Як антифрикційний матеріал використовують також олов'яно-свинцеві бронзи (*БрОС 8-12* і т.п.).

В автотракторній промисловості поширені пористі самозмащувальні підшипники з порошкових сплавів.

3.6. Тугоплавкі метали і сплави

Тугоплавкі метали і їх сплави використовують в авіаційній, космічній і ядерній техніці, електровакуумному і електронному обладнанні, хімічній промисловості. Значна кількість цих металів витрачається для легування залізобетонних сплавів - сталей і чавунів та деяких кольорових металів.

- *Сплави хрому з Ni , W , Mo , V , Y , Ti* мають високу жароміцність і жаростійкість, тому їх використовують в основному для виготовлення деталей, які працюють тривалий час при високій температурі (1050...1100°C) і значному навантаженні, здатні чинити опір повзучості і дії агресивного газового середовища. Це лопатки газових турбін, фасонні виливки для тривалої роботи в газових продуктах згоряння, агресивних кислих рідких середовищах.
- *Сплави ванадію, леговані Ti , Nb , Zr , Ta , Si , Al , Cr , Hf* , використовують для виготовлення оболонок тепловідільних елементів ядерних реакторів з натрієвим теплоносієм, труби для атомних реакторів. Вони мають достатню теплопровідність і корозійну стійкість, добре деформуються, піддаються контактному і дуговому зварюванню. Сплави ванадію можна використовувати не тільки при високих (до 1200°C), а й при криогенних температурах (нижче мінус 196°C).
- *Сплави ніобію з Mo , Zr , Ta , C* використовують як конструкційний матеріал з робочою температурою 1100...1250°C у термоядерній, космічній і електровакуумній техніці. В хімічній промисловості з них виготовляють змішувачі, дистилятори, трубопроводи, клапани та інші деталі апаратів. Сплави задовільно обробляються різальними інструментами, зварюються.
- *Сплави танталу, леговані W , Mo , Nb , Hf* , мають винятково високу стійкість у сильних кислотах, розплавах лужних металів. Їх поставляють у вигляді листів, тонкостінних труб, дроту, а також заготовок, одержаних методом порошкової металургії або електронно-променевою плавкою. Використовують їх для виготовлення відповідальних деталей ракетних двигунів на твердому і рідкому паливі, ємкості для гарячих газів і рідин, в хімічному обладнанні, електровакуумній промисловості, електроніці. Робоча температура цих сплавів становить 1300...1650°C і вище.

- *Сплави молібдену*, леговані *Zr, W, Ti, Re, V*, застосовують для виготовлення прес-форм, електродів ерозійно-іскрових апаратів, в електронній і електровакуумній промисловості — контурів ядерних реакторів. Деталі з цих сплавів можуть працювати тривалий час при температурі 1200... 1350°C і короткочасно - до 1600°C.
- *Сплави вольфраму* з *Mo, Re, Hf, Ni* використовуються для виготовлення екранів печей, високотемпературних термопар, електричних контактів, електродів для зварювання металів у газових середовищах реакторів ядерних двигунів, ракет, в інструментальній промисловості. Робоча температура сплавів вольфраму досягає 2200°C, короткочасно - до 2750°C.

Розділ 4. СПЕЧЕНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ

4.1 Конструкційні порошкові матеріали

Продукція порошкової металургії дуже різноманітна. До основних її видів належать конструкційні, інструментальні, електротехнічні та інші матеріали.

Конструкційні порошкові матеріали – це насамперед антифрикційні та фрикційні матеріали, пористі матеріали для фільтрів.

Антифрикційні матеріали - композиції, які виготовляють пресуванням та спіканням порошків заліза або бронзи з 2... 5 % графіту. Умови пресування та спікання вибирають такими, щоб пористість матеріалів становила близько 15... 30 %. Після спікання матеріали просочують мінеральним маслом. Своєрідна структура (графіт і заповнені маслом пори) забезпечують цим матеріалам малий коефіцієнт тертя, високу стійкість до спрацювання і здатність працювати в багатьох випадках без додаткового змащування. Застосовують їх для виготовлення підшипників ковзання різного устаткування і приладів.

Фрикційні матеріали, навпаки, мають високий коефіцієнт тертя, тому їх застосовують для виготовлення деталей, гальмівних пристроїв, дисків зчеплення тощо. Виготовляють ці матеріали на залізній і мідній основах з добавками свинцю, графіту, азбесту, кремнезему та ін. Матеріали на залізній основі призначені для роботи в умовах сухого тертя, а на мідній - в масляному середовищі.

Пористі матеріали застосовують для фільтрування рідин і газів. Спечені фільтри прості у виготовленні, відзначаються високою міцністю, стабільністю фільтрувальних властивостей по всій площі фільтра. Фільтри, виготовлені з корозіє- і жаростійких матеріалів (корозієстійкої сталі, нікелю, титану, бронзи), дають можливість фільтрувати хімічно активні високотемпературні рідини і газів. Спечені фільтри виготовляють із сферичних порошків (дробу) діаметром 50... 800 мкм, що дає змогу мати пори розміром 20... 320 мкм.

Композитні матеріали виготовляють із порошків кольорових металів, які створюють основу (матрицю), і дисперсійно-зміцнювального компонента - оксидів металів. Порошинки оксиду розміром 0,1...5 мкм ефективно гальмують рух дислокацій в матриці і таким чином підвищують її міцність.

Найпоширеніші композиційні матеріали на основі алюмінію - САП (спечений алюмінієвий порошок): САП-1, САП-2, САП-3 з вмістом 6...17 % Al_2O_3 , міцністю $\sigma_s=300...400$ МПа і пластичністю 3...8 %. За міцністю САП переважає дуралюміні і навіть теплостійкі сталі при температурах до 500°C.

Відомий магнієвий композит, зміцнений оксидами MgO і BeO , з $\sigma_s=280...300$ МПа і робочою температурою до 400°C.

Перспективним матеріалом типу САП є матеріали на основі нікелю з оксидами торію, гафнію, цирконію: ВДУ-1 ($Ni + 2 \% ThO_2$), ВДУ-2 ($Ni + 2\% HfO_2$), ВД-3 ($Ni + 20\% Cr + 2\% ThO_2$) міцністю $\sigma_s = 525...550 \text{ МПа}$, пластичністю $\delta = 13...23 \%$, здатні працювати при температурі до 1000°C .

4.2. Інструментальні порошкові матеріали

Інструментальні порошкові матеріали - це тверді сплави. Виготовляють із порошків карбідів WC , TiC і TaC з додаванням порошку кобальту. Їхні висока твердість, стійкість до спрацювання, міцність, теплостійкість, що досягає $900...1000^\circ\text{C}$, дають змогу виконувати твердосплавними інструментами високопродуктивну обробку різноманітних металевих та неметалевих матеріалів. За своїми різальними властивостями інструменти оснащені твердими сплавами, значно перевершують інструменти навіть із легованих інструментальних сталей і допускають обробку зі швидкістю різання до 800 м/хв .

Тверді сплави поділяють на три групи: вольфрамові BK , титановольфрамові - TK і титанотанталовольфрамові - $ТТК$.

Сплави групи BK ($BK2$, $BK3$, $BK4$ тощо) складаються із зерен карбіду WC , зацементованих Co . Цифра після літери K позначає процентний вміст Co , решта карбід WC . Крупнозернисті тверді сплави з розміром зерен $3...5 \text{ мкм}$ позначають літерою B у кінці марки (наприклад, $BK6-B$), а з розміром зерен $0,5...1,5 \text{ мкм}$ - літерою M ($BK6-M$).

Сплави групи TK ($T5K10$, $T5K12B$, $T15K6$ та ін.) складаються з карбідів WC і TiC , зцементованих Co . Цифра після літери T показує процентний вміст карбіду TiC , а після K - вміст Co , решта - карбід WC .

У сплавах групи $ТТК$ ($ТТ7K12$, $ТТ7K15$) цифра після літер $ТТ$ показує сумарний вміст карбідів $TiC + TaC$, а після K - вміст Co , решта - карбід WC .

Із збільшенням вмісту кобальту в сплаві міцність і в'язкість його підвищується, а твердість і стійкість до спрацювання зменшується. Тому сплави з більшим вмістом кобальту застосовують для виготовлення інструментів, які працюють у важких умовах, при великих і нерівномірних навантаженнях і, навпаки, з малим вмістом кобальту - для обробки з невеликим навантаженням, але з великою швидкістю різання.

З метою економії дефіцитних вольфраму і кобальту розроблено сплави на основі $TiC + Ni + Mo$ (сплав $ТН-20$) і на основі карбонітриду титану $Ti(NC) + Ni + Mo$ (сплав $КНТ16$). Цифра в цих марках показує сумарний вміст $Ni + Mo$.

Серед інструментальних порошкових матеріалів окрему групу становлять так звані *мінералокерамічні матеріали*. Їх виготовляють з оксиду алюмінію (99%) з добавкою оксиду магнію - $ЦМ-332$, з оксиду алюмінію (до 80%) і карбідів тугоплавких металів - $ВOK-60$, $В-3$, з нітриду силіцію з іншими добавками - *силеніт-Р*.

З цих матеріалів, як і з твердих сплавів, виготовляють пластинки певних розмірів і форми для оснащення різального інструменту.

Основною перевагою мінералокераміки є висока теплостійкість (до 1200°C), що дає змогу обробляти різні матеріали із значно більшими швидкостями, ніж інструментами з твердих сплавів. Проте слід враховувати, що мінералокераміка відзначається також великою крихкістю та малим опором згину. Тому її використовують переважно для інструментів чистової обробки різанням без ударів.

Широко застосовують *порошкові швидкорізальні сталі* - однорідний дрібнозернистий матеріал без карбідної ліквації. Порівняно із звичайними сталями вони мають більшу твердість і теплостійкість. Металорізальний інструмент із цих сталей має в 1, 5...2 рази більшу стійкість.

4.3. Електротехнічні порошкові матеріали

Електротехнічні порошкові матеріали - це велика група композицій, призначених для виготовлення розривних контактів з порошків тугоплавких металів (*W, Mo*) з металом високої електропровідності (*Cu, Ag*), і ковзних контактів з графіту і порошків міді або бронзи.

З магнітних матеріалів методом порошкової металургії виготовляють магнітодіелектрики, які є композиціями порошків заліза високої чистоти, пермалою, альсиферу або інших матеріалів з різними діелектриками, магнітотверді сплави типу альніко і магніко або рідкоземельних металів, а також так звані ферити - матеріали, які дістають із оксиду заліза Fe_2O_3 і оксидів деяких інших металів - *NiO, MnO, ZnO* тощо.

Розділ 5. НЕМЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

5.1 Загальні відомості, класифікація і властивості полімерних матеріалів

До неметалевих матеріалів, які широко використовуються у машинобудуванні і ремонтному виробництві, належать такі органічні і неорганічні полімери, як різні види пластичних мас, композиційні матеріали на неметалевій основі, каучуки і гуми, клеї, герметики, лакофарбові покриття, а також графіт, скло, слюда, азбест, целулоїд, кераміка, тощо.

Такі їх властивості, як достатня міцність, жорсткість і еластичність при малій щільності, прозорість, хімічна стійкість і діелектричні властивості часто роблять ці матеріали незамінними. Вони знаходять все ширше застосування в різних галузях машинобудування.

Застосування неметалевих матеріалів забезпечує значну економічну ефективність. Впровадження нових полімерних матеріалів дало змогу замінити і вивільнити для потреб виробництва велику кількість дефіцитних і дорогих чорних та кольорових металів (нержавіючої сталі, міді, олова, свинцю та їх сплавів), подовжити термін служби споруд, машин і деталей, створювати принципово нові, ефективніші конструкції й прилади, успішно розв'язувати складні і важливі технічні проблеми.

Основою неметалевих матеріалів є полімери, головним чином синтетичні.

Полімери (від грецького "*полі*" - багато і "*мерос*" - частка) - це сполуки, в молекулах яких однакові ланки повторюються багато разів. На відміну від речовин, які іноді називають низькомолекулярними, наприклад, таких як вода - H_2O , аміак - NH_3 , метан - CH_4 і ін., що складаються із малої кількості атомів і мають постійну молекулярну вагу, молекули полімерів мають значно більш складну будову і змінну молекулярну вагу. До складу молекули полімеру можуть входити сотні і тисячі атомів, тому молекулярна маса полімеру є середньостатистична змінна величина, яка залежить від числа атомів в молекулі, яке, в свою чергу, визначається умовами утворення макромолекули полімерної речовини.

Макромолекули лінійних полімерів можна уявити як ланцюги, що складаються з великої кількості елементарних ланок, зв'язаних між собою хімічним зв'язком, довжина яких в сотні і тисячі разів перевищує розміри поперечного перерізу. Міцність хімічних зв'язків уздовж ланцюга молекул у багато разів більша від слабких сил міжмолекулярної взаємодії. Атоми, що входять в основний ланцюг, пов'язані міцним хімічним (ковалентним) зв'язком.

Класифікація полімерів. Для зручності вивчення зв'язку складу і структури з властивостями полімерів їх можна класифікувати за різними

ознаками (складом, формою макромолекул, фазовим станом, полярністю, відношенням до нагрівання).

За складом всі полімери підрозділяють на органічні, елементоорганічні, неорганічні.

Органічними полімерами є смоли і каучуки які складають найбільш обширну групу з'єднань.

Елементоорганічні з'єднання містять в складі основного ланцюга неорганічні атоми кремнію, титану, алюмінію і інших елементів, які поєднуються з органічними радикалами. Органічні радикали додають матеріалу міцності і еластичності, а неорганічні атоми надають підвищеної теплостійкості.

До *неорганічних полімерів* відносяться: силікатне скло, кераміка, слюда, азбест. У складі цих з'єднань немає вуглецевого скелета. Основу неорганічних матеріалів складають оксиди кремнію, алюмінію, магнію, кальцію і ін.

У силікатах існують два типи зв'язків: атоми в ланцюзі сполучені ковалентними зв'язками ($Si - O$), а ланцюги між собою - іонними зв'язками. Властивості цих речовин можна змінювати в широких межах, отримуючи, наприклад, з мінерального скла волокна і еластичні плівки. Неорганічні полімери відрізняються вищою щільністю, високою тривалою теплостійкістю. Проте скло і кераміка крихкі, погано переносять динамічні навантаження. До неорганічних полімерів відноситься також графіт, який є карболанцюговим полімером.

У конкретних технічних матеріалах використовуються як окремі види полімерів, так і поєднання різних груп полімерів, такі матеріали називають *композиційними* (наприклад, склопластики).

За формою. Розміщення атомів і атомних груп в макромолекулі полімеру може бути лінійним, розгалуженим і просторовим (сітчастим) (рис. 5. 1).

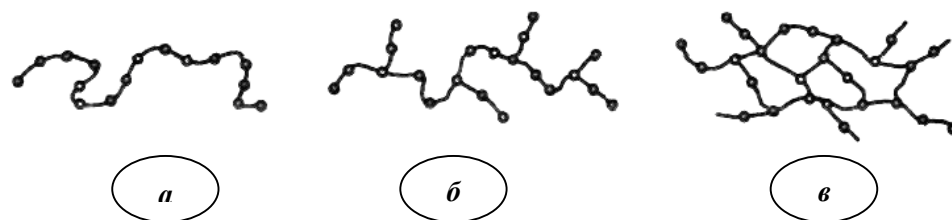


Рис. 5. 1. Схема будови макромолекул полімерів: а - лінійна; б - розгалужена; в - сітчаста

Лінійними макромолекулами полімеру є довгі зигзагоподібні або закручені в спіраль ланцюжки, з яких отримують волокна і плівки. Лінійна структура надає полімерові пружності, здатності до високоеластичних деформацій, доброї розчинності в органічних розчинниках, низької теплотривкості, можливості вторинної переробки матеріалу на виробі. Прикладом таких полімерів є поліаміди (капрон, поліамід 68, АК-7), поліофеліни (поліетилен, поліпропілен), каучуки та ін. Добра розчинність

лінійних полімерів дала змогу створити синтетичні лакофарбові матеріали, клеї, розчини та ін.

Розгалужені макромолекули полімеру, будучи також лінійними відрізняються наявністю бічних відгалужень. Ці відгалуження перешкоджають зближенню макромолекул, їх щільній упаковці. Подібна форма макромолекул зумовлює знижену міжмолекулярну взаємодію і, отже, меншу міцність і підвищену плавкість і розчинність (поліізобутилен).

Просторові або сітчасті полімери утворюються при з'єднанні ("зшиванні") макромолекул між собою в поперечному напрямку міцними хімічними зв'язками безпосередньо або через хімічні елементи, або через радикали. В результаті такого з'єднання макромолекул утворюється сітчаста структура.

Полімерні матеріали сітчастої структури при повторному нагріванні не можна розм'якшити, розплавити і вдруге переробити. Прикладами сітчастої структури полімерів є епоксиди, фенопласти, амінопласти та ряд інших. Зношені або поламані вироби з таких матеріалів відновлюють і ремонтують методами склеювання або хімічного зварювання.

За фазовим станом полімери підрозділяють на аморфні і кристалічні.

Аморфні полімери однофазні і побудовані з ланцюгових молекул, зібраних в пачки. Пачка складається з багатьох рядів макромолекул, послідовно розташованих один за одним. Пачки здатні переміщатися щодо сусідніх елементів, оскільки вони є структурними елементами.

Кристалічні полімери утворюються в тому випадку, якщо їх макромолекули достатньо гнучкі і мають регулярну структуру. Тоді за відповідних умов можливий фазовий перехід усередині пачки і утворення просторових решіток кристалів.

За відношенням до нагрівання всі полімери підрозділяють на термопластичні і термореактивні.

Термопластичні полімери при нагріванні розм'якшуються, навіть плавляться, при охолодженні тверднуть. Цей процес оборотний, тобто ніяких подальших хімічних перетворень матеріал не зазнає. Структура макромолекул таких полімерів лінійна або розгалужена. Представниками термопластів є поліетилен, полістирол, поліаміди і ін.

Термореактивні полімери на першій стадії утворення мають лінійну структуру і при нагріванні розм'якшуються, потім унаслідок протікання хімічних реакцій тверднуть (утворюється просторова структура) і надалі залишаються твердими. Затверділий стан полімеру називається термостабільним. Прикладом термореактивних смол можуть служити фенолоформальдегідна, гліфталева і інші смоли.

Властивості полімерних матеріалів. Особливості будови полімерів мають великий вплив на їх фізико-механічні і хімічні властивості. Унаслідок високої молекулярної маси вони не здатні переходити в газоподібний стан, утворювати при нагріванні нев'язкі

рідини, а деякі, із термостабільною просторовою структурою, навіть розм'якшуватися. З підвищенням молекулярної маси зменшується розчинність. При молекулярній масі $(300...400) \cdot 10^3$ і низькій полярності полімери можуть розчинятись, процес протікає повільно, через стадію набухання з утворенням дуже в'язких розчинів. Якщо молекулярна маса дуже велика або присутні високополярні групи, то полімер стає нерозчинним ні в одному з органічних розчинників.

Полідисперсність, властива полімерам, приводить до значного розкиду показників при визначенні фізико-механічних властивостей полімерних матеріалів. Механічні властивості полімерів (пружні, міцнісні) залежать від їх структури, фізичного стану, температури і так далі.

Полімери можуть знаходитися в *трьох фізичних станах*: у склоподібному, високоеластичному і в'язкому.

Склоподібний стан — твердий, аморфний (атоми, що входять до складу молекулярного ланцюга, здійснюють коливальний рух біля положення рівноваги; руху ланок і переміщення макромолекул не відбувається).

Високоеластичний стан властивий тільки високополімерам, характеризується здібністю матеріалу до великих оборотних змін форми при невеликих навантаженнях (коливаються ланки, і макромолекула набуває здатності згинатися).

В'язкий стан нагадує рідкий стан, але відрізняється від нього дуже великою в'язкістю (рухлива вся макромолекула).

Із зміною температури лінійні або розгалужені полімери можуть переходити з одного фізичного стану в інший.

5.2. Пластичні маси. Пластмаси

Основну групу нових і дуже перспективних полімерних синтетичних матеріалів становлять пластики, а серед них пластичні маси.

Пластичними масами, пластмасами або пластиками називаються штучно створені матеріали, одержані на основі природних і синтетичних високомолекулярних сполук (полімерів), здатних внаслідок своєї пластичності приймати ту чи іншу форму під дією теплоти і тиску і стійко зберігати її. Крім полімерів, до складу пластмас можуть входити також наповнювачі і інші компоненти, які надають їм необхідних властивостей.

Пластмаси відносно новий вид матеріалів, оскільки вони виготовляються, як правило, на основі синтетичних полімерів, виробництво яких почалося лише в 20 столітті. Швидке впровадження в практику відносно дорогих і в ряді випадків дефіцитних матеріалів пояснюється наявністю у пластичних мас цілого комплексу цінних властивостей: малої густини при значній міцності, стійкості до різних агресивних середовищ, низької теплопровідності, хорошої декоративності. Важливими позитивними властивостями пластмас є простота їх технологічної

переробки, можливість надання їм різноманітної форми литтям, пресуванням, екструзією (видавлюванням) і висока заводська готовність виробів. Причому процес їх виготовлення піддається повній механізації і автоматизації. Пластмаси добре зварюються і склеюються як між собою, так і з іншими будівельними матеріалами (деревиною, металом і ін.).

Кожна тонна пластмас, що впроваджується в промисловість, вивільняє: 1,8 т свинцю; 2,2 т алюмінію; сталі 4,2 т; 6,3 т важких кольорових металів (без свинцю); 6,9 т чавуну або 4,1 т пиломатеріалів. Співвідношення капітальних вкладень у виробництво різних матеріалів також складається на користь пластмас: порівняно з полімерними матеріалами (якщо їх взяти за 100%) виробництво легованих сталей вимагає 600% капіталовкладень, алюмінію - 260% і свинцю - 210%. Коли той самий виріб у машинобудуванні виготовляти із пластмас замість сталі, кількість технологічних операцій зменшується в 5...6, а вага в 3...5 разів. З однакової кількості матеріалу виготовляють значно більше пластмасових виробів, ніж металевих. Наприклад з 1 т поліетилену можна виготовити 3...4 тис. м дюймових труб, які витримують тиск 6...10 МПа, а з 1 т сталі - лише 400...600 м. Поліетиленові і полівінілхлоридні труби більш тривкі і служать довше, ніж труби з нержавіючої сталі.

Специфічні властивості пластмас дали змогу застосувати найпрогресивніші способи масового й серійного виготовлення продукції, в тому числі напилення пластмас, їх зварювання, контактне формування та склеювання, які повністю можна освоїти в умовах навіть невеликих майстерень.

Разом з тим пластмаси мають і недоліки. Більшість пластмас горючі і мають малу теплотривкість (граничні робочі температури для багатьох з них 150...150°C, а деякі починають втрачати твердість уже при 60...80°C). Маючи високу початкову міцність, пластмаси під дією тривалих навантажень навіть при нормальній температурі проявляють великі пластичні деформації (повзучість). Тривалий вплив сонячних променів, підвищеної температури в поєднанні з киснем повітря може викликати "старіння" пластмас, тобто зміни їх експлуатаційних властивостей (міцності, кольору тощо).

Склад пластмас. Основним і обов'язковим компонентом пластмас є полімер, але тільки лиш деякі пластмаси цілком складаються із полімеру (наприклад, органічне скло, яке складається із поліметилметакрилата). До складу більшості пластмас входять і інші компоненти: наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, барвники і ін.

Наповнювачі (зміцнювальні компоненти) -органічні й неорганічні речовини, що додаються для підвищення міцності, жорсткості, теплотривкості, зменшення усадки, а також зниження вартості пластмаси. Номенклатура наповнювачів для пластмас різноманітна. Це порошкові речовини (мука з деревини, слюда, тальк, сажа тощо), волокнисті (скляні, бавовняні, азбестові, штучні та синтетичні волокна) і листові матеріали (скляні, бавовняні, штучні і синтетичні тканини, папір, деревний шпон, металева

фольга тощо). До числа наповнювачів можна віднести і повітряні пори в газонаповнених пластмасах (полімери наповнюються газом або повітрям, коли спінюються від введення спеціальних порошків, що виділяють гази, або легко киплячих рідин). У більшості пластмас суттєва частина об'єму приходить на долю наповнювачів, а деякі пластмаси на 80...90% (за об'ємом) складаються із наповнювачів (наприклад, дерев'яностружкові плити, полімербетони, пінопласти).

Наповнювачі, зменшуючи вміст полімеру, мають форму ланцюгів, кілець або просторових фігур. Елементарний склад полімеру відрізняється від складу вихідних мономерів. Процес супроводжується виділенням низькомолекулярних побічних продуктів, наповнювачі значно знижують вартість, усадку і здатність до деформації пластмас. Наповнювачі, особливо мінеральні, збільшують теплотривкість і атмосферотривкість пластмас і знижують вогнебезпечність. Листові і волокнисті наповнювачі різко підвищують міцність пластмас на розтяг і стиск. Деякі наповнювачі надають пластмасам спеціальних властивостей. Так, повітряні пори, займаючи більше 90% об'єму газонаповнених пластмас, роблять їх ідеальними теплоізоляторами, а сажа або графіт, що вводяться в пластмасу, надають їй властивості електропровідності.

Пластифікатори - речовини, які в суміші з полімерами надають їм більшої пластичності при нормальній температурі і полегшують переробку пластмас, знижуючи температуру переходу полімеру у в'язкотекучий стан. Знижується також твердість, жорсткість пластмас. Така дія пластифікаторів на пластмаси обумовлена тим, що вони зменшують силу взаємодії між макромолекулами полімеру. Як пластифікатори використовуються камфора, гліцерин, дибутилфталат, синтетичний каучук та ін. Кількість пластифікаторів в пластмасі може досягати 30...50% від маси полімеру. Прикладом пластмаси, що містить пластифікатор, може служити полівінілхлоридний лінолеум - м'який і еластичний матеріал для покриття підлоги. В той же час із полівінілхлориду без пластифікатора виготовляють міцні і жорсткі труби, які витримують значний тиск води.

Стабілізатори - звичайно невеликі добавки, які вводять, щоб запобігти або уповільнити процеси старіння (деструкції) пластмас від впливу кисню повітря, світла, температури. Як стабілізатори застосовують солі деяких металів, феноли, аміни, сажу та ін. Наприклад, добавка в поліетилен близько 0,3% газової сажі оберігає його властивості від впливу світла і сонячної радіації.

Затверджувачі сприяють переходу пластмас у неплавкий і нерозчинний стан, прискорюють процес твердіння пластмас. Вибір затверджувача і його кількості (звичайно до 10%) залежить від основи пластмаси. Добре зарекомендували себе поліетиленполіамін, уротропін, фталевий ангідрид, сірчана й соляна кислоти.

Мастильні речовини й пом'якшувачі (трансформаторне, веретенне, машинне масло, а іноді стеарин, віск, мазут, мило) усувають прилипання

матеріалу до прес-форми та збільшують його текучість, зменшуючи тертя між частинками композиції, пом'якшують пластмасу, поліпшують морозотривкість і оброблюваність матеріалу, тривкість проти корозії тощо.

Каталізатори (уротропін, оксиди металів) прискорюють твердіння пластмаси.

Барвники вводять, щоб надати пластмасам приємного декоративного вигляду. Як барвники застосовують різні органічні та неорганічні пігменти й лаки, газову сажу, окис цинку, двоокис титану, кадмій, окис хрому, анілінові барвники тощо.

Спеціальні добавки вводять до складу пластмас, щоб надати їм специфічних властивостей. Наприклад, щоб зробити пластмасу вогнестійкою, до неї добавляють хлорованого парафіну, фосфорнокислого амонію, триокису сурми 10...20%. Для підвищення стійкості проти плісняви і деяких комах до пластмаси добавляють отруйні речовини.

Класифікація пластмас. Існує декілька тисяч різних типів і марок пластмас, які відрізняються полімерами, що входять до їх складу, наповнювачами, пластифікаторами і іншими добавками, їх процентним співвідношенням, фізико-механічними і фізичними властивостями.

Загальноприйнятої єдиної класифікації не існує, більше того, один і той же пластик може мати різні фірмові назви, які не дають ніяких уявлень про властивості матеріалу.

В залежності від наявності і кількості наповнювача пластмаси можна поділяти *на прості і складні (композитні)*.

В свою чергу, композитні пластмаси поділяють *за видом наповнювача*: з порошкоподібним наповнювачем (прес-порошки), з волокнистим наповнювачем (волокніти), з тканинним і листовим наповнювачем (шаруваті пластики), газонаповнені тощо. Розрізняють композиційні пластмаси і *за хімічною природою наповнювача*: склопластики, вуглепластики, пластики з деревним наповнювачем, з бавовняно-паперовим наповнювачем, з мінеральним наповнювачем (кварцова мука), заповнені синтетичними волокнами (поліпропіленовим, капроновим тощо).

Існує поділ пластмас *за типом зв'язувального полімеру*. Так, пластики на основі фенольних і фенолальдегідних смол носять назву фенопластів, на основі епоксидних смол - епоксидпласти, поліамідних смол - амінопласти тощо.

Часто пластмаси поділяють *за призначенням*: конструкційні, електрохімічні, хімічнотривкі тощо.

З точки зору технологічних властивостей полімерних матеріалів (спільність методів переробки в виробі, механічна обробка, способи одержання нерознімних з'єднань - зварювання або склеювання) найбільш зручною є класифікація за відношенням матеріалу до нагрівання і за видом наповнювача.

За хімічним складом макромолекул розрізняють карбоцепні і гетероцепні пластмаси, а за будовою макромолекул - лінійні, розгалужені, зшиті, циклічні.

Залежно від стану при нагріванні пластмаси поділяють на термопластичні і термореактивні.

Основою термопластичних пластмас є смоли лінійної або розгалуженої структури. Здебільшого такі пластмаси становлять чистий полімер, іноді з деякими добавками. Під час нагрівання вони розм'якшуються, переходять у в'язкотекучий стан, а при охолодженні тверднуть. Більшість з них має обмежену робочу температуру ($60...90^{\circ}\text{C}$).

Термореактивні пластмаси (реактопласти) виготовляють на основі термореактивних смол. Ці смоли, нагріваючись, спочатку розм'якшуються, а потім при певній температурі переходять у твердий, неплавкий і нерозчинний стан, тому повторно переробляти їх неможливо. Теплотривкість їх становить $150...200^{\circ}\text{C}$, а деяких - $260...370^{\circ}\text{C}$.

Термореактивні пластмаси виготовляють, в основному, з наповнювачами, тому основою для них звичайно є смоли з високими адгезійними властивостями і достатньою теплотривкістю. До них належать феноло-формальдегідні, силіцієорганічні, епоксидні та інші смоли.

Найбільш поширені феноло-формальдегідні смоли. Залежно від хімічного складу вони можуть бути термопластичними або термореактивними.

Термопластичні (новолачні) смоли добувають поліконденсацією формальдегіду HCHO з надлишком фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ за наявності мінеральних кислот. Смоли мають лінійну будову. При нагріванні до $100...120^{\circ}\text{C}$ вони плавляться, а при охолодженні - тверднуть. Вони розчиняються в спирті, ацетоні та інших органічних розчинниках.

Термореактивні (резольні) смоли добувають поліконденсацією фенолу з надлишком формальдегіду за наявності лугів. При нагріванні термореактивні смоли проходять три характерні стадії: 1) стадію *A* (резол), в якій смола, нагріваючись, переходить у рідкий стан, маючи розчинність в органічних розчинниках (ацетоні, спирті та ін.); 2) *B* (резитол), коли смола при нагріванні стає еластичною, маючи часткову розчинність у розчинниках; 3) *C* (резит), при якій смола переходить у твердий стан і стає неплавою, ненабухаючою та нерозчинною. Зміна властивостей смоли пов'язана з переходом лінійної структури макромолекул у сітчасту.

Резит має достатню механічну міцність, електроізоляційні властивості, хімічну тривкість, теплотривкість та ін. Резити тривкі до водних і слабо-кислих середовищ, бензину, масел, органічних розчинників. При температурі близько 300°C відбувається термічна деструкція резиту з виділенням води і фенолу. При більш високих температурах утворюється кокс.

Для виготовлення виробів з пластмас на основі новолачних смол такі смоли переводять у резольні (термореактивні), добавляючи в склад порошоків, що пресуються, формальдегід у кількості, якої не вистачає (наприклад, $10...15\%$ уротропіну), а потім нагріваючи. Внаслідок цього дістають резит.

Як конструкційний матеріал пластмаси звичайно класифікують за видом наповнювачів. За цією ознакою їх поділяють на пластмаси без наповнювачів, з наповнювачами (порошковими, волокнистими, шаруватими) і газонаповнені.

Пластмаси без наповнювачів - це здебільшого термопластичні полімери. Іноді до складу цих пластмас вводять невеликі кількості наповнювачів, щоб надати їм спеціальних фізичних або механічних властивостей.

Поліетилен ($-CH_2-CH_2-$) дістають полімеризацією етилену C_2H_4 . Це твердий, ледь прозорий, жирний на дотик матеріал густиною $0,92...0,96 \text{ г/см}^3$. Розрізняють поліетилен високого тиску з масовою часткою $55...65\%$ кристалічної фази і низького тиску з кристалічністю $75...95\%$. Зі збільшенням кристалічності підвищується міцність, теплотривкість ($60...100^\circ C$), морозотривкість до мінус $60^\circ C$. Поліетилен тривкий в лугах, розчинах солей та сильних кислотах малої концентрації.

З поліетилену виготовляють деталі арматури і сантехніки, труби діаметром до 150 мм, стержні, листи, плівку, посудини (пляшки, балони), використовують його також як електроізоляційний матеріал.

Поліпропілен - продукт полімеризації пропілену $CH_3-CH=CH_2$. Він має більш високі міцність і теплотривкість (до $140^\circ C$), ніж поліетилен, проте його морозотривкість нижча ($-5...-15^\circ C$). Поліпропілен є добрим діелектриком. Це водотривкий і хімічно тривкий матеріал. З нього виготовляють плівки, листи, труби для гарячої води, ємкості для зберігання агресивних рідин, волокна тощо.

Полівінілхлорид (ПВХ) - полімер хлористого вінілу CH_2-CHCl . Непластифікований ПВХ називають вініпластом. Це відносно твердий ($HV 10...16$) матеріал білого або жовтуватого кольору. З нього виготовляють труби і листовий матеріал, литі вироби. Пластифікований ПВХ застосовують для виготовлення плівки, штучної шкіри, прокладок, ізоляції проводів і кабелю, липкої ізоляційної стрічки тощо.

Поліформальдегід - це білий непрозорий матеріал. Добувають його з альдегіду мурашиної кислоти - формальдегіду $HCHO$. Кристалічність до 75% надає йому механічної міцності, жорсткості, високої ударної в'язкості та зносостійкості. Його робоча температура становить $-60...+120^\circ C$. Поліформальдегід тривкий до дії багатьох хімічних речовин, має високі діелектричні властивості. З нього виготовляють водопровідну арматуру, деталі з різьбою, малі шестерні, листи, труби та ін.

Поліаміди - це група пластмас, у складі молекул яких є амідна ($-NH-CO-$) і метиленова ($-CH_2-$) групи. До поліамідних смол належать капрон, нейлон, енант та ін.

Властивості різних поліамідів досить близькі. При нагріванні вони мають добру рідкотекучість, а при кімнатній температурі - достатню міцність та зносотривкість, малий коефіцієнт тертя ($< 0,05$), здатні поглинати вібрацію. Вони тривкі до бензину, лугів. Недоліками поліамідів

є гігроскопічність і окислюваність їх під час переробки, що спричинює їхнє старіння.

З поліамідів виготовляють волокна, корди, а також втулки, підшипники, шестерні тощо.

Фторопласти - похідні етилену, де атоми водню заміщені атомами фтору.

Фторопласт-3 ($-CF_2 - CFCl-$)_n - напівпрозорий рогоподібний матеріал. Він набухає в рідкому хлорі, бромі та "царській водці", розчиняється при нагріванні в бензолі й толуолі. Проте його тривкість вища за тривкість інших полімерів. Температура плавлення фторопласту-3 становить 210°C. При нагріванні вище 70°C підвищується його крихкість. Із фторопласту-3 виготовляють деталі насосів, арматуру, клапани, мембрани, діафрагми, а також електроізоляційні деталі.

Фторопласт-4 ($-CF_2 - CF_2-$)_n - пухкий порошок, при холодному пресуванні перетворюється в таблетки, з яких одержують різні вироби. Фторопласт-4 тривкий до концентрованих кислот і лугів. За хімічною тривкістю в ряді середовищ не поступається перед золотом і платиною. Під час нагрівання він не плавиться, а тільки пом'якшується, може працювати в інтервалі температур -190...+250°C, не горить, негігроскопічний, має низький коефіцієнт тертя і малу твердість, добрі діелектричні властивості.

З фторопласту-4 виготовляють труби хімічної апаратури, крани, мембрани, фільтри, плівки, прокладки, волокна.

На основі фторопластів виготовляють антифрикційні композиції з графітом, дисульфідом молібдену, порошком олов'янофосфористої бронзи. Фторопласти застосовують також для виготовлення деталей антифрикційного призначення (підшипники, поршневі кільця, сепаратори підшипників, сальникові кільця ущільнень та інші деталі тертя).

Поліакрилати добувають на основі похідних акрилової і метакрилової кислот. Залежно від вихідних мономерів поліакрилати мають різні властивості. Більшість з них мають малу термотривкість, а при низьких температурах стають крихкими. Для підвищення стійкості при низьких температурах у смоли вводять пластифікатори.

З твердих поліакрилатів найбільше значення має поліметилметакрилат - органічне скло. Воно легше і прозоріше за силікатне, масло-, бензо- і водотривке, тривке до розведених лугів, кислот, солей, проте розчиняється у вуглеводнях, набухає в спиртах, має недостатню термотривкість (до 80°C) та твердість (НВ 6...10), внаслідок чого легко пошкоджується від механічної дії.

Органічне скло використовують для скління транспортних засобів, освітлення, в годинниковій промисловості, світлотехніці. З нього виготовляють предмети побуту.

Полістирол [$-CH_2 - CH(C_6H_5)-$]_n - пластик з високими діелектричними властивостями, тривкий до дії мінеральних кислот, лугів, спиртів. До його недоліків належать горючість, невисока теплотривкість (до 90°C),

порівняно велика крихкість і схильність до старіння. З полістиролу виготовляють деталі засобів зв'язку, радіоапаратури, плівку, труби, побутові вироби.

Пластмаси з порошковими наповнювачами в основному термореактивні. Як наповнювачі в них застосовують органічні (деревні) та мінеральні (молотий кварц, азбест, слюда, графіт тощо) порошки. Більшість таких пластмас виготовляють на основі новолачної або резольної феноло-формальдегідної смоли з різними добавками, їх ще називають фенопластами. Пластмаси з порошковими наповнювачами поділяють на електроізоляційні, вологохімостійкі, удароміцні, жаростійкі, загального призначення. Поставляють їх у вигляді прес-порошків і переробляють у вироби гарячим пресуванням.

Пластмаси з порошковими наповнювачами одержують також на основі силіцієорганічної, епоксидної та інших смол.

Пластмаси з волокнистими наповнювачами. Наповнювачами в цих пластмасах є азбестові, бавовняні і скляні волокна. Сполучниками є термореактивні смоли. Цей вид пластмас використовують для виготовлення деталей машин та інших виробів пресуванням.

Волокніт - пластмаса на основі феноло-формальдегідної смоли з наповнювачем із бавовняної целюлози. Застосовують його для виготовлення шківів, роликів конвеєрів, різбових пробок, шестерень тощо.

Скловолокніт - пластик на основі феноло-формальдегідної, силіцієорганічної, епоксидної та інших термореактивних смол з наповнювачем - скловолокном. Скловолокніт обробляють гарячим пресуванням. Границя міцності скловолокніту становить 250...270 МПа. Використовують його для виготовлення виробів, які повинні бути міцними, водостійкими, а також мати високі вогнетривкі, електроізоляційні і фрикційні властивості.

Скловолокнистий анізотропний матеріал (СВАМ) дістають з орієнтованих довгих скляних волокон, зв'язуючи їх рідкими смолами. Із отриманого скляного шпона склеюванням під пресом виготовляють склофанеру - матеріал з однаковими властивостями як у поздовжньому, так і у поперечному напрямі. Його міцність досягає міцності вуглецевої сталі й становить 480...560 МПа. СВАМ застосовують для виготовлення хімічно стійких труб та резервуарів, деталей катерів, човнів, електроапаратури.

Азбоволокніт складається з азбестового волокна і деяких добавок, зв'язаних термореактивною смолою. Він водо- і теплотривкий, має добрі електроізоляційні властивості. Тривала робоча температура азбоволокніту становить 200...300°C, а тимчасове перегрівання допускається до 600°C. Азбоволокніт з волокнистим азбестом і тальком луготривкий і дугогасний. З нього виготовляють електроізоляційні деталі, а також деталі, які мають протистояти дії електричної дуги.

Пластмаси із шаруватими наповнювачами виготовляють гарячим пресуванням попередньо просочених смолами та укладених шарами

полотен тканини, паперу або деревного шпона, внаслідок чого дістають листи і товсті плити. Вироби з них виготовляють обробкою різанням або тиском.

Текстоліт (від лат. *textum* – тканина і *...літ*) . Наповнювачем в ньому є бавовняна тканина - бязь, міткаль, штапельне волокно, батист, шифон. Основою може бути феноло- та крезолоформальдегідна смола. Випускають текстоліт у вигляді листів, плит, стержнів діаметром до 60 мм, труб. Він буває кількох видів: антифрикційний і електротехнічний. Теплотривкість текстоліту 60... 150°C. З нього виготовляють шестерні, вкладиші підшипників, поршневі кільця, електроізоляційні деталі, прокладки тощо. Міцність текстоліту становить близько 650 МПа.

Склотекстоліт. Наповнювачем у цьому пластику є склотканина з різним переплетенням, сполучниками - фенолоформальдегідна, силіцієорганічна, епоксидна, поліефірна та інші смоли. Склотекстоліт випускають у вигляді листів і плит завтовшки до 30 мм. Він міцніший за текстоліт, тривкий до ударних навантажень, менш гігроскопічний, більш тривкий хімічно і теплотривкий до 200°C. Його використовують як конструкційний і електроізоляційний матеріал.

Азбестотекстоліт - пластик на основі феноло-формальдегідної смоли і наповнювача - азбестової тканини або азбокартону. Азбестотекстоліт випускають у вигляді листів і плит завтовшки до 60 мм. З нього виготовляють деталі гальмівних пристроїв, фрикційні диски, деталі механізмів зчеплення, прокладки з робочою температурою до 250°C.

Гетинакс - це аркуші спеціального паперу, просочені резольними смолами і спресовані при температурі 150... 160°C та тиску 10...15 МПа. Гетинакс може працювати при температурі -60...+70°C. Його випускають у вигляді листів, плит, стержнів і трубок. Використовують гетинакс, в основному, як електроізоляційний матеріал.

Деревношаруваті пластики (ДСП) виготовляють з тонких листів луценої деревини (шпону), просочених і склеєних між собою резольними фенолоформальдегідними смолами при температурі 150°C і тиску 5 МПа. Випускають ДСП у вигляді листів і плит завтовшки 1... 60 мм.

Розрізняють пластики: *ДСП-А* - з поздовжнім спрямуванням волокон у листах шпону; *ДСП-Б* - 5...10 шарів шпону з поздовжнім спрямуванням волокон і 1 шар - з поперечним; *ДСП-В* - з перехресним спрямуванням волокон; *ДСП-Г* - із зіркоподібним спрямуванням волокон (напрямок кожного наступного листа повернуто на 45°).

ДСП використовують для виготовлення деталей машин (підшипники, втулки, шестерні), електротехнічних деталей.

Газонаповнені полімерні матеріали - це пластмаси з об'ємною масою 0,03... 0,30 г/см³ їхня мала густина пояснюється великою кількістю пор, заповнених газом (повітрям, азотом, вуглекислим газом). Ці матеріали поділяють на дві групи: *пінопласти* - матеріали з ізольованими порами і *поропласти (губки)* - матеріали із сполученими порами.

Як вихідні речовини для виготовлення легковагих пластмас використовують полівінілхлорид, полістирол, ефіри целюлози, амінопласти, полі-метилметакрилат тощо. У склад композиції, яка містить один з цих термопластичних полімерів, як газоутворювачі вводять вуглекислий амоній, бікарбонат натрію (соду) тощо. З них під час нагрівання і виділяються гази (наприклад, з вуглекислого амонію - вуглекислий газ).

Поро- і пінопласти використовують для звукоізоляції, плавучих засобів, м'яких меблів, як теплоізоляційний матеріал тощо.

До комбінованих газонаповнених пластмас належать сотопласти. Виготовляють їх із стрічок різних тканин, просочених сполучником (формальдегідами, поліамідами та ін.). Після надання форми гофра стрічки склеюють так, що утворюються пустоти у вигляді бджолиних стільників.

Сотопласти використовують як заповнювачі в тришарових панелях, які складаються з сотопласта і приклеєних до нього з двох сторін листів обшивки. Така конструкція забезпечує високу жорсткість і запобігає втраті її стійкості. Панелі бувають також багат шаровими. Використовують їх як ефективний тепло- і звукоізоляційний матеріал.

Залежно від фізичного стану основи, температури, а також агрегатного складу пластмаси переробляють у вироби у в'язкотекучому, високоеластичному, рідкому та твердому станах, а також зварюють і склеюють їх.

5.3. Композитні матеріали

Композитними називають штучні матеріали, які виготовляють поєднанням хімічно різнорідних компонентів. Одним із компонентів композиту, основою є матриця (для полімерів — зв'язка), іншим — наповнювачі. Свою історію композиційні матеріали починають із армованих склопластиків. Їх фізична природа і схеми армування переносяться на композиційні полімерні матеріали.

У якості матриці використовують полімерні, вуглецеві, керамічні і металеві матеріали. Для зміцнення композитів застосовують наповнювачі у вигляді волокон: скляних, вуглецевих, борових, органічних, на основі ниткоподібних кристалів (оксидів, карбідів, бори́ду, нітриду і ін.), а також металеві (дроту), які мають високу міцність і жорсткість. Вуглецеві волокна на повітрі можуть працювати до температури 450°C , в нейтральній і відновній середі вони зберігають міцність до 2200°C . Борні і керамічні волокна мають високу твердість і майже не втрачають міцності при підвищенні температури. Органічні волокна можуть працювати при температурі до $200 - 300^{\circ}\text{C}$.

Властивості композитних матеріалів залежать від складу компонентів, їх поєднання, кількісного співвідношення і міцності зв'язку між ними. Армуючі, зміцнювальні наповнювачі можуть бути у вигляді волокон, джгутів, ниток, стрічок, багат шарових тканин.

Вміст наповнювачів в орієнтованих матеріалах складає 60—80%, у неорієнтованих (з дискретними волокнами і ниткоподібними кристалами) — 20—30%. Чим більша міцність і модуль пружності волокон, тим більша міцність і жорсткість композитного матеріалу. Властивості матриці визначають міцність композиції при зсуві і стискуванні і опір втомному руйнуванню.

Підвищення адгезії матриці до волокон досягається поверхневою обробкою останніх. З цією метою застосовують введення ниткоподібних кристалів в простір між волокнами шляхом осадження ниткоподібних кристалів на поверхню волокон («волохаті» волокна з вирощеними на них перпендикулярно довжині монокристалами — «вусами»). Цим досягається підвищення міцності матеріалу при зсуві в 1,5 — 2 рази, модуля пружності при зсуві і міцності при стискуванні на 40 — 50%.

Класифікація. По характеру матриці композитні матеріали підрозділяють на *полімерні, вуглецеві і металеві*. По виду матеріалу зміцнювальних наповнювачів їх можна класифікувати на *карбоволокніти* (вуглецеві волокна); *бороволокніти* (борні волокна); *органоволокніти* (синтетичні волокна); *метали*, армовані волокнами.

Перевагою композиційних матеріалів є висока міцність і жаростійкість (для карбоволокнітів $\sigma_s = 65...170$ МПа, $E=120...180$ ГПа; для бороволокнітів $\sigma_s = 90...175$ МПа, $E = 214...270$ ГПа), хороший опір крихкому руйнуванню, жароміцність і термічна стабільність. Щільність композиційних матеріалів складає від 1,35 до 4,8 г/см³.

Композиційні матеріали є перспективними конструкційними матеріалами для різних галузей машинобудування.

Карбоволокніти (вуглепласти) є композиціями, що складаються з полімерної зв'язки (матриці) і наповнювачів у вигляді вуглецевих волокон (карбоволокон).

Вуглецеві волокна отримують термообробкою органічних волокон. Залежно від температури термообробки і вмісту вуглецю волокна підрозділяють на *частково карбонізовані* (900°C, 85-90%), *карбонізовані* (900-1500°C, 95-99%) і *графітовані* (1500 — 3000°C, >99%). Два останні типи мають найбільше практичне застосування.

Залежно від форми початкової сировини вуглецеві волокна можуть бути у вигляді ниток, джгутів, тканин. Волокна можна переробляти на звичайному текстильному устаткуванні.

Практичне застосування знайшли *віскозні кордові волокна (ВК)* і *поліакрилонітрильні (ПАН-ВОЛ вікна)*.

Властивості волокон залежать від термообробки, із збільшенням температури відбувається утворення гексагональних вуглецевих шарів, їх зростання і впорядкування. Структура волокон фібрилярна. Кожна волокнина складається із стрічкоподібних мікрофібрил, розділених вузькими і довгими поздовжніми порами.

В результаті витягування досягається орієнтація кристалітів, що дозволяє отримувати високоміцні і високомодульні вуглецеві волокна.

Звичайні вуглецеві волокна мають $\sigma_s=500...1000$ МПа і $E=200...700$ ГПа; для високоміцних і високомодульних волокон $\sigma_s>1500$ МПа і $E>150$ ГПа. По питомій міцності і жорсткості останні перевершують всі жаростійкі волокнисті матеріали.

Висока енергія зв'язку $C-C$ вуглецевих волокон дозволяє їм зберігати міцність при дуже високих температурах (у нейтральному і відновному середовищі до 2200°C), а також при низьких температурах. Від окислення поверхні волокна захищають покриттями. Зв'язками служать синтетичні полімери (полімерні карбоволокніти, коксовані карбоволокніти); піролітичний вуглець (піровуглецеві карбоволокніти).

У якості полімерних зв'язок застосовують епоксидні, фенолоформальдегідні смоли, поліаміди і ін.

Епоксифенольні карбоволокніти *КМУ-1Л*, зміцнений вуглецевою стрічкою, і *КМУ-1У* на джгуті, з ниткоподібними кристалами, можуть тривало працювати при температурі до 200°C .

Карбоволокніти *КМУ-3* і *КМУ-3Л* можна експлуатувати при температурі до 100°C , вони найбільш технологічні. Карбоволокніти *КМУ-2* і *КМУ-2Л* на можна застосовувати при температурі до 300°C .

Карбоволокніти відрізняються високою статичною і динамічною витривалістю, зберігають цю властивість при нормальній і дуже низькій температурі. Вони водо- і хімічно стійкі. Теплопровідність вуглепластиків в 1,5...2 рази вища, ніж у склопластиків.

Карбоскловолокніти наряду із вуглецевими вміщують скляні волокна, що значно здешевлює матеріал.

Карбоволокніти з вуглецевою матрицею застосовують для теплового захисту дисків авіаційних гальм, хімічно стійкої апаратури, замінників різних типів графіту.

Бороволокніти є композиціями, що складаються з полімерної зв'язки (матриці) і наповнювачів у вигляді — борних волокон.

Бороволокніти відрізняються високою міцністю при стискуванні, зсуві і зрізі, низькою повзучістю, високою твердістю і модулем пружності, тепло- і електропровідністю.

Борне волокно отримують осадженням бору з газової фази на поверхню розігрітого вольфрамового дроту. Унаслідок дифузії і взаємодії між бором і вольфрамом останній перетворюється на борид вольфраму. Таким чином, зовнішня оболонка волокна складається з металевого бору, сердечник — з кристалічного бориду змінного складу. Борні волокна мають $\varnothing = 90...150$ мкм, випускаються під марками *БН* і *"Борофіл"* (США).

У якості матриці для отримання бороволокнітів використовують модифіковані епоксидні зв'язки. Бороволокніти *КМБ-1* і *КМБ-1к* призначені для тривалої роботи при температурі 200°C ; *КМБ-3* і *КМБ-3к*

не вимагають високого тиску при переробці і можуть працювати при температурі до 100°C ; КМБ-2К працездатний при 300°C .

Бороволокніти мають високу втомну міцність (до $350\ldots 400\text{ МПа}$), їх властивості можна змінювати за рахунок різного укладання армуючих зв'язок. Бороволокніти стійкі до дії води, органічних розчинників і паливно-мастильних матеріалів.

Органоволокніти є композиціями, що складаються з полімерної зв'язки (матриці) і наповнювачів у вигляді синтетичних волокон. Вони стійкі в агресивному і у вологому середовищі; діелектричні властивості високі, а теплопровідність низька.

Органоволокніти застосовують у якості ізоляційного і конструкційного матеріалу в електро- радіопромисловості, авіаційній техніці, автобудуванні; з них виготовляють труби, ємкості.

5.4. Гумові матеріали

Загальні відомості. Гумою називають високомолекулярні матеріали, які отримують при вулканізації суміші натурального (НК) або синтетичного (СК) каучуку з сіркою і різними добавками.

При вулканізації змінюється молекулярна структура полімеру, утворюється просторова сітка. Це призводить до зміни його фізико-механічних властивостей: різко зростає міцність при розтягуванні і еластичність каучуку, а пластичність майже повністю зникає (наприклад, натуральний каучук має $\sigma_{\epsilon}=1.0\ldots 1,5\text{ МПа}$, після вулканізації $\sigma_{\epsilon}=35\text{ МПа}$); збільшується твердість, опір зносу. При збільшенні вмісту сірки від $1\ldots 5\%$ до 30% утворюється твердий матеріал, який називають ебонітом.

Для покращення фізико-механічних властивостей в гуму вводять наступні інгредієнти:

1. *Вулканізуючі речовини* (агенти): сірка і селен. Для гуми електротехнічного призначення замість елементарної сірки (яка взаємодіє з міддю) вводять органічне сірчисте з'єднання – тіурам.
2. *Антиоксиданти*, які уповільнюють старіння гуми. Хімічної дії (альдолей, неозон) і фізичної дії (парафін, віск).
3. *Пластифікатори*, які полегшують переробку гумової суміші, збільшуючи еластичність каучуку і підвищують морозостійкість гуми. В цій якості вводять парафін, вазелін, стеаринову кислоту, бітуми, рослинні олії. Їх кількість складає $8\ldots 30\%$ маси каучуку.
4. *Наповнювачі*, які по дії на каучук підрозділяють на активні і неактивні. Активні (вуглецева сажа, біла сажа, оксид цинку і т.д.), покращують такі механічні властивості гум як міцність, опір стиранню, твердість. Неактивні (інертні) наповнювачі (крейда, тальк, барит) вводяться для зменшення вартості гуми.

5. *Фарбники* мінеральні або органічні вводять для фарбування гум. Деякі фарбники (білі, жовті, зелені) поглинають короткохвильову частину сонячного світла, чим захищають гуму від світлового старіння.

Гума відрізняється від інших матеріалів високими еластичними властивостями, які властиві каучуку - головному початковому матеріалу гуми. Вона піддається дуже великим деформаціям (відносне подовження досягає 1000%). Модуль пружності знаходиться в межах 1...10 МПа, тобто він у тисячу і десятки тисяч раз менше, ніж для інших матеріалів. Іншою особливістю гуми, як технічного матеріалу є релаксаційний характер деформації. При нормальній температурі час релаксації може складати 10^{-4} с і більше. При роботі гуми в умовах багатократних механічних напружень частина енергії, яка сприймається виробом, втрачається на внутрішнє тертя (в самому каучуку і між молекулами каучуку і частинками добавок), це тертя перетворюється у теплоту і є причиною наростання температури в масі гуми (при експлуатації товстостінних деталей, наприклад, шин) і погіршує її роботоздатність.

Крім відмічених особливостей для гумових матеріалів характерна висока стійкість до стирання, газо- і водонепроникність, хімічна стійкість, електроізолюючі властивості і невелика щільність.

Класифікація. Гума, що використовується в машинобудуванні, в залежності від властивостей поділяється на 10 класів:

1-й клас, група А – м'які і середньої твердості гуми 922, 1432, 1448, 2005, які працюють при незначному стиску як ущільнювачі у воді, повітрі і спиртогліцеринових сумішах при температурі -30... +80°C; *група Б* – гума середньої твердості 3822, яка використовується для виготовлення профільних прокладок - ізоляторів води і повітря, працює в інтервалі температур -45... +80°C;

2-й клас – гуми кольорові середньої твердості 1Ж, 6Ж і 3853 для заpresовування кінців проводів;

3-й клас, група А – гуми середньої твердості 2961 і 3109, що працюють при незначному тиску в бензині і маслах; *група Б* - тверді гуми 551, 2542, 3465, 4061, що застосовуються для виготовлення прокладок і ущільнюючих деталей, працюючих при значному терті на повітрі, в бензині, гасі і маслі; *група В* -маслобензотривка армована гума середньої твердості 3063; *група Г* -маслобензотривка гума підвищеної морозотривкості; *група Д* - м'яка гума 3508, високої маслобензотривкості, що застосовується при виготовленні ущільнюючих кілець, працюючих при незначних стисках;

4-й клас – гуми середньої твердості і підвищеної морозотривкості 2651, 2667, 2671, 3909, що застосовуються для виготовлення профільних ущільнюючих виробів, неармованих амортизаторів, кілець і прокладок, працюючих у водяному, повітряному середовищах і спиртогліцериновій суміші. Працездатні при температурі 0°C і вище.

5-й клас, група А – гуми тверді і середньої твердості 56, 3701, 3949, призначені для роботи при стиску і розтягу у воді, повітрі і спиртогліцериновій суміші; група В - м'які і особливо еластичні гуми 3311, 3701, працюючі в умовах розтягу і незначного стиску в тих же середовищах, що і гуми групи А;

6-й клас – м'які, середньої твердості і тверді гуми 1847, 2959, 2462, призначені для роботи в сполуці з металом в якості амортизаторів;

7-й клас – гуми великої твердості 2696, 3491, 4094, працюючі в умовах значного стиску в інтервалі температур від -30° до $+80^{\circ}\text{C}$;

8-й клас – гуми теплостійкі середньої твердості 3687 і 5168, що застосовуються для виготовлення прокладок для гарячої води та пари і які витримують нагрівання до 150°C ;

9-й клас – гуми підвищеної морозотривкості В-14, 98-1, 4326-1, 4327, 4410 для виготовлення прокладок, кілець, манжет, працюючих в умовах стиску і тертя при низьких температурах (до -100°C);

10-й клас, група А – маслобензотривкі гуми 3819, 3823, 3824, 3836, 3834, 9722, що застосовуються для виготовлення прокладок і ущільнювачів, працюючих у воді, повітрі, бензині, гасі і маслі; група В - гуми високої твердості 3825, 4004, 4008, працюючі в тому ж середовищі, що і гуми групи А; група В – маслобензотривкі гуми з пробковим наповнювачем 3838, 3883, 4069, що застосовуються для виготовлення ущільнюючих прокладок, працюючих у водному і повітряному середовищах, маслі і керосині.

В техніці також широке застосування отримали особливо легкі гуми - спінені і пористі еластомери. В останні роки широкого поширення набули губчасті гуми – пористий матеріал на основі твердих каучуків або латексів (водних дисперсій полімерів) і вспінюючих. Ці гуми мають амортизаційні, тепло- і звукоізоляційні та герметизуючі властивості. Застосовуються у виробництві м'яких сидінь, ущільнюючих прокладок, амортизаторів, синтетичних килимків, штучної шкіри.

5.5. Клеї і герметики

Клеями називаються речовини, іноді розплави високомолекулярних речовин, здатні за певних умов переходити в твердий стан і міцно з'єднувати між собою змочені поверхні матеріалів. Будь-який клей має зв'язуючі властивості, що базуються на його здатності змочувати матеріал, який склеюється і міцно з'єднуватися з ним. За фізичним станом клей є рідиною різної в'язкості, іноді його виготовляють у вигляді порошків або прутків, що розплавляються перед застосуванням або наносяться на гарячі поверхні.

Поряд з основою (звичайно полімерною) до складу клею входять різні добавки: наповнювачі, розріджувачі, прискорювачі, затверджувачі.

Клеї класифікують за вмістом, природою і властивостями основи і добавок, агрегатним станом (рідкі, пастові, порошкові) тощо. Розрізняють

клеї холодного і гарячого тверднення. Клеї холодного тверднення готують безпосередньо перед склеюванням, вони тверднуть при кімнатній температурі; гарячого тверднення – при температурі $100...180^{\circ}\text{C}$.

Щоб клейовий шов був міцний і довговічний, клей повинен мати високу здатність до склеювання, грибо- і водотривкість, життєздатність, низьку пробійність.

Натуральні клеї. Клеї на основі природних матеріалів (натуральні) діляться на клеї тваринного походження (міздровий, кістковий, риба'чий, казеїновий і альбуміновий) і рослинного (із білка насіння бобових, крохмалю, смоли, які отримують із простих речовин при хімічних реакціях).

До натуральних клеїв, що застосовуються у столярній справі, належать міздровий і кістковий, відомі під загальною назвою глютинових, а також казеїнові, альбумінові та риба'чий клей.

Міздровий і кістковий клеї часто називають **столярним**. Для допоміжних робіт, головним чином, обробного характеру, часто застосовують більш дешеві клеї рослинного походження, до яких належать *крохмальні, білкові та ефірно-целюлозні*.

Казеїновий клей - це суміш кількох компонентів, основним з яких є молочний білок - казеїн (знежирений сир). Казеїн в чистому вигляді швидко набухає, але не розчиняється і клею не утворює. Добре розчиняється казеїн в лужному середовищі. Різні луги на нього діють неоднаково. Наприклад, розчинений у водному розчині їдкого натрію, утворює клей великої життєздатності (до 48 год.), але незначної водотривкості. Казеїн, розчинений у вапняному молоці, навпаки, утворює клей високої водотривкості.

Білкові рослинні клеї виготовляють з білка насіння гороху, сої, люпину, рицини. До складу клею вводять, крім білка, гашене вапно та їдкий натр або рідке скло. Суміш розмішують у воді, якої беруть у 5...8 разів більше за вагою, ніж білка. Білкові клеї значно тривкіші і міцніші, ніж крохмальний, їх застосовують у виробництві фанери.

Розглянуті тваринні і рослинні клеї придатні для склеювання тільки однорідних матеріалів, наприклад, деревини з деревиною, і зовсім не придатні для склеювання різнорідних матеріалів. Цей недолік натуральних клеїв усувається при використанні синтетичних клеїв.

Синтетичні клеї. Останніми роками в переважній більшості застосовуються синтетичні клеї, які виготовляються на основі штучних полімерів - смол, каучуків. Вже створено багато таких клеїв, що забезпечують відмінну якість і високу міцність склеювання як однорідних, так і різнорідних матеріалів. Синтетичні клеї швидко тужавіють, мають незначну усадку, високу тепло-, водо- і грибо- і водотривкість. Але вони здебільшого не досить життєздатні (2...4 год.). Тому робочі розчини цих клеїв виготовляють, як правило, безпосередньо перед використанням.

Синтетичні клеї, як правило, токсичні, особливо ті, що створені на основі фенолоформальдегідних смол. У зв'язку з цим робота з синтетичними клеями вимагає загальної і місцевої припливно-витяжної вентиляції і додержання заходів безпеки.

Усі синтетичні клеї поділяють на дві групи: *універсальні*, придатні для з'єднання різних матеріалів, і *спеціальні*, призначені для склеювання лише 1...2 матеріалів. Клеї бувають *оборотні*, виготовлені на основі термопластів, що розм'якшуються при нагріванні, *необоротні* - на основі термореактивних смол або затверділих полімерів, які не розм'якшуються і не втрачають міцності при нагріванні. У свою чергу, необоротні клеї бувають *холодного й гарячого твердіння*, коли склеювання відбувається достатньо швидко при кімнатній температурі або внаслідок нагрівання.

За *теплотривкістю* синтетичні клеї поділяють на три групи: клеї *низької теплотривкості*, здатні витримувати нагрівання лише до 60...80°C, клеї *теплотривкі* - до 150...350°C і *високої теплотривкості* - короткочасно до 1000°C.

Синтетичні клеї можуть бути рідкими (таких більшість), пастоподібними, плівковими, твердими й порошкоподібними.

До найбільш поширених належать клеї таких основних груп.

Феноло-формальдегідні клеї модифіковані полівінілбутиралом. Найвідоміший клей БФ, який випускається під марками БФ-8, БФ-4, БФ-6 тощо.

Універсальний клей БФ-2 застосовують для склеювання металів, скла, фарфору, бакеліту, текстоліту та інших матеріалів. Його механічна міцність зберігається при нагріванні до температури не більш як 80°C. Цей клей застосовують для зарівнювання тріщин у невідповідальних місцях чавунних корпусів, зміцнення нерухомих спржень, кріплення накладок на дисках муфт зчеплення тощо.

Клей БФ-2 бензо- і маслостривкий, вогнебезпечний, є хорошим діелектриком, захищає склеєні поверхні від корозії. Зберігати його слід у закупореному посуді й оберегти від потрапляння води.

Клей БФ-2 у рідкому стані наносять на підготовлені поверхні з'єднуваних деталей якомога тоншим шаром. Потім плівка клею сушиться до відлипання при 20...60°C протягом 50...60 хв. Після цього наносять і знову сушать другий шар, за ним - третій. Потім склеюванні деталі з'єднують і сушать при 140... 150°C протягом 30...60 хв. під тиском 1...2 МПа.

Клеї *БФ-4 і БФ-6* застосовують для одержання еластичного шва при з'єднанні тканин, гуми, фетру. Порівняно з іншими клеями вони мають невелику міцність.

Клей 88-Н складається з бутилфеноло-формальдегідної смоли, синтетичного каучуку і етилацетату. Використовують його для з'єднання гуми з гумою, металом, пластмасою, бетоном, деревом, а також для приклеювання до металу пінополістиролу, шаруватих пластмас, синтетичних плівок. Клей відзначається високою водо-, вібро-

і грибоотривкістю, але схильний до повзучості і не тривкий до бензину й нафтових масел. Його термотривкість – від -40 до $+60^{\circ}\text{C}$, а границя міцності на розрив у з'єднанні гуми з сталлю – до 15 кг/см^2 .

Для склеювання гуми з металами, а також металів, пластмас, деревини, тканин і шкіри з успіхом застосовують клей марки *ГЕН-150/В*, що складається з бутадієнакрило-нітрильного каучуку і смоли *ВДУ*. За зовнішнім виглядом він нагадує столярний клей і розчиняється сумішшю ацетону (50 вагових частин), бутилацетату (35 вагових частин) і толуолу (15 вагових частин). *ГЕН-150/В* відзначається тривкістю до бензину, масел і води. Його теплотривкість - від -70 до $+150^{\circ}\text{C}$, а короткочасно - до 200°C . Границя міцності на розрив - до 100 кг/см^2 .

Поліефіроуретановий клей ПУ-2 (іноді з наповнювачем - цементом) застосовують для склеювання чорних, кольорових і дорогоцінних металів та їх сплавів, текстоліту, амінопластів, деревини та інших матеріалів. Відзначаючись високою текучістю, цей клей добре заповнює всі нещільності в місці з'єднання. В атмосферних умовах відносно швидко старіє від дії води. Границя міцності на відрив - до 300 кг/см^2 , однак при температурі 60°C міцність знижується приблизно вдвічі.

Широко відому групу клеїв для металів і багатьох інших матеріалів становлять епоксидні клеї марок *ВК-32 ЕМ*, *Л-4*, *ВК-1*, *ВК-7*, *К-153*, *ФЛ-4С* та інші, добуті головним чином на основі смол *ЕД-5* і *ЕД-6*. Ці клеї відзначаються водо-, масло- і бензинотривкістю, тривкістю до зміни температури, добрим заповненням зазорів, відсутністю усадки. Однак епоксидні клеї малоеластичні і мають деяку токсичність, викликаючи при необережному поводженні подразнення шкіри і слизових оболонок. Теплотривкість епоксидних клеїв коливається від -60 до $+250^{\circ}\text{C}$, а границя міцності на відрив від 80 до 340 кг/см^2 .

Епоксидні клеї не потребують теплової обробки склеюваних деталей. Для склеювання застосовують епоксидні клейові сполуки, що тверднуть при $18...20^{\circ}\text{C}$. Для виготовлення цих сполук до епоксидних смол (*ЕД-5*, *ЕД-6*, *ЕД-40*) додають *затверджувач* – поліетилен-поліамін (приблизно 10 мас. ч на 100 мас. ч. епоксидної смоли), *пластифікатор* – дибутилфталат (10...15 мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли) і у якості *наповнювача* використовують алюмінієву або бронзову пудру, сталевий або чавунний порошок, портландцемент, сажу, скловолокно тощо. Наповнювачі збільшують в'язкість епоксидної сполуки й підвищують міцність клейового шва.

Ще теплотривкіші клеї на основі *кремнійорганічних смол*. Наприклад, клей *ВС-10Т* застосовують для склеювання деталей, що тривалий час працюють при температурі до 300°C . Він має високу міцність і тривкість проти впливу гасу, мастильних масел, води. Часто цим клеєм прикріплюють накладки до гальмівних колодок автомобілів.

Клей *ВС-10Т* випускають у готовому для використання вигляді. Зберігають його у герметичному посуді в темному приміщенні. Протягом 6 місяців він зберігає свої клейові властивості.

Клей наносять у рідкому вигляді в один-два шари. Після нанесення перший шар сушать при нормальній температурі протягом 1 год., а потім наносять другий шар. Після цього деталі з'єднують і сушать при $140...180^{\circ}\text{C}$ протягом 1...2 год. під тиском $50...200\text{ кПа}$.

Карбінольний клей може бути рідким або пастоподібним (з наповнювачем). Основою цього клею є карбінольний сироп, до якого додають перекис бензолу. Клей придатний для з'єднання сталі, чавуну, алюмінію, порцеляни, ебоніту, пластмас і забезпечує міцність склеювання лише при використанні його протягом 3...5 год. після приготування. Механічна міцність швів, виконаних карбінольним клеєм, зберігається при температурі до 60°C .

Бакелітовий лак - розчин смол в етиловому спирті. Деталі, склеєні бакелітовим лаком, сушать при $140...160^{\circ}\text{C}$. Зберігають бакелітовий лак у закритому посуді при температурі не більш як 30°C в темному місці. Застосовують для наклеювання накладок на диски муфт зчеплення. Пластмасові й скляні деталі склеюють карбінольним клеєм і бакелітовим лаком.

Термотривкі клеї застосовують для склеювання деталей з різних металів і неметалевих матеріалів, які працюють в умовах високих температур і вібрацій. Клеєм *ВК-32-200* склеюють деталі, що працюють безперервно до 300 год. при 200°C і до 20 год. при 300°C . Матеріали, з'єднані клеєм *ВК-32-200*, можуть працювати в інтервалі температур від 60 до 120°C .

Клей бензо-, масло- і водотривкий. Протягом 4 місяців матеріали, з'єднані цим клеєм, можуть працювати в умовах, близьких до тропічних (при вологості 90% і температурі 50°C) без помітного зниження міцності з'єднання.

Термотривкі клеї на основі кремнійорганічних смол застосовують для склеювання металевих і неметалевих матеріалів. Клей *ППЗ-9* утворює шви невеликої міцності, але забезпечує високу термо- і водотривкість, а також герметичність.

Клеєм *ППЗ-9* з'єднують метали, кераміку, гуму та інші матеріали. З'єднання дуже міцні при температурі 300°C .

Клей *БФК-9* має високу термотривкість, його застосовують для з'єднання металів з неметалами. Клей наносять на обидві поверхні тонким шаром і сушать протягом 1 год. при 20°C і 15 хв. при 60°C . Потім наносять другий шар і сушать протягом того самого часу.

Герметики застосовують для ущільнення і герметизації клепаних, зварних і болтових з'єднань, паливних відсіків і баків, різних металевих конструкцій, приладів, агрегатів.

Тіоколові герметики застосовують в авіаційній і автомобільній промисловості, в суднобудуванні, для будівельної техніки. У них висока адгезія до металів, деревини, бетону. Вони стійкі до палива і масел.

Епоксидні герметики можуть бути холодного і гарячого тверднення; працюють в умовах тропічної вологості, при вібраційних і ударних

навантаженнях; застосовуються для герметизації металевих і склопластикових виробів.

Розділ 6. ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Характерною особливістю розвитку країн з високим рівнем промислового виробництва є перехід до інноваційної економіки, впровадження перспективних розробок, принципово нових високих технологій в усіх сферах діяльності. Одним із пріоритетів розвитку науково-технічного прогресу в світі є нанотехнології. Це обумовлено тим, що, маючи структуру з високою питомою густиною міжкристалітних границь, наноматеріали проявляють унікальні властивості. На основі використання наноматеріалів і нанотехнологій досягнуті вражаючі результати у техніці, оптиці, мікроелектроніці, біології, медицині та ін.

У провідних промислово-розвинених країнах світу пріоритетними напрямками розвитку фундаментальних і прикладних досліджень передбачена розробка матеріалознавчих основ наноконструкційних матеріалів і технологій. Завдяки можливості одержання унікальних функціональних властивостей, проводяться інтенсивні дослідження в галузі технології, фізики й хімії фулеренів, атомних кластерів, нанотрубок, квазікристалів, високоентропійних сплавів та ін.

Не стоїть осторонь прогресу і наша країна. Свідченням тому є Постанова Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2009 р. N 1231 "Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки"

Основними завданнями Програми є:

проведення фундаментальних досліджень з метою розроблення та удосконалення нанотехнологій, створення наносистем, наноструктур, новітньої елементної бази наноелектроніки і нанофотоніки та виготовлення наноматеріалів;

створення:

- технологічної системи виготовлення наноматеріалів, наноструктур та приладів;

- промислово-технологічної інфраструктури наноіндустрії;

- новітньої елементної бази для виготовлення приладів терагерцового діапазону, обладнання шляхом впровадження наноструктур на основі традиційних напівпровідників;

розроблення:

- нанотехнологій для каталізу;

- дослідно-промислових технологій виготовлення нанопорошків, наноматеріалів, зокрема наночастинок, нанотрубок, нанострижнів, нановолокон, нанодротів, а також функціональних консолідованих наноматеріалів і наноматеріалів з аморфно-нанокристалічною структурою, конструкційних наноструктурованих матеріалів з градієнтним та об'ємним

зміцненням, нанодисперсних і наноструктурованих люмінесцентних та сцинтиляційних матеріалів;

- нанотехнологій виготовлення легких, міцних і корозійностійких конструкційних матеріалів для машинобудування та аерокосмічної техніки, захисних покриттів різноманітних конструкцій, нанофотокаталізаторів і вивчення фізичних та хімічних процесів з їх використанням, наносорбентів і нанопористих матеріалів, енергозберігаючих пристроїв з урахуванням досягнень оптоелектроніки та фотовольтаїки;

- колоїдних нанотехнологій виготовлення наноматеріалів різного функціонального призначення;

- оптичних джерел випромінювання (лазери і світлодіоди) на основі наноелектронних структур;

- методів виготовлення апаратури для діагностики і сертифікації наноматеріалів та приладів;

- наноконструкцій, що використовуються для підвищення ефективності біологічно активних речовин;

- порядку проведення оцінки впливу нанотехнологій та наноматеріалів на людину і навколишнє природне середовище;

- вивчення питання щодо впливу наноматеріалів на біологічні об'єкти.

6.1 Основні визначення

Виходячи з визначення «нано», як « 10^{-9} » в сферу діяльності нанотехнологій потрапляють об'єкти, які мають хоча б у одному вимірі розмір, що вимірюється в нанометрах. Реально діапазон даних об'єктів набагато ширший – від розміру окремого атома, до конгломератів органічних молекул, які складаються з понад 10^9 атомів, які мають розміри понад 1 мкм в 1-му, 2-х або 3-х вимірах. Принципово важливо, що ці об'єкти складаються не із нескінченно великого числа атомів, що обумовлює прояв дискретної атомно-молекулярної структури речовини або квантових закономірностей її поведінки. Точніше можна визначити, що «нано» починається з моменту появи наноефектів – змінювання фізичних властивостей речовин, пов'язаних із переходом до цих масштабів.

Потрібно розділяти поняття «*наноелементи*» і «*нанооб'єкти*». Їх відмінність полягає у тому, що перші є складовою частиною наноматеріалів, а другі – ізольовані. Для їх індивідуального позначення слід застосовувати назви, що вже склалися: нанокластери, наночастинки, нановолокна, і так далі, а також такі нові назви як фулерени, вуглецеві нанотрубки, графен.

У термінології різних рівнів нанорозмірної організації можна виділити такі терміни та їх визначення.

Нанонаука – система знань, що ґрунтується на описі, поясненні й передбаченні властивостей матеріальних об'єктів з нанометричними характеристичними розмірами або систем більш високого метричного рівня, впорядкованих або самовпорядкованих на основі нанорозмірних елементів.

Наносистема – матеріальний об'єкт у вигляді впорядкованих або самовпорядкованих, пов'язаних між собою елементів з нанометричними характеристичними розмірами, кооперація яких забезпечує виникнення у об'єкті нових властивостей, що проявляються у вигляді квантоворозмірних, синергетично-кооперативних, велетенських ефектів та інших явищ і процесів, пов'язаних із проявом наномасштабних чинників.

Наноматеріали – речовини і композиції речовин, які є штучно або природно впорядкованими або неврегульована система базових елементів з нанометричними характеристичними розмірами й особливим проявом фізичної та (чи) хімічної взаємодії при кооперації нанорозмірних елементів, що забезпечують виникнення у матеріалів і систем сукупності раніше невідомих механічних, хімічних, електрофізичних, оптичних, теплофізичних та інших властивостей, які визначаються проявом наномасштабних чинників.

Наночастинка – це квазі-нульвимірний нанооб'єкт, у якого всі характерні лінійні розміри мають один порядок величини. Як правило, наночастинки мають сфероїдальну форму і, якщо в наночастинці спостерігається яскраво виражене впорядковане розташування атомів (чи іонів), то такі наночастинки називають нанокристалітами. Наночастинки з вираженою дискретністю системи рівнів енергії часто називають «квантовими точками» або «штучними атомами».

Нанотехніка – машини, механізми, прилади, пристрої, матеріали, створені з використанням нових властивостей і функціональних можливостей систем при переході до наномасштабів, і які характеризуються раніше недосяжними ваговими, габаритними і енергетичними показниками, техніко-економічними параметрами і функціональними можливостями.

Нанотехнологія – сукупність методів і способів синтезу, складання, структуро- і формоутворення, нанесення, видалення і модифікування матеріалів, включаючи систему знань, навичок, умінь, апаратурне, матеріалознавче, метрологічне, інформаційне забезпечення процесів і технологічних операцій, спрямованих на створення матеріалів і систем з новими властивостями, обумовленими проявом наномасштабних чинників.

За останні 10 – 15 років наноматеріали стали предметом комерційної технології й знаходять застосування у багатьох областях техніки.

6.2. Класифікація наноматеріалів

До наноматеріалів належать:

- об'ємні наноструктуровані матеріали;
- нанокластери, наночастинки, нанопорошки;
- багатошарові наноплівки, багатошарові наноструктури, багатошарові нанопокриття;
- функціональні («розумні») наноматеріали;
- нанопористі матеріали;
- фулерени та їх похідні нанотрубки;
- біологічні і біосумісні матеріали;
- наноструктуровані рідини: колоїди, гелі, суспензії, полімерні композити;
- нанокомпозити.

Класифікація за Зігелем є найбільш загальною з наявних у літературі класифікацій наноструктур (рис. 6.1). Віднесені до 0D наноструктури являють собою системи ізольованих одна від одної наночастинок. Для 1D характерна наявність контактів між наноблоками в одному виділеному напрямку. При цьому не має значення розмір блоків у двох інших вимірах – це можуть бути «нескінченні» шари нанометрової товщини (багатошарові монокристалічні наноплівки), або частинки нанометрових розмірів (які, однак, не контактують одна з одною у цих напрямках). Наноструктури 2D, навпаки, характеризуються наявністю наноконтактів у двох вимірах (приклад: одношарові плівки, побудовані з розорієнтованих наноблоків). Нарешті, 3D – це тривимірні наноструктури, у яких наночастинки стикаються одна з одною у всіх трьох вимірах. Ця класифікація є досить корисною для того, щоб ясніше уявити собі завдання структурного аналізу нанокристалічних матеріалів (установлення атомної структури окремих наночастинок (наноблоків), характеру їх стикування, взаємних орієнтаційних співвідношень, типу й структури міжблочних границь).

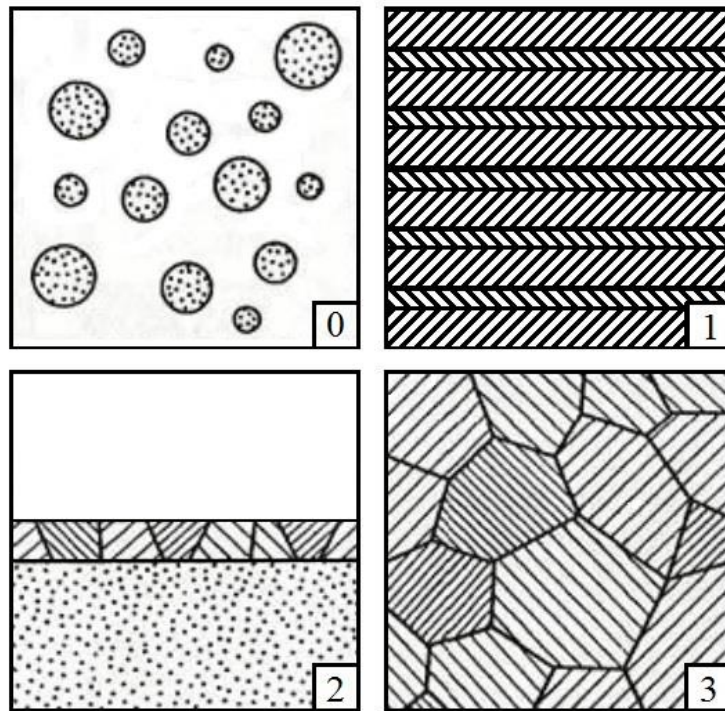


Рис. 6.1. Класифікація наноматеріалів за Р. Зігелем 0 – атомні кластери і наночастинки; 1 – багатошаровий матеріал; 2 – наноструктурне покриття; 3 – об'ємні наноструктурні матеріали

Крім того, за кількісною ознакою наноматеріали можуть бути поділені на дві групи. У першу групу «*наноструктуровані матеріали*» входять матеріали, в яких усі морфологічні структурні елементи є нанорозмірними. У другій групі – «*нанокомпозити*» кількісний вміст нанoeлементів становить лише деяку частку.

У свою чергу, групи поділяються на підгрупи за формою або структурою одного з нанoeлементів. Наприклад, перша група містить у собі підгрупи: нанокластерні, наносхаруваті матеріали і т. п. Друга група – нанокристалічні композити, нановолокнисті композити та інші.

Схема класифікації наноматеріалів наведена на рис. 6.2

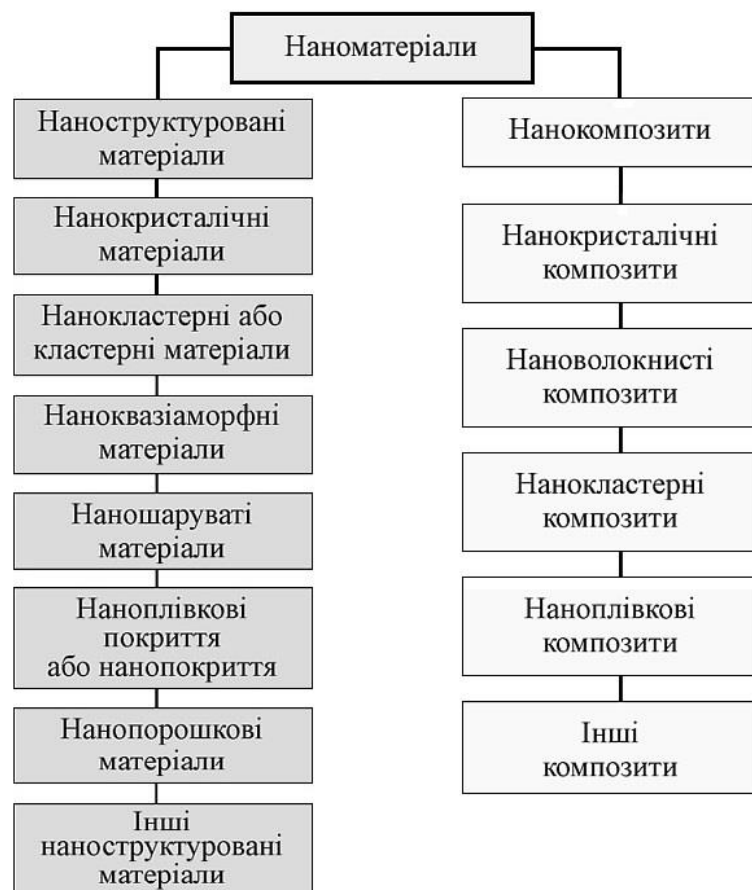


Рис. 6.2. Класифікація наноматеріалів

6.3. Кластери

Близькі до сферичних наночастинки з розмірами менше 10 нм, як правило, називають кластерами. *Кластери* – агрегати з атомів або молекул (або інших частинок), число яких може змінюватися в широких границях: від 4 – 5 і 100 – 200 (малі кластери) до декількох десятків тисяч (великі кластери) або сотень тисяч і більше, наприклад 10^6 (гігантські кластери).

Число атомів (або молекул) у кластері визначає його стан, форму і властивості. Склад і структура кластерів регламентовані не так строго, як у випадку молекул. Однак вони виявляються більш впорядкованими, ніж агломерати.

Число атомів, які складають кластер, швидко зростає зі збільшенням його діаметра, як показано на рис. 6.3 для кластерів натрію. При діаметрі в 1 нм кластер складається лише з 13 атомів, а при 100 нм – уже близько 10^7 атомів. Як правило, кластери мають симетричну структуру, але їх симетрія суттєво відрізняється від тієї, якою користуються при описі кристалічних форм об'ємної речовини. Зі зростанням кількості атомів кластер змінює свою форму, а після деякого критичного числа атомів (тобто розміру) у ньому, починають енергетично переважати ті

закономірності, які характерні для об'ємного (блокового) стану сукупності атомів даної речовини (рис. 6.4).

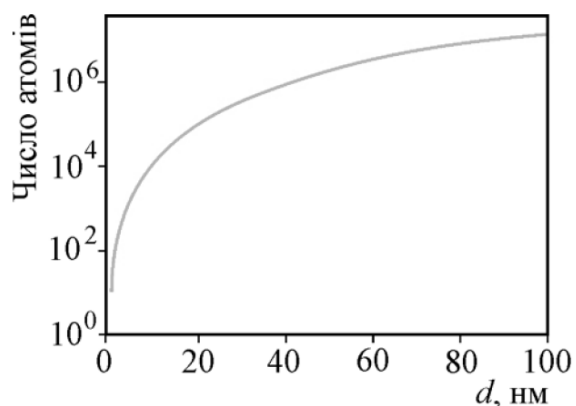


Рис. 6.3. Число атомів натрію у сферичному кластері діаметром d

Кластери являють собою атомні агрегати або молекулярні ансамблі, здатні до самоорганізації: висока реакційна здатність змушує їх брати участь у процесах самоскладання. Утворення, що формується, має розгалужену гіллясту будову, характеризується фрактальною (дробовою) розмірністю.

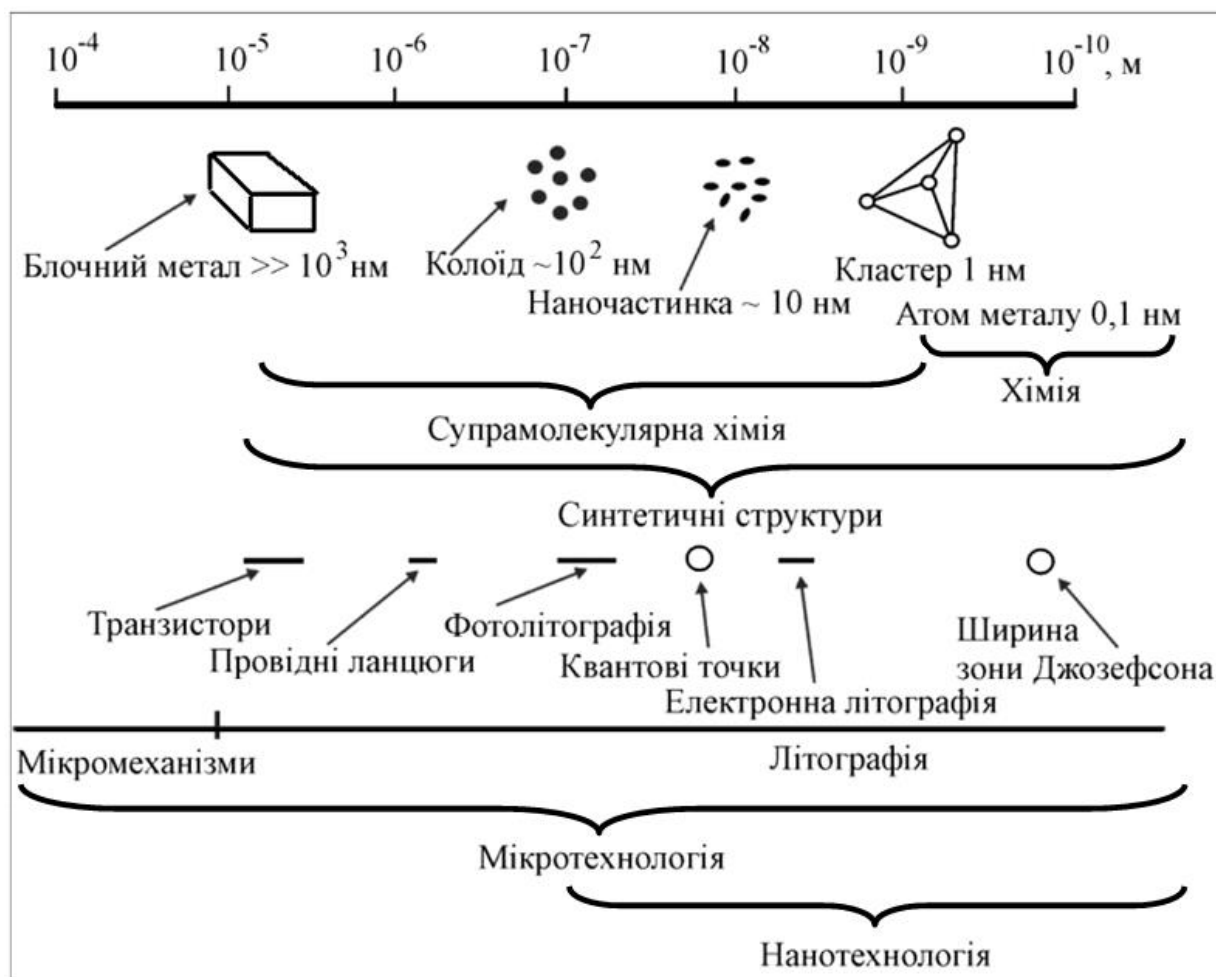


Рис. 6.4. Схема перетворення одиничного атома у блоки

Матеріали кластерного типу можуть бути отримані у вигляді масивних виробів складної форми, ниток, стрічок, різного роду покриттів, оптичних елементів, фільтрів, мембран і т. п.

Залежно від способу одержання кластери можна розділити на шість груп: молекулярні, газофазні, колоїдні, твердотільні, матричні та плівкові. Ізольовані нанокластери одержують у результаті хімічних реакцій (молекулярні кластери), шляхом лазерного випаровування (газофазні кластери) або шляхом матричної ізоляції (при твердотільному і колоїдному синтезах). Наносистеми утворюються в основному в результаті твердотільного і колоїдного синтезів.

6.4. Фулерени і фулерити

Одним з основних хімічних елементів, яким цікавляться вчені в галузі нанотехнологій, є вуглець і його алотропні форми.

Вуглець в Періодичній системі Д. І. Менделєєва розташований в IV-й групі, атомний номер – 6, атомна маса – 12.011. Ядро ізотопу вуглецю ^{12}C складається з шести протонів і шести нейтронів. У 1961 р. Міжнародним союзом фундаментальної і прикладної хімії ізотоп ^{12}C вибрано основною одиницею вимірювання атомної маси. Ізотоп ^{14}C радіоактивний і має період напіврозпаду 5760 років, є також нуклеотид ^{13}C .

До недавнього часу було відомо, що вуглець утворює три алотропних форми – алмаз, що має сітчасту будову, графіт має шарувату структуру, карбін, що має лінійну будову (отриманий штучно). При цьому вже на етапі переходу вуглецю від звичайного вугілля до графіту відзначаються значні зміни властивостей матеріалу.

Ученим було відомо, що при високих температурах вуглець у газоподібному стані може утворювати *кластери* (сукупність двох або більше однорідних елементів (атомів або молекул), які можуть розглядатися як самостійні одиниці, що мають специфічні властивості. *Вуглецеві кластери* вперше були отримані в 1984 році, а молекула C_{60} була виявлена в 1985 році при дослідженні мас-спектрів парів графіту після лазерного опромінення твердого зразка. Так стала відома ще одна алотропна форма вуглецю, так званий «*фулерен*» (багатоатомна молекула вуглецю C_n). По суті *фулерен* – нова форма вуглецю.

Молекула C_{60} містить фрагменти з п'ятикратною симетрією, невласивною неорганічним сполукам у природі (рис. 6.5). Тому визнано, що молекула фулерену є органічною молекулою, а кристал, утворений такими молекулами (*фулерит*), – це молекулярний кристал, що є сполучною ланкою між органічною і неорганічною речовиною (див рис. 6.6).

З правильних шестикутників легко викласти плоску поверхню, проте не можна сформувати замкнуту. Для цього необхідно розрізати частину шестикутних кілець і з розрізаних частин побудувати п'ятикутник. У *фулерені* плоска сітка шестикутників (графітова сітка) згорнута і зшита

в замкнуту сферу. При цьому частина шестикутників трансформується в п'ятикутник.

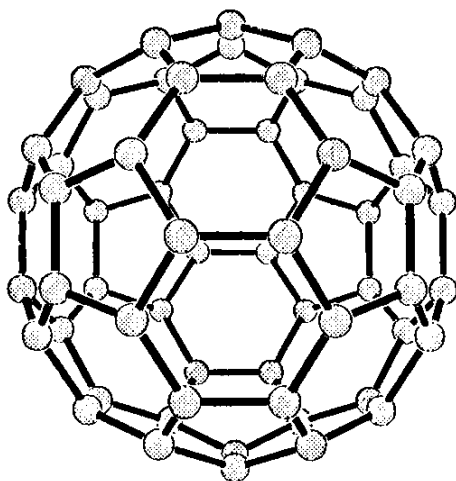


Рис. 6.5. Фулерен

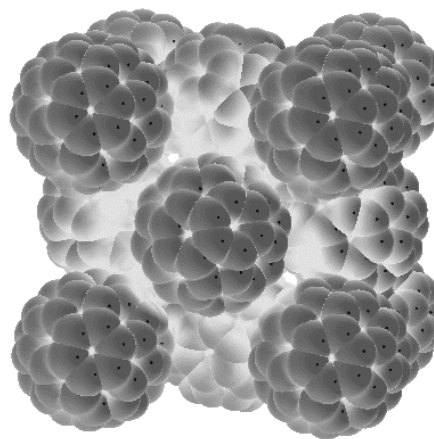


Рис. 6.6. Фулерит

6.5. Вуглецеві нанотрубки

Поряд зі сферичними вуглецевими структурами також можуть утворюватися протяжні циліндричні структури, так звані **нанотрубки**, які в 1991 році відкрив японський професор С. Іідзіма. Вони відрізняються широкою різноманітністю фізико-хімічних властивостей.

Нанотрубка - молекула з понад мільйона атомів вуглецю, що представляє собою трубку з діаметром близько нанометра і довжиною кілька десятків мікрон. У стінках трубки атоми вуглецю розташовані у вершинах правильних шестикутників (рис. 6.7).

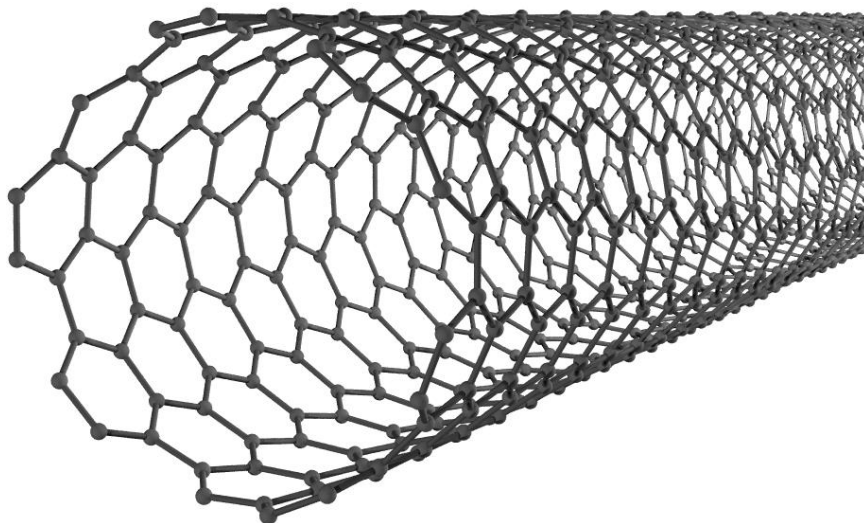


Рис. 6.7. Схематичне зображення нанотрубки

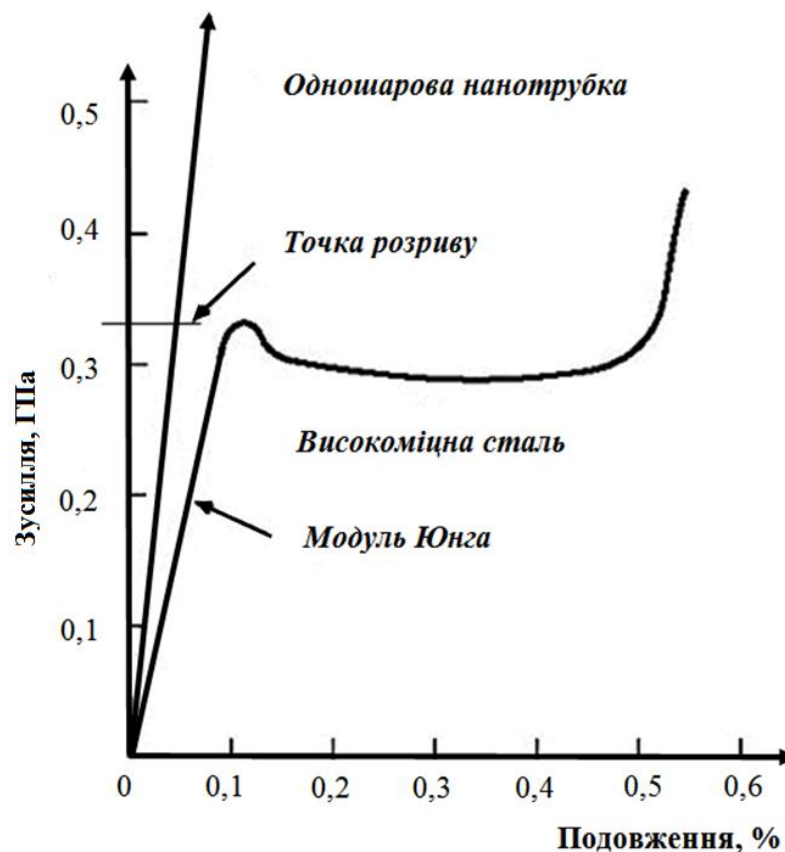


Рис. 6.8. Діаграма міцності нанотрубок у порівнянні з високоміцною сталлю

Вуглецеві нанотрубки можуть мати різну атомну структуру і, відповідно, різні властивості. Подібно до фулеренів існують багатошарові нанотрубки, які відрізняються від одношарових більш широкою різноманітністю форм і конфігурацій як у подовжньому, так і у поперечному напрямку.

Ці дивовижні нанотрубки в 100 тис. разів тонші за людську волосину виявилися на рідкість міцним матеріалом! Нанотрубки в 50-100 разів міцніші за високоміцну сталь і мають в шість разів меншу густину! Модуль Юнга (рівень опору матеріалу деформації) у нанотрубок вдвічі вищий, ніж у звичайних вуглецевих волокон (рис. 6.8). Тобто трубки не тільки міцні, але й гнучкі.

Правда, в даний час максимальна довжина нанотрубок складає десятки і сотні мікронів - що, звичайно, дуже багато в атомних масштабах, але занадто мало для повсякденного використання. Однак довжина одержуваних нанотрубок поступово збільшується і вчені вже впритул підійшли до сантиметровому рубежу.

Незвичайні властивості передбачають широке практичне застосування нанотрубок – як самостійного матеріалу (мікроелектроніка, електротехнічна, хімічна промисловість, біологія та медицина), і як елементарного об'єкту нанотехнологій при утворенні покриттів, композиційних матеріалів граничної міцності (машинобудування, будівництво, медицина і т. ін.).

За об'ємами виробництва вуглецеві нанотрубки займають друге місце серед різних груп наноматеріалів.

6.6. Застосування нанотехнологій

У даний час вже можна говорити про прикладну значимість наноматеріалів, наноефектів і нанотехнологій для потреб людства.

Значні успіхи досягнуті в області наноматеріалів і товарів на їх основі. Сюди відносяться різного призначення нанокристалічні порошки з металів, кераміки; будівельні і ін. матеріали, що мають водовідштовхувальні властивості; виробництво фулеренів і нанотрубок; полімерні, композиційні матеріали і препарати; нанопорошки і компоненти для акумуляторів, мембран, електричних деталей, фільтрів, каталітичних установок; електронні і оптоелектронні пристрої; наноінструменти для електронної і напівпровідникової промисловості; маніпулятори для нанотрубок; металеві нанокристалічні каталізатори; виготовлення біосиліконових матеріалів для медичних цілей; методи нанолітографії, локальна модифікація і структуризація поверхонь на нанометровому рівні; гранична мініатюризація при формуванні нанооб'єктів; виробництво напівпровідникових світлодіодів та ін.

З кожним роком розширюються сфери застосування досягнення нанотехнологій, відкриваються нові перспективи їх ефективного використання. В даний час можна говорити про наступні:

Промисловість. Заміна традиційних методів виробництва виготовленням матеріальних об'єктів атомно-молекулярною збіркою дозволить забезпечити зниження: маси, об'єму, лінійних розмірів конструкцій і енергоспоживання.

Кібернетика. Буде здійснений перехід до об'ємних мікросхем, розміри активних елементів яких зменшаться до розмірів молекул. На порядки збільшаться робочі частоти комп'ютерів, з'являться схемні рішення з використанням нейроподібних елементів, швидкодіюча довготривала пам'ять на білкових молекулах досягне ємкості, вимірюваною терабайтами. У результаті стане можливим «переселення» людського інтелекту у комп'ютер.

Медицина. Нанотехнології забезпечать прискорення розробки нових ліків, створення нанопрепаратів і способів доставки лікарських засобів до вогнища захворювання. Широкі перспективи відкриваються і в області медичної техніки (розробка засобів діагностики, проведення безболісних операцій, створення штучних органів). Згодом нанобіотехнології надаватимуть все більше можливостей для продовження людського життя і профілактики хвороб.

Екологія. Нові види промисловості не будуть виробляти отруйні відходи; нанороботи - зможуть знищити наслідки старих забруднень; нанотехніка - відновить озоновий шар, очистить від забруднень ґрунт, річки, атмосферу, океани, демонтує заводи, греблі, рудники, запломбує

радіоактивні відходи в вічні самовідтворювані контейнери. Можливе використання фільтрів і мембран на основі наноматеріалів для очищення води і повітря, опріснення морської води, а також біосенсорів для швидкого визначення хімічних і біологічних забруднень. Очікується синтез нових екологічно чистих матеріалів, нові методи утилізації та переробки відходів. За рахунок впровадження логічних наноелементів у всі атрибути навколишнього середовища воно стане «розумним» і виключно комфортним для людини.

Сільське господарство. Сільське господарство не залежатиме від погодних умов і не потребуватиме важкої фізичної праці: відбудеться заміна природних виробників їжі – рослин і тварин аналогічними функціональними комплексами з молекулярних роботів. Вони відтворюватимуть ті ж хімічні процеси, що і у живому організмі ефективнішим шляхом. Наприклад, з ланцюжка «ґрунт – вуглекислий газ – фотосинтез – трава – корова – молоко» будуть видалені всі зайві ланки, залишиться тільки «ґрунт – вуглекислий газ – молоко» і т.д.

Біологія. Наноелементи стануть складовою частиною живих організмів на рівні атомів, що розкриє потенціал створення нових типів живих істот, біороботів, відтворення вимерлих видів.

Медицина. Створення молекулярних роботів-лікарів, роботів-лікваторів, які будуть здатні інтегруватися у людський організм, запобігаючи і усуваючи виникаючі відхилення і пошкодження. Зокрема на генетичному рівні.

Приведеним переліком потенціал нанотехнологій природно не вичерпується. На цьому шляху буде ще багато несподіваного і приголомшливо цікавого. Наведемо деякі приклади.

Як обнадійливі перспективні розробки в нанообласті слід розглядати створення вічного мікроскопічного підшипника з синтетичних молекул фулеренів, втрати на тертя в яких поки не піддаються вимірюванню. Це досягнення планують використовувати у виробництві мініатюрних роботів і мікромеханізмів, деталі яких практично не зношуватимуться.

Такою ж запаморочливою представляється ідея створення космічного ліфта – спеціального пристрою для виведення вантажів і супутників на планетарну орбіту за допомогою високоміцного троса, протягнутого до геостаціонарної орбітальної станції. По тросу з вуглецевих нанотрубок повинен рухатися підйомник (платформа), що перевозить необхідний вантаж.

Додає оптимізму і створений в Японії цільномолекулярний «чотирьохколісний автомобіль», що працює за рахунок поглинання енергії світла. Найближчим часом очікується масовий перехід з кремнію (основного матеріалу у виробництві напівпровідникових пристроїв інтернету) на вуглецеві трубки. Наноферромагнетики (атоми вуглецю, азоту, водню, міді, заліза, кобальту, нікелю) будуть використані для голографічного запису по об'єму кристала.

Скоро для людини стане можливим підключати свій мозок до комп'ютера. Прогнозується створення роботів, чий інтелектуальні можливості досягнуть, а потім і перевершать рівень розумових здібностей людей.

На думку відомого науковця і письменника-фантаста А. Кларка до 2040 року «може бути створений об'єкт будь-якої складності за наявності сировини і інформаційної матриці».

Розділ 7. НАНОКРИСТАЛІЧНІ І КОНСОЛІДОВАНІ МАТЕРІАЛИ

7.1. Основні положення

У машинобудуванні найбільш перспективним є застосування об'ємних нанокристалічних матеріалів, тому у даному посібнику не розглядаються докладно методи одержання нанорозмірних частинок.

У першому розділі вже згадувалось про високу міцність металів з бездефектною будовою, до яких наближаються майже досконалі кристали – «вуса», що кристалізуються з газової фази. Розробка методів отримання об'ємних, консолідованих матеріалів з рівномірною структурою по всьому об'єму, без пор, мікротріщин та інших дефектів структури - актуальне завдання, вирішення якого дозволить розширити застосування наноматеріалів конструкційного призначення.

Основну частину конструкційних матеріалів складають металеві, керамічні, полімерні і композиційні. Їх вибір для застосування в конструкціях визначається співвідношенням між міцністю і пластичністю. Металеві матеріали мають найкраще їх співвідношення. Керамічні та полімерні матеріали менш пластичні, ніж металеві, а композиційні за вказаними характеристиками займають проміжне положення між керамічними та металевими матеріалами. Оптимальне співвідношення між міцністю і пластичністю металевих матеріалів визначило їх переважну частку в загальному обсязі конструкційних матеріалів, яка перевищує 90%.

Зростання міцності конструкційних матеріалів обумовлене в основному розробкою сплавів з новим хімічним і фазовим складом. В останні роки намітилися нові шляхи поліпшення властивостей конструкційних матеріалів за рахунок цілеспрямованого формування мікро- та нанокристалічної структури.

Формування нанокристалічних структур дозволяє отримувати конструкційні матеріали з унікальними властивостями. Наприклад, їх мікротвердість у 2-7 разів, а міцність при розтягуванні в 1,5-2 вищі, ніж твердість крупнозернистих аналогів, причому це не залежить від методу отримання матеріалу.

Такі крихкі матеріали, як інтерметаліди, стають пластичними при зменшенні розмірів зерен нижче критичних розмірів, що можна пояснити наявністю специфічних механізмів зародження та поширення мікротріщин. Для керамічних нанокристалічних матеріалів виявлена підвищена пластичність при низьких температурах, її можна використовувати в промислових процесах екструзії і прокату.

7.2. Консолідовані матеріали. Класифікація

У зв'язку з багатофазністю, пористістю та матричною будовою наноматеріалів класифікацію їх структури можна провести досить умовно. Є деякі відмінності в класифікації наноматеріалів і в самому визначенні окремих понять. Один з варіантів класифікації наноматеріалів виглядає

наступним чином: консолідовані матеріали; нанопровідники; нанополімери; фулерени і нанотрубки; наночастинки і нанопорошки; нанопористі матеріали; супрамолекулярні структури.

Консолідовані матеріали - компакти, плівки та покриття з металів, сплавів і з'єднань, отримують методом, наприклад, інтенсивної пластичної деформації, контрольованої кристалізації з аморфного стану, порошкової металургії та іншими різноманітними прийомами нанесення плівок і покриттів.

Нанонапівпровідники, нанополімери і нанобіоматеріали можуть бути як в ізольованому так і в консолідованому стані.

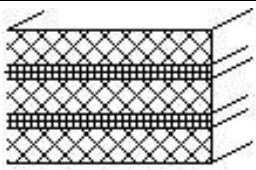
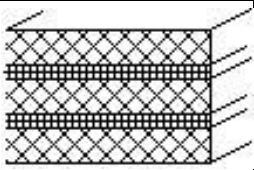
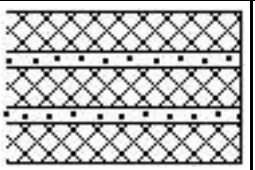
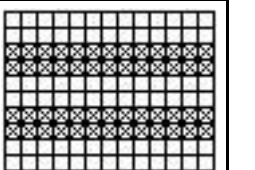
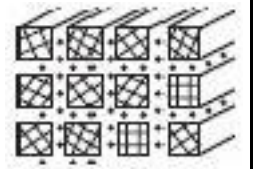
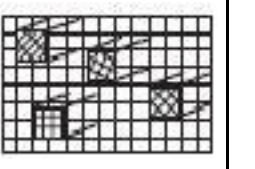
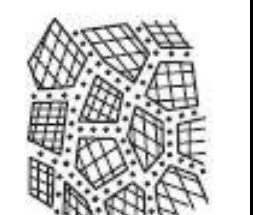
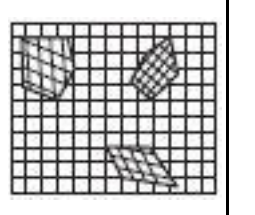
Фулерени і нанотрубки стали вивчати з моменту відкриття нової алотропічної форми вуглецю - кластерів C_{60} і C_{70} , а потім - нанотрубок.

Наночастки і наноструктура. Наночастки носять ізольований характер, а нанопорошки - сукупний. Їм може бути наданий і консолідований вид.

Супрамолекулярна структура отримується в результаті виникнення слабких міжатомних зв'язків.

Однією з найбільш поширених класифікацій для основних типів структур неpolімерних наноматеріалів є відома класифікація Г. Глейтера. За хімічним складом і розподілом фаз виділяються чотири типи структури (табл. 7.1): однофазні, багатofазні з ідентичними і неідентичними поверхнями розділу і матричні.

Таблиця 7.1 - Класифікація консолідованих матеріалів за складом, розподілом та формою структурних складових

Форма	Однофазний склад	Багатofазний склад		
		Статистичний розподіл		Матричний розподіл
		Ідентичні границі	Неідентичні границі	
Пластинчаста				
Стовпчаста				
Рівновісна				

Різноманітність структурних типів значно збільшується за рахунок змішаних варіантів, наявності пористості, полімерних матриць й ін. Найпоширенішими є однофазні й багатфазні матричні й статистичні об'єкти, стовпчасті й багатшарові структури.

Нанокераміка - полікристалічні матеріали, отримані спіканням неметалевих порошків з розміром частинок менше 100 нм. Нанокераміку зазвичай ділять на конструкційну (для створення механічно міцних конструкцій) і функціональну (зі специфічними електричними, магнітними, оптичними та термічними функціями).

Нанопористі матеріали - з розміром пор <100 нм - представляють інтерес в якості проміжних структур у технологічному процесі виготовлення наноелектронних виробів, наприклад, мультикаталізаторів, джерел енергії та сенсорів.

Надпровідники (маються на увазі високотемпературні) становлять особливий інтерес, тому що роблять можливим створення дешевих електроприладів). З появою методів формування нанорозмірних структур вдається створювати дуже економні і швидкодіючі елементи цифрової електроніки, надчутливі датчики магнітного поля і аналогові елементи.

Наноелектромеханічні системи - це сукупність електронних і механічних елементів, виготовлених у нанорозмірному виконанні на основі групових методів.

Наноконсолідовані матеріали зазвичай отримують чотирма основними методами, втім, кожен із них має декілька варіантів реалізації.

Таблиця 7.2 - Методи одержання консолидованих наноматеріалів

Метод	Варіант методу	Об'єкти
Інтенсивна пластична деформація	Деформація крутінням при високих тисках. Рівноканальне кутове пресування. Обробка тиском багатшарових	Метали й сплави
Порошкова технологія	Газофазне осадження й компактування (метод Глейтера). Звичайне пресування й спікання. Електророзрядне спікання. Гаряча обробка тиском (гаряче пресування, кування,	Метали, сплави, з'єднання
Контрольована кристалізація з аморфного стану	Кристалізація при звичайному тиску. Кристалізація при підвищеному тиску	Аморфні речовини
Технологія плівок і покриттів	Хімічне осадження з газової фази. Електроосадження. Золь-гель-технологія.	Метали, сплави, з'єднання

7.3. Інтенсивна пластична деформація. (Диспергування)

Сучасним способом отримання консолідованих матеріалів є інтенсивна пластична деформація матеріалів з метою отримання зерен менших 100 нм. Суть цього методу полягає в багаторазовій пластичній деформації зсуву оброблюваного матеріалу при досягненні високого ступеня деформації. Це дозволяє разом зі зменшенням середнього розміру зерна отримувати досить масивні зразки з практично безпористою структурою. Використовується два методи - кручення під високим тиском і рівноканальне кутове пресування. Схематично обидва способи наведені на рис. 7.1.

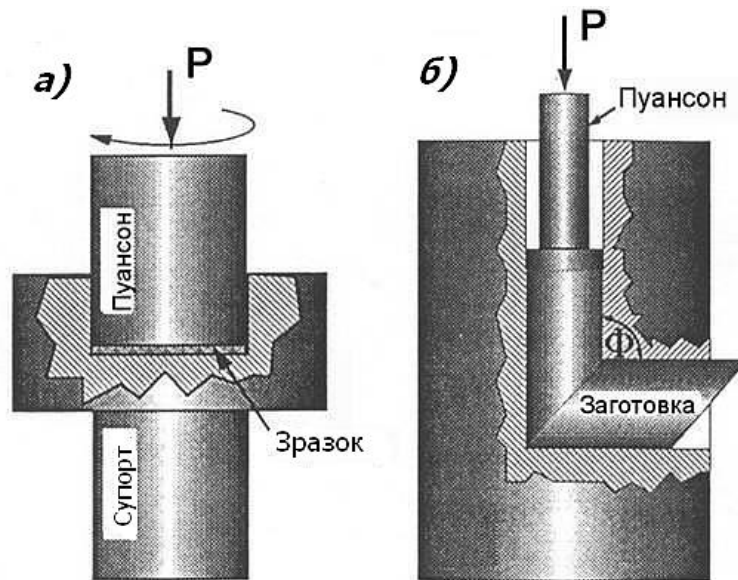


Рис. 7.1. Схема методів інтенсивної пластичної деформації: а) - метод кручення під високим тиском, б) - метод рівноканального кутового пресування

Метод кручення під високим тиском (рис. 7.1. а) заснований на принципі стискання зразка між бойком і супортом при тиску в декілька ГПа. Супорт обертається і сили поверхневого тертя змушують зразок деформуватися.

Утворення ультрадрібнозернистої структури досягається після деформації зразка зсувом за декілька обертів. Середній розмір зерен може досягати 100-200 нм і визначається умовами деформації – тиском, температурою, швидкістю деформації і видом оброблюваного матеріалу.

Метод рівноканального кутового пресування (рис. 7.1. б) полягає в продавлюванні заготовки через два, розміщених під кутом, канали однакового перерізу. На площині перетину каналів виникає однорідна локалізована деформація зсувом

$$\varepsilon_{zc} = 2Nctg \varphi ,$$

де N - число циклів продавлювання; φ - кут перетину каналів. Майже однорідна по перерізу деформація досягається за 8-10 проходів.

Ультразвукове диспергування обумовлено дією звукових коливань середньої і високої інтенсивності на речовину. УЗ-опромінення в дисперсійному середовищі призводить до розривів суцільності внаслідок локального зниження тиску P нижче критичного $P_{кр}$. Протіканню ультразвукового диспергування сприяє акустична кавітація, оскільки подрібнення речовин відбувається під дією ударних хвиль.

7.4. Основи отримання наноматеріалів компактуванням і спіканням порошків

Ця технологія відрізняється універсальністю: з її допомогою можна отримувати вироби різного складу, форми. Однак відразу слід зазначити і недоліки порошкової технології. Основні з них:

- обмеженість розмірів порошкових виробів;
- складність збереження наноструктури при спіканні;
- низька плинність і спресованість;
- залишкова пористість.

Компактування нанопорошків можна проводити холодним одностороннім або двостороннім статичним пресуванням; гарячим аксіальним пресуванням; холодним або гарячим ізостатичним пресуванням в гідро- або газостатах; формуванням литтям із колоїдних гелів з наступним спіканням; магнітно-імпульсним, ударним, вибуховим і ультразвуковим пресуванням. При цьому кількість пор повинна бути мінімальною і має бути збережена наноструктура вихідного порошку.

При виготовленні наноматеріалів використовують ультрадисперсні порошки з розмірами часток не більше 100 нм.

7.5. Нанокристалічні структури на основі аморфних і швидкозагартованих сплавів

Формування нанокристалічної і дисперсної мікрокристалічної структури - типова особливість кристалізації аморфних сплавів, обумовлена наявністю готових центрів кристалізації в аморфній структурі і малою швидкістю росту кристалів.

Для отримання ультрадисперсної структури необхідна наявність якомога більшої кількості центрів кристалізації при малій швидкості їх формування. Якщо швидкість росту буде загальмована, утворюється аморфна структура.

Основне завдання при отриманні швидкозагартованих сплавів - забезпечення високої швидкості охолодження. Природно, чим менше розмір охолоджувальної частки, тим більшу швидкість можна отримати. Тому часто об'єктом гартування бувають мікропорошки, найтонші фольги,

волокна, рідше - об'єкти в консолідованому стані.

До технологічних методів крім швидкозагартованих сплавів відносяться газове розпорошення, відцентрове, надшвидкого затвердіння, спінінгування.

Всі розглянуті методи спрямовані на отримання матеріалів для подальшого формування їх в консолідованому вигляді. Однак є методи отримання швидкозагартованих ультрадисперсних металів відразу в консолідованому вигляді. До них відносяться методи високошвидкісного затвердіння тонкої плівки на теплопровідній поверхні.

7.6. Формування наноструктури дисперсними виділеннями

Дисперсійне зміцнення відбувається при старінні багатьох сплавів, попередньо пройшли загартування на твердий розчин. Цьому виду зміцнення піддаються сплави на основі алюмінію, міді, нікелю, кобальту, мартенситностаріючі сталі, мікролеговані конструкційні сталі та ін. Міцність підвищується внаслідок розпаду пересиченого твердого розчину з утворенням дисперсних зміцнюючих фаз.

Перевагою дисперсно-твердіючих сплавів є те, що вони можуть піддаватися формозміні з метою виготовлення деталей, поки легуючі елементи знаходяться в розчині, після чого їх можна зміцнювати за рахунок старіння.

Максимальна величина межі текучості дисперсно-зміцнених алюмінієвих сплавів, що містять Cu, Mg, Zn, без застосування холодної обробки тиском може складати при кімнатній температурі близько 700 МПа; для мідних сплавів, легуваних берилієм, - 1000-1100 МПа; для нікелевих сплавів типу німонік - 1400 МПа.

Зміцнюючими фазами в сталях можуть бути карбіди, нітриди і інтерметаліди. Перетворення при загартуванні і старінні в титанових сплавах, в принципі, схожі на відповідні перетворення в сталі.

7.7. Наноккомпозити

Серед консолідованих наноматеріалів чільне місце займають наноккомпозити, структури яких характеризуються включенням вторинної фази з розмірами в декілька нанометрів (10-100 нм). Вміст її невеликий - від часток до декількох відсотків. Разом з тим введення таких кількостей металів виявляється достатнім, щоб істотно змінити важливі фізичні властивості, наприклад такі як міцність, каталітична активність в хімічних реакціях, магнітні та електромагнітні властивості.

За рахунок використання нанорозмірних наповнювачів можна збільшити міцність композитів в 2-2,5 рази. У перспективі наповнювач

із спеціально орієнтованих вуглецевих нанотрубок здатний в 5-10 разів підвищити питому міцність.

Процеси, в результаті яких можна отримати нанопорошки або ультрадисперсні порошки - кристалізація, рекристалізація, фазові перетворення, високі механічні навантаження, інтенсивна пластична деформація, повна або часткова кристалізація аморфних структур.

За структурою розрізняють нанокompозити з волокнистим наповнювачем, дисперсно-зміцнені, на полімерній основі, нанокompозити з керамічним наповнювачем.

Розділ 8. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СПЛАВІВ

8.1. Основи теорії термічної обробки сталі

Перетворення, які відбуваються в сталі при нагріванні. У системі залізовуглецевих сплавів прийнято такі позначення критичних точок перетворень: A_1 — температура, що відповідає лінії PSK ; A_2 — точка Кюрі; A_3 — температура, яка відповідає лінії GS ; A_{cm} — температура, яка відповідає лінії ES (рис. 8.2).

У реальних умовах температури перетворень при нагріванні сплавів трохи вищі, а при охолодженні трохи нижчі порівняно з рівноважними (явище гістерезису). Тому перед цифровим індексом при охолодженні записують літеру r (наприклад, Ar_1 , Ar_2), а при нагріванні — літеру c (наприклад, Ac_1 , Ac_3).

При нагріванні вище точки Ac_3 в доєвтектоїдних сталях, Ac_1 в евтектоїдній і A_{cm} в заєвтектоїдних сталях відбуваються фазові перетворення, які закінчуються утворенням аустеніту. До нагрівання ці структури мають, відповідно, структури перліту й фериту; перліту; перліту та вторинного цементиту. При нагріванні вище вказаних температур відбуваються два процеси: алотропічне перетворення $Fe_\alpha \rightarrow Fe_\gamma$ з утворенням аустеніту і розчинення в ньому надлишкових складових: у доєвтектоїдних сталях - фериту, в заєвтектоїдних - вторинного цементиту. При витримці в нагрітій сталі відбувається дифузійний процес вирівнювання хімічного складу аустеніту, обумовлений різною концентрацією вуглецю, вміст якого у фериті складає 0,02%, а в цементиті - 6,67%.

Нагрівання сталі для одержання аустеніту є першою технологічною операцією при проведенні відпалювання другого роду, нормалізації і гартування.

Утворення аустеніту при нагріванні підпорядковується загальним законам вторинної кристалізації. Зерна аустеніту виникають на поверхнях поділу фериту і вторинного цементиту і в середині зерен перліту (Рис. 8.1). Число зерен аустеніту, які виникають (у зв'язку з тим, що цей процес є дифузійним) залежить від температури нагрівання: чим вона вища, тим більше утвориться зерен аустеніту. Тому сталь нагрівають трохи вище температур фазових перетворень (на 30...50 °C).

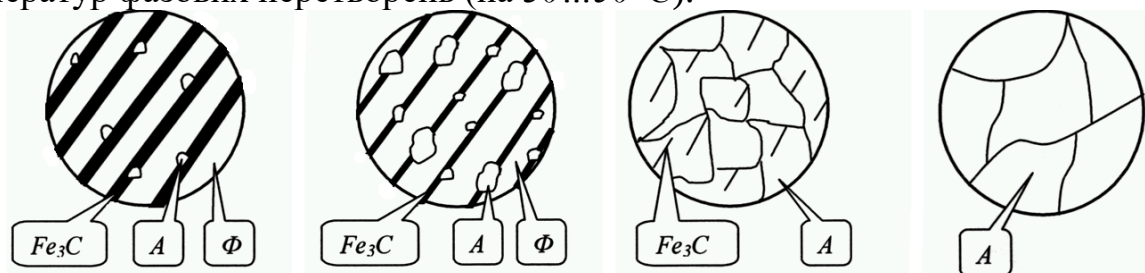


Рис. 8.1. Схема перетворення перліту на аустеніт в ізотермічних умовах

Після закінчення перетворення перліту в аустеніт сталь у результаті алотропічного перетворення $Fe_\alpha \rightarrow Fe_\gamma$ має дрібнозернисту будову. Значне перевищення температури нагрівання чи збільшення часу витримки сприяє росту дрібних зерен і може призвести до зайвого росту зерен аустеніту. Цей процес є небажаним, тому що розмір зерна аустеніту, отриманого в даних конкретних умовах нагрівання, має великий вплив на структуру сталі та її механічні властивості при наступних операціях термічної обробки. Наприклад, чим дрібніше зерно аустеніту, тим дрібногочасту будову і більш високу твердість має мартенсит (структура сталі після гартування).

Перетворення, які відбуваються в сталі при охолодженні. Охолодження сталі є найважливішою операцією термічної обробки. При проведенні таких операцій, як відпалювання другого роду, нормалізація, гартування, сталь нагрівають вище температури фазового перетворення, в результаті чого утворюється структура аустеніту. Але, оскільки швидкість охолодження при цих операціях різна, структура і фізико-механічні властивості сталі після охолодження також різні.

З діаграми стану $Fe \rightarrow C$ очевидно, що аустеніт стійкий тільки при температурах вище лінії GSE (рис. 8.2). При переохолодженні аустеніту нижче цієї лінії відбувається його розпад. Чим вища швидкість охолодження, тим більша ступінь переохолодження аустеніту і його розпад відбувається при нижчих температурах.

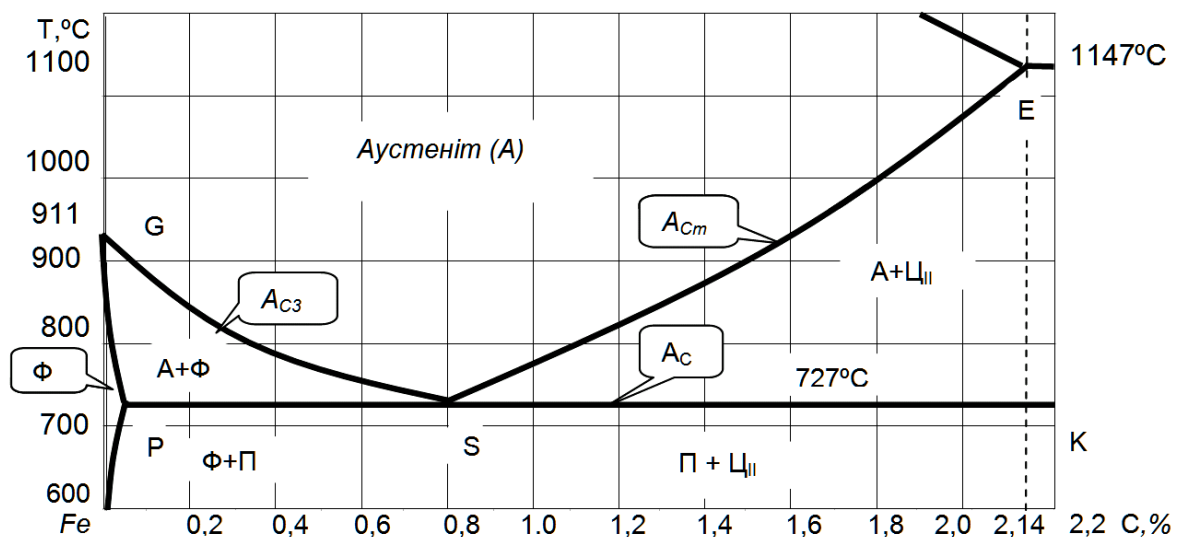


Рис. 8.2. Діаграма стану $Fe \rightarrow Fe_3C$ (стальна ділянка)

Якщо ступінь переохолодження аустеніту невелика, тоді він повністю розпадається на механічну суміш фериту і цементиту різної ступені дисперсності. Цей процес називають *перлітним перетворенням*; після нього можна отримати як рівноважну структуру (перліт), так і нерівноважні (сорбіт і тростит гартування). Перлітне перетворення

відбувається при порівняно високих температурах і тому є дифузійним процесом.

При великій ступені переохолодження аустеніту дифузія зменшується і відбувається бездифузійний процес розпаду аустеніту з утворенням ще однієї невірноваженої структури – *мартенситу* і процес називається *мартенситним перетворенням*.

Перлітне перетворення підпорядковується законам вторинної кристалізації і складається з виникнення з аустеніту зерен перліту і їхнього росту. Зародження зерен відбувається як у результаті переохолодження аустеніту, так і утворення центрів кристалізації, обумовлених присутністю в сталі різноманітних домішок і неметалічних включень (нітридів, оксидів, глинозему тощо). Ріст зерен перліту, будучи дифузійним процесом, може відбуватися тільки при достатньо високих температурах.

Механізм утворення перліту з аустеніту характеризується схемою, приведеної на рис 8.3. Основною фазою при утворенні перліту є цементит. Спочатку утворюється пластинка цементиту, що подовжується і товщає доти, поки вміст вуглецю в навколишніх об'ємах зерна аустеніту не зменшиться настільки, що утвориться пластинка фериту (рис 8.3, VII). Потім відбувається утворення нових (вторинних) пластинок цементиту і фериту. Звичайно у вихідному зерні аустеніту виникає декілька таких ділянок перліту. Розмір пластинок перліту залежить від ступеня переохолодження аустеніту. Перліт, отриманий при малій ступені переохолодження аустеніту, має крупнопластинчасту структуру (рис. 8.4, а). Його твердість за Брінеллем дорівнює 160...180 НВ.

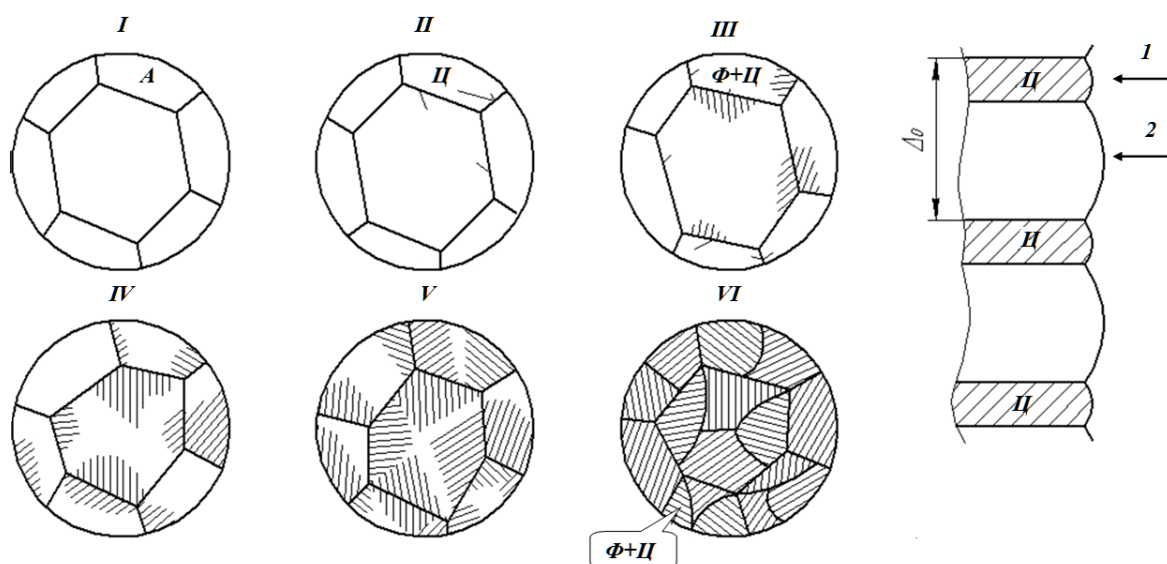


Рис. 8.3. Схема виникнення і росту перлітного зерна: 1 – аустеніт; II – утворення зародків цементиту; III – утворення пластин Ц і Ф; IV – VII – ріст і утворення нових пластин Ц і Ф (П); VII – перерозподіл вуглецю при утворенні П. 1 – висока концентрація вуглецю – Ц (6,67%С); 2 – низька концентрація вуглецю в Ф (<0,02%С)

З підвищенням ступеня переохолодження аустеніту дисперсність перліту збільшується й утворюється структура *сорбіту гартування* (рис. 8.4, б). Цементит у сорбіті гартування має дрібнопластинчасту будову; твердість сорбіту перевищує твердість перліту. Для евтектоїдної сталі твердість за Брінеллем складає 270...320 НВ. При ще більшому ступені переохолодження утворюється *тростит гартування* (рис. 8.4, в) - структура з вищим ступенем дисперсності, яка має ще вищу твердість - 380...460 НВ для евтектоїдної сталі. Таким чином, структури перліту, сорбіту і троститу, будучи механічними сумішами фериту і цементиту, відрізняються тільки ступенем дисперсності пластинок цементиту.

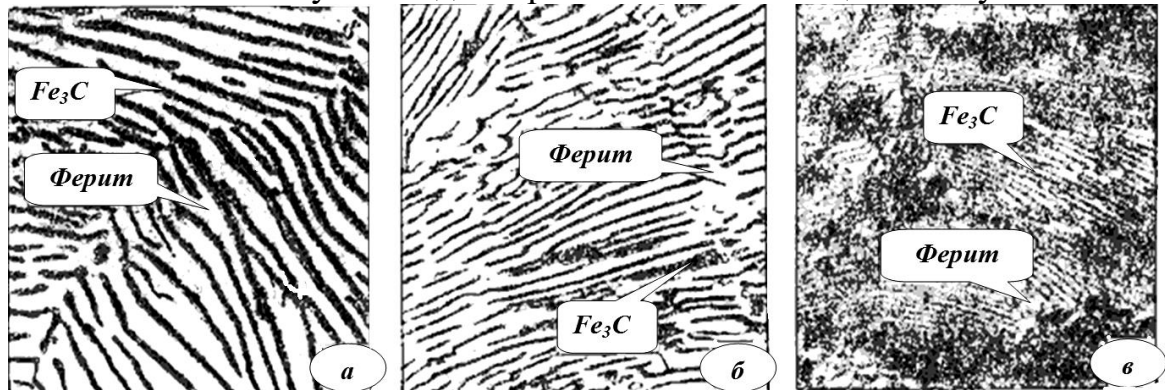
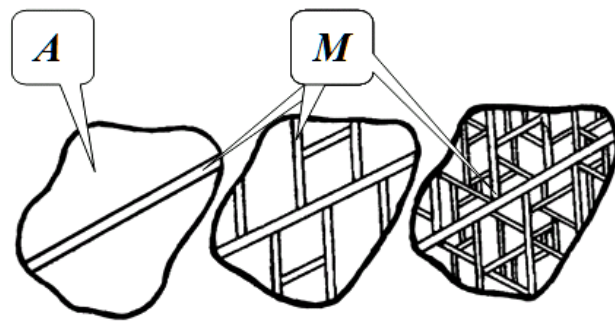
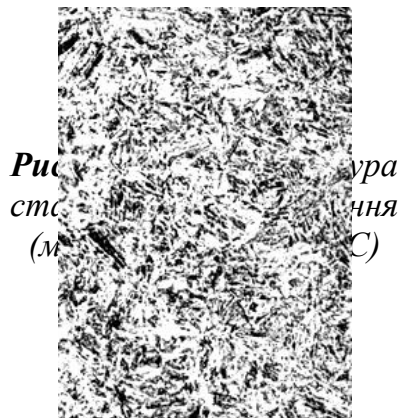


Рис. 8.4. Структури перлітного розпаду аустеніту: **а** – перліт (температура перетворення 700 °С); **б** – сорбіт (температура перетворення 600 °С); **в** – тростит (температура перетворення 500 °С)

Мартенситне перетворення докорінно відрізняється від перлітного, тому що воно не повністю підпорядковується основним законам кристалізації у твердому стані. При великому ступені переохолодження (до температури, що відповідає точці початку мартенситного перетворення M_n для даної сталі) в аустеніті практично миттєво виникають голки (пластинки) мартенситу, але наступного їх росту не спостерігається. Це пояснюється тим, що мартенситне перетворення, на відміну від перлітного, є бездифузійним процесом (хімічний склад мартенситу не відрізняється від складу вихідного аустеніту). При мартенситному перетворенні відбувається тільки перехід $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\alpha$. Мартенсит гартування має характерну голчасту будову (рис. 8.5), в якій голки розташовані паралельно одна одній або перетинаються під кутом 60° або 120°, що є результатом їх орієнтування по визначених площинах і напрямкам у ґратці вихідного аустеніту. Схема утворення мартенситу зображена на рис. 8.6.



Мартенсит є перенасиченим твердим розчином проникнення вуглецю в α -залізі. Пересичений він тому, що розчинність вуглецю в Fe_{α} , як це впливає з діаграми $Fe \rightarrow C$, при кімнатній температурі складає 0,006%; у мартенситі ж може бути розчинено вуглецю до 2%, тобто стільки, скільки у вихідному аустеніті. Тому мартенсит гартування має не кубічну, як Fe_{α} , а спотворену атомами вуглецю тетрагональну решітку із співвідношенням осей $c/a > 1$. Чим вищий вміст вуглецю в сталі, тим більшою є ступінь тетрагональності ґратки мартенситу ($c/a = 1 + 0,046 [C]$). У сталі з $C = 1,2\%$ це співвідношення дорівнює 1,02.

Мартенсит є твердою і крихкою складовою. Твердість мартенситу евтектоїдної сталі 650...760 HB та HRC 62...66. Висока твердість мартенситу пояснюється спотворенням кристалічної ґратки Fe_{α} атомами вуглецю, а також подрібненою блоковою будовою пластин мартенситу, внаслідок внутрішньофазового наклепу. Причиною фазового наклепу є збільшення об'єму сталі при перетворенні аустеніту в мартенсит. На відміну від аустеніту мартенсит має магнітні властивості.

Розпад аустеніту може протікати як при безперервному охолодженні (від температур нагріву при гартуванні до кімнатної температури), так і при постійній температурі (ізотермічний розпад аустеніту).

Мартенситне перетворення може відбуватися лише в тому випадку, якщо буде виключена можливість протікання дифузійних процесів, для чого необхідна велика ступінь переохолодження аустеніту. Це досягається високою швидкістю охолодження сталі (сотні градусів у секунду). При менших швидкостях охолодження в загартованих сталях будуть спостерігатися структури сімейства перлітів - сорбіт і тростит гартування. Швидкість охолодження $v_{кр}$, при якій в структурі сталі утворюється мартенсит, називають *критичною швидкістю гартування*. Отже, щоб отримувати сталь, загартовану на мартенсит, її треба остудити зі швидкістю вище критичної. Критична швидкість гартування сталі залежить від її складу. Наприклад, для вуглецевої евтектоїдної сталі марки У8 вона складає 300 °C/сек.

Розпадання аустеніту може відбуватися не тільки при безперервному охолодженні, але і при постійній температурі (ізотермічний розпад аустеніту). Обробку, засновану на розпаді аустеніту при постійній температурі, називають ізотермічною. При цьому розпадання аустеніту відбувається не при охолодженні сталі, а під час її витримки при визначеній температурі. Висока швидкість охолодження в цьому випадку потрібна тільки для того, щоб переохолодити аустеніт і запобігти його розпаданню з утворенням феритно - цементитної суміші.

Механічні властивості загартованої сталі визначаються кількістю, розміром і властивостями структурних складових. Найбільшу твердість має вуглецева загартована сталь з структурою дрібногочастого мартенситу і невеликої кількості залишкового аустеніту.

Перетворення, що відбуваються у сталі при відпусканні.
При відпусканні сталі в ній відбуваються декілька процесів, які накладаються один на одного; основним з них є дифузійний розпад структур, отриманих після гартування - мартенситу і залишкового аустеніту. Термодинамічне перетворення при відпусканні пояснюються прагненням системи перейти з більш нерівноважного стану в менше нерівноважне.

При вивченні перетворень, які відбуваються у сталі при відпусканні, було встановлено, що при відпусканні загартованої сталі відбуваються чотири перетворення.

Перше перетворення - це перехід мартенситу з тетрагональною ґраткою, характерною для загартованої сталі, у мартенсит із кубічною ґраткою, названий відпущеним мартенситом. Це перетворення відбувається при нагріванні загартованої сталі до $80...200^{\circ}\text{C}$. Зменшення тетрагональності ґратки мартенситу пояснюється виділенням із перенасиченого твердого розчину вуглецю в Fe_α , пластинок цементиту, товщиною в декілька атомних прошарків. Пластинки цементиту при цьому ще не відокремилися від ґратки вихідного твердого розчину і когерентно з ним пов'язані.

При нагріванні до $200...300^{\circ}\text{C}$ у сталі відбувається *друге перетворення*: розпад другої структурної складової загартованої сталі - залишкового аустеніту на механічну суміш фериту і цементиту.

При третьому перетворенні, яке відбувається при нагріванні сталі до $300...400^{\circ}\text{C}$, виділення цементиту відокремлюються від ґратки твердого розчину і відбувається їхній ріст. Розпад мартенситу при цьому повністю закінчується і структура складається з фериту і цементиту. Відбувається також зняття внутрішніх залишкових напружень, які виникли в сталі після гартування.

При нагріванні сталі вище 400°C відбувається тільки коагуляція (укрупнення) виділень фериту і цементиту - *четверте перетворення*.

У результаті цих перетворень загартована вуглецева сталь, нагріта до $300...500^{\circ}\text{C}$, одержує структуру троститу відпуску (рис.8.7, в), а при

нагріванні до $500...680^{\circ}\text{C}$ структуру сорбіту відпуску (рис.8.7, г). Цементит у троститі і сорбіті відпуску має зернисту форму, що обумовлює у відпущеній сталі зниження міцності та твердості і підвищення пластичності і в'язкості в порівнянні з загартованою сталлю. Дисперсність структурних складових у троститі відпуску вища, ніж у сорбіті, і тому твердість і міцність сталі, яка має структуру троститу відпуску, вища ніж у сталі, відпущеної на сорбіт, а пластичність і в'язкість - нижче.

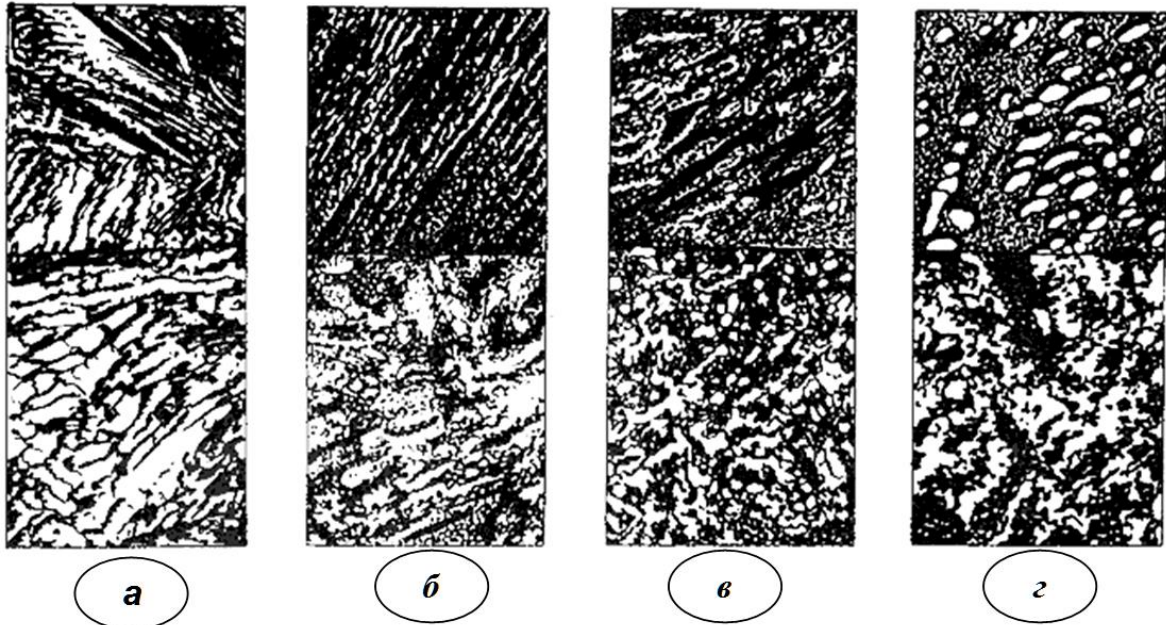


Рис. 8.7. Мікроструктури мартенситу та продуктів його розпаду при відпусканні ($\times 1500$): **а** – мартенсит; **б** – мартенсит відпуску; **в** – тростит відпуску; **г** – сорбіт відпуску (у верхніх частинах структури при збільшенні $\times 12500$).

При кімнатній температурі і дуже тривалих витримках у загартованій вуглецевій сталі відбувається зміцнювальне відпускання (природне термічне старіння), характерне тим, що твердість і міцність сталі збільшуються, а пластичність і в'язкість зменшуються. Вже при невисокому нагріванні цей процес пришвидшується (штучне термічне старіння). Проте чим вища температура нагрівання, тим швидше відбувається не тільки зміцнення, але і зменшення міцності сталі.

8.2. Технологія термічної обробки сталі

Основні поняття. Технологією термічної обробки передбачається вибір операцій і режимів термообробки у відповідності з умовами обробки і роботи деталей машин, конструкцій, інструментів, а також вимогам, які ставляться до структури і властивостей матеріалів, і технічними умовами. Технологічні процеси термообробки ґрунтуються на теорії фазових перетворень при нагріванні та охолодженні. Режимы обробки для конкретних деталей визначаються за довідниками.

Однією з основних задач при виборі режимів є прискорення процесів термообробки, що може бути досягнуто зменшенням часу нагрівання. Загальний час нагрівання складається з часу нагрівання до заданої температури і часу витримки при ній, який визначається структурними перетвореннями в сплав і не залежить від інших факторів.

Обладнання, потрібне для виконання термообробки, поділяється на основне, додаткове та допоміжне. До основного належить обладнання для нагрівання (печі, ванни, апарати й установки), для охолодження (гартувальні баки, машини, ванни) і для обробки холодом (холодильні установки). До додаткового обладнання відносяться установки для очищення деталей від солі, масла, окалини (мийні машини, травильні установки, дробоструминні апарати) та пристрої для правлення та гнуття деталей після гартування. До допоміжного обладнання відносять установки для приготування захисних середовищ і охолодження гартувальних рідин.

Відпалювання. В залежності від того, нагрівають сталь нижче чи вище температур фазових перетворень у твердому стані, розрізняють відпалювання першого роду (рекристалізаційне, для зняття внутрішніх залишкових напруг, дифузійне) і другого роду (повне чи неповне). В залежності від середовища, у якому проводиться нагрівання сталі, відпалювання може бути звичайним і світлим (із застосуванням захисної атмосфери). В залежності від умов охолодження розрізняють відпалювання з безперервним охолодженням і з витримкою при постійній температурі.

Рекристалізаційне відпалювання застосовують для зняття наклепу і внутрішніх залишкових напружень у сталі після її холодної обробки тиском (прокатування, волочіння, штампування). Сталь нагрівають вище температури рекристалізації, дають невеличку витримку при цій температурі і потім охолоджують на повітрі. Рекристалізаційне відпалювання застосовують і як проміжну операцію для підвищення пластичності і попередження появи тріщин у сталі при її холодній обробці тиском.

Відпалювання для зняття внутрішніх залишкових напружень призначене для зменшення або зняття у виробках шкідливих напружень розтягу. Воно проводиться при невисокій температурі, тому цей вид відпалювання іноді ще називають низькотемпературним. Відпалюванню для зняття внутрішніх напружень піддають чорні і кольорові метали і сплави після різноманітних технологічних операцій (лиття, обробка тиском, зварювання, термічна обробка, обробка різанням).

Дифузійне (гомогенізаційне) відпалювання застосовують для злитків і фасонних виливків великих розмірів з легованих сталей для усунення в них дендритної ліквіації. При дифузійному відпалюванні сталь

нагрівають до високої температури (1000...1150 °C), витримують при ній значний час (12...15 год.) і потім повільно охолоджують у печі. Висока температура нагрівання і тривала витримка потрібні для повного протікання дифузійних процесів у сталі. При цьому внаслідок великого часу витримки відбувається збільшення зерна, що не є небезпечним для злитків при подальшій гарячій обробці тиском. Що стосується фасонних виливків, то для отримання дрібнозернистої структури після дифузійного відпалювання їх піддають повному відпалюванню.

Мета *повного відпалювання* - отримання дрібнозернистої структури, переважно, у литої доєвтектоїдної сталі, а також після гарячої обробки тиском для усунення крупнозернистості, відманштетової структури (утворюється внаслідок неправильно вибраної високої температури початку гарячої обробки тиском) або смугастої структури (яка утворюється при низькій температурі кінця обробки). Температуру нагрівання при повному відпалюванні вибирають, користуючись діаграмою стану $Fe \rightarrow C$ (рис. 8.8.). Доєвтектоїдну сталь повільно нагрівають до температури вище точки A_{c3} (лінія GS) на 30...50°C. При цьому у ній відбувається утворення дрібнозернистого аустеніту. Час витримки при нагріванні повинно бути достатнім для прогрівання виробів по всьому перетину. При наступному повільному охолодженні разом із піччю відбувається розпад аустеніту з утворенням дрібнозернистої структури перлиту і фериту.

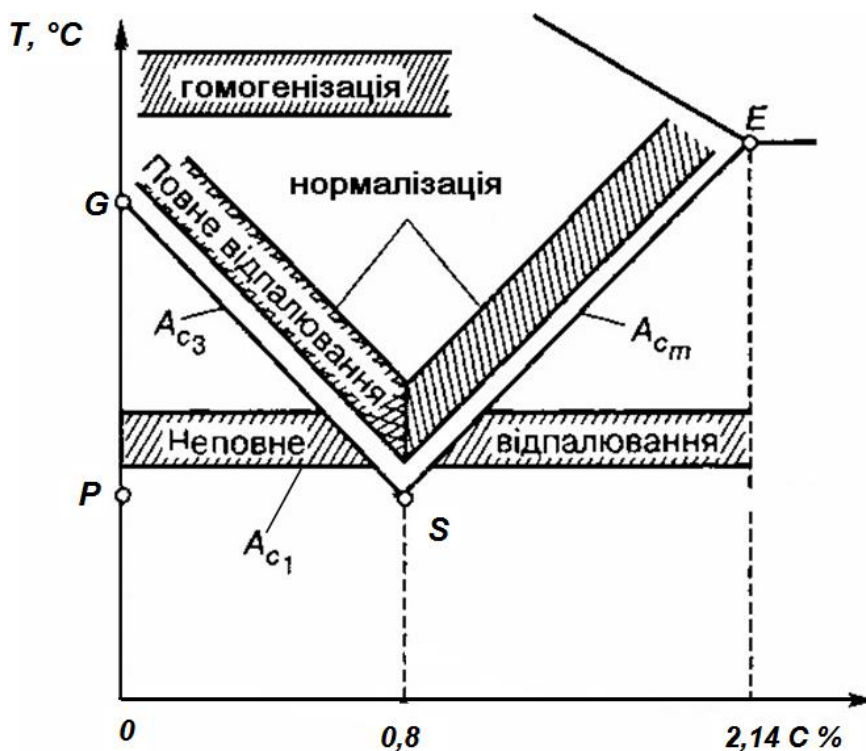


Рис. 8.8. Діаграма стану $Fe \rightarrow Fe_3C$ і температурні інтервали нагрівання сталей при різних видах термічної обробки

При проведенні звичайного повного відпалювання в зв'язку з тривалістю перебування деталей у печі можливе знеуглецьовування й окислювання їхньої поверхні. Тому вироби, які відпалюються, для захисту від знеуглецьовування й окислювання упаковують у ящики, труби чи реторти, заповнені піском, чавунною стружкою або вугіллям. Часто для попередження знеуглецьовування й окислювання застосовують відпалювання у печах із контрольованою захисною атмосферою (або в печах із вакуумом), після якого деталі мають світлу і чисту поверхню. Такий вид відпалювання називається світлим.

Повне відпалювання підвищує міцність, пластичність і в'язкість литої сталі; міцність гарячеобробленої сталі після відпалювання дещо знижується.

Неповне відпалювання застосовують для отримання дрібнозернистої структури в литій і гарячеобробленій заєвтектоїдній сталі. При проведенні неповного відпалювання сталь нагрівають до температури вище точки A_{c1} (лінія PSK), а потім повільно охолоджують. При цьому відбувається перетворення аустеніту в перліт, у той час як вторинний цементит залишається без зміни. Такий режим відпалювання застосовують тільки в тому випадку, якщо в структурі сталі вторинний цементит не утворює сітки навколо зерен перліту. Якщо ж у структурі є цементитна сітка, необхідно нагріти сталь вище точки A_{cm} і остудити на повітрі (нормалізація), щоб розчинити сітку цементиту і не дати йому виділитися, а потім зробити повторне нагрівання вище точки A_{c1} з наступним повільним охолодженням.

Неповне відпалювання застосовують також: для поліпшення оброблюваності різанням гарячеобробленої доєвтектоїдній сталі. При проведенні повного і неповного відпалювання за описаною технологією отримують сталь із структурою пластинчастого перліту (цементиту) і надлишкового фериту чи цементиту або без них.

Для отримання структури зернистого цементиту (рис.8.9.) заєвтектоїдну сталь піддають *сферодизуючому відпалюванню*. При такому виді відпалювання сталь нагрівають трохи вище точки A_{c1} , витримують при цій температурі і потім повільно охолоджують спочатку до температури, яка відповідає точці A_{c1} , а потім на повітрі. Внаслідок невисокої температури нагрівання, у сталі, поряд з аустенітом, зберігається велике число часток, які не розчинилися, що сприяє утворенню зернистої форми перліту (цементиту). На розмір зерен цементиту впливає швидкість охолодження; із зменшенням швидкості охолодження розмір зерна збільшується. Відпалена сталь із структурою зернистого цементиту в порівнянні з відпаленою сталлю зі структурою пластинчастого перліту, має меншу твердість, велику в'язкість і кращу оброблюваність різанням.

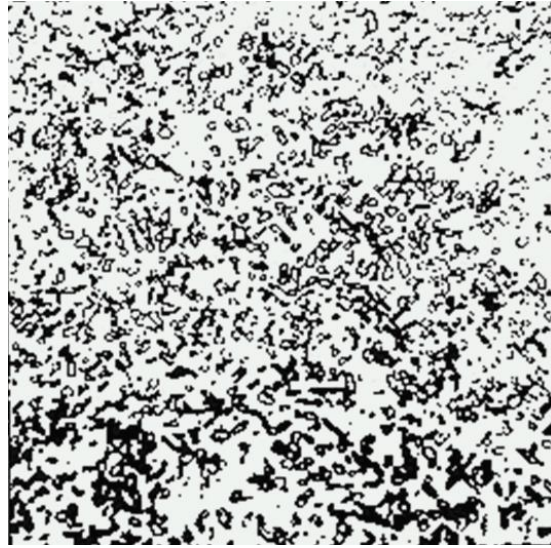


Рис. 8.9. Мікроструктура евтектоїдної сталі після сфероїдизуючого відпалювання (зернистий перліт)

Щоб полегшити утворення зернистого перліту, нагрівання вище точки A_{c1} і охолодження нижче точки A_{r1} повторюють декілька разів. Таке відпалювання називають маятниковим, або циклічним. При наявності в сталі цементитної сітки сфероїдизуючому відпалюванню повинна передувати нормалізація.

Всі розглянуті види відпалювання проводять з безперервним повільним охолодженням. При відпалюванні з витримкою при постійній температурі (ізоtermічне відпалювання) сталь нагрівають, як і при звичайному відпалюванні: до евтектоїдної вище точки A_{c3} , заевтектоїдну - вище точки A_{c1} на $20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Потім швидко охолоджують до температури нижче точки A_{r1} на $20...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і витримують при цій температурі; під час витримки відбувається перетворення аустеніту в перліт. Після цього сталь охолоджують звичайно на повітрі. Час ізоtermічної витримки повинен бути більшим часу ізоtermічного перетворення аустеніту, обумовленого С-подібними кривими. При цьому варіанті ізоtermічне відпалювання роблять в одній печі. Іноді ізоtermічне відпалювання роблять у двох печах. У одній печі виріб нагрівають вище температури фазового перетворення, а потім переносять в іншу піч, нагріту до температури нижче точки A_{r1} і витримують при цій температурі. Можливий і інший варіант, коли вироби після нагрівання в печі переносять у соляну ванну, нагріту до $600...650\text{ }^{\circ}\text{C}$, і витримують при цій температурі протягом декількох годин. Останні два способи більш економічні.

Перевагами ізоtermічного відпалювання у порівнянні зі звичайним є менша тривалість процесу завдяки прискоренню охолодження ($4...7\text{ год.}$ замість $15...30\text{ год.}$) і більш однорідна структура, що покращує оброблюваність сталі різанням. Ізоtermічним відпалюванням, переважно, обробляють леговані сталі, в яких, він, крім зниження твердості перед обробкою різанням, понижує чутливість до утворення флокенів і тріщин.

Нормалізація. При нормалізації доєвтектоїдну сталь нагрівають звичайно до температури вище точки A_{c3} , а заєвтектоїдну вище точки A_{cm} на $30...50^{\circ}\text{C}$ (рис. 8.1), а потім охолоджують на повітрі. Нормалізація одержує все більшого поширення в практиці термічної обробки і для низьковуглецевих сталей часто заміняє тривалу операцію повного відпалювання, а для середньовуглецевих ($0,25...0,6\%$) і легованих сталей - гартування з наступним високим відпуском.

Метою нормалізації є отримання дрібнозернистої структури в доєвтектоїдних сталях, зняття внутрішніх залишкових напруг і наклепу, отримання однорідної структури перед завершальною термічною обробкою, холодним штампуванням або обробкою різанням, знищення сітки вторинного цементиту в заєвтектоїдних сталях. Нормалізують фасонні виливки, поковки і штамповки, а також деталі, які цементуються. Після нормалізації доєвтектоїдна низьковуглецева сталь має структуру перліту і фериту, як і після відпалювання, але більш дрібнозернисту. Механічні властивості нормалізованої сталі дещо вищі в порівнянні з відпаленою.

Середньовуглецева і низьколегована сталі після нормалізації отримують структуру сорбіту і тому твердість і міцність їх у порівнянні з відпаленою сталлю вищі. Іноді нормалізація заміняє гартування і високий відпуск, проте в цьому випадку нормалізована сталь має меншу в'язкість, ніж загартована і відпущена, і для відповідальних деталей машин і конструкцій не застосовується.

Гартування сталі. Гартування є поширеною операцією термічної обробки деталей машин і інструментів, її мета – надання матеріалу високої твердості і міцності шляхом утворення нерівноважних структур – мартенситу, троститу, сорбіту, а також голчастого троститу.

Існує декілька різновидів гартування сталі. В залежності від товщини загартованого про шарку розрізняють *об'ємне* і *поверхнєве* гартування. Об'ємне гартування провадиться в печах і ванних, а поверхнєве-струмами високої, підвищеної і промислової частоти, газовим полум'ям і в електролітах. В залежності від швидкості охолодження буває *об'ємне гартування* (рис. 8.10) з безперервним охолодженням (1) і з переривчастим охолодженням (2), ізотермічне (4), ступінчасте (3). В залежності від середовища, у якому нагрівають сталь, розрізняють гартування звичайне і з застосуванням захисної атмосфери (світле).

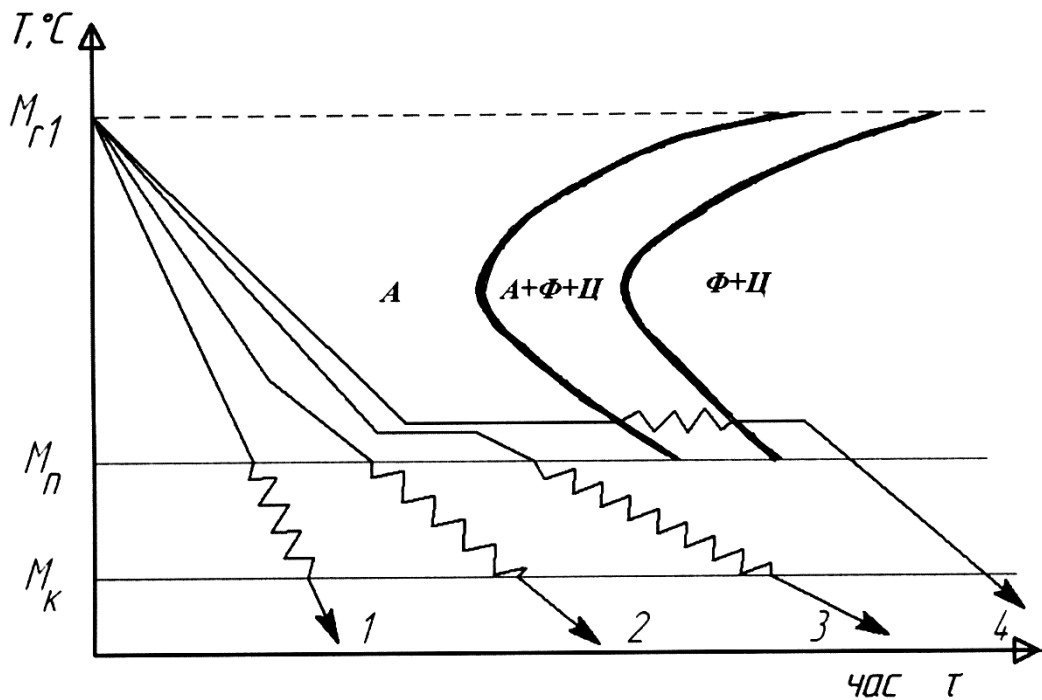


Рис. 8.10. Схеми режимів охолодження при різних способах гартування: 1 – безперервне гартування; 2 – переривчасте гартування; 3 – ступінчасте гартування; 4 – ізотермічне гартування.

Температуру нагрівання під гартування для вуглецевих сталей вибирають, користуючись діаграмою стану $Fe \rightarrow C$ (рис. 8.1). Доевтектоїдну вуглецеву сталь нагрівають до температур вище точки A_{C3} (лінія GS), а заевтектоїдну - вище точки A_{C1} (лінія PSK) на $30...50^\circ C$. Нагрівання заевтектоїдної сталі вище точки A_{Cm} не роблять, щоб зберегти в структурі загартованої сталі цементит, що є більш твердою складовою, ніж мартенсит. Таким чином, у той час як температура нагрівання під гартування доевтектоїдної сталі знижується зі зміною вмісту в сталі вуглецю, температура нагрівання заевтектоїдних сталей постійна і складає $760...780^\circ C$. Час витримки при нагріванні вибирають у залежності від розмірів виробів й об'єму металу, який завантажується в піч. Після нагрівання і витримки вироби охолоджують у різноманітних гартівних середовищах, які забезпечують необхідну швидкість охолодження. Найпоширенішими гартівними середовищами є: вода, мінеральні масла, розчин їдкого натрію, розплавлені солі, луги і метали, емульсії тощо.

Основна вимога до гартівних середовищ - висока охолодна спроможність в інтервалі температур $650...550^\circ C$ (температури найменшої стійкості аустеніту на C -подібній кривій) і знижена охолодна спроможність при $300...200^\circ C$ (в області мартенситного перетворення), коли аустеніт відносно стійкий. Уповільнене охолодження в інтервалі температур $300...200^\circ C$ необхідне для зменшення внутрішніх термічних напруг.

При ізотермічному і ступінчастому гартуванні охолодження сталі проводиться в гарячих середовищах - у ваннах із розплавленими металами, солями чи лугами.

Охолодну спроможність гартівних середовищ підвищують інтенсивним перемішуванням, здійснюваним різноманітними способами: механічним, за допомогою ультразвукових коливань тощо.

Основними технологічними властивостями при гартуванні сталі є *загартовуваність* і *прогартовуваність*. Спроможність сталі до підвищення твердості при гартуванні називають загартовуваністю.

Загартовуваність визначається в основному вмістом вуглецю в сталі. Наприклад, збільшення вуглецю з 0,3 до 0,7 % твердість вуглецевої сталі зростає з 30 до 65 HRC. Подальше збільшення вмісту вуглецю не дає зростання твердості сталі. Низьковуглецеві сталі (до 0,2 %) практично не загартовуються, оскільки їхня твердість при гартуванні не підвищується. Загартовуваність збільшують легуванням сталі нікелем, хромом, манганом, кремнієм.

Здатність сталі гартуватися на визначену глибину називається її *прогартовуваністю*.

Поверхневі шари деталей машин і інструменти, які стикаються з гартівним середовищем, охолоджуються швидше, ніж внутрішні, тому не завжди вдається досягти прогартовуваності по всьому перерізу (наскрізної прогартовуваності). При не наскрізній прогартовуваності структурною складовою поверхневих шарів виробу після гартування є мартенсит, а внутрішніх шарів - тростит. Отже, твердість на поверхні виробу вища, ніж у серцевині. За глибину загартування приймають віддаль від поверхні виробу до прошарку з напівмартенситною структурою (50% мартенситу і 50% троститу). У сталі з глибокою прогартовуваністю твердість знижується поступово, а з неглибокою - спостерігається її різке зменшення в міру віддалення від поверхні.

Крім швидкості охолодження, прогартовуваність залежить від ряду інших чинників: складу сталі, вихідної структури, діаметра виробу, температури нагрівання під гартування тощо. Прогартовуваність, поряд з іншими технологічними властивостями, є одним із основних факторів при виборі марки сталі і виду її термічної обробки.

При охолодженні сталі в процесі гартування виникають внутрішні термічні і структурні напруги, пов'язані з перебудовою ГЦК-граток аустеніту в гратки мартенситу і зміною об'єму сталі. В результаті виникнення внутрішніх напруг у сталі після гартування можуть з'явитися тріщини, короблення, деформації.

Дефектами гартування є також виямки на поверхні, знижені твердість і міцність, знеуглецьовування, окислювання тощо. Застосування різноманітних видів гартування і правильний вибір її режимів дають можливість уникнути цих дефектів або в значній мірі зменшити їх.

Є декілька різновидів об'ємного гартування. При гартуванні в одному охолоднику нагріті до температури гартування вироби

занурюють у гартівне середовище (найчастіше - воду чи масло), де вони і знаходяться до повного охолодження (рис.8.3, крива 1). Гартування цього виду застосовують як для вуглецевої сталі (охолодження у воді), так і для легованої сталі (охолодження в маслі). Недоліком такого способу гартування є те, що в результаті великої різниці температур нагрітого металу й охолодного середовища в загартованих сталях, поряд із структурними, виникають великі термічні напруги, які ведуть до утворення тріщин, короблення й інших дефектів.

Для зменшення термічних напруг застосовують гартування з підстужуванням, коли нагрітий виріб перед зануренням у гартівне середовище якийсь час витримують на повітрі (підстужують). При цьому необхідно, щоб температура виробів не опускалася нижче точки Ar_3 – для доевтектоїдної сталі і нижче точки Ar_1 – для заевтектоїдної.

Застосовують також гартування в двох середовищах (рис. 8.10, крива 2): деталі спочатку охолоджують до $300...400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воді, а потім в маслі. Таке гартування має назву переривчастого і застосовується, переважно, для високовуглецевої інструментальної сталі. Іншим видом гартування є ступінчасте гартування (рис. 8.10, крива 3), при якому сталь охолоджують поетапно, у двох різноманітних середовищах. Першим охолоджувальним середовищем є розплавлені солі або масло, нагріті до температури на $20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище точки M_n , для даної сталі. У гарячому середовищі деталям дають короткочасну витримку (до початку розпаду аустеніту) для вирівнювання температури по всьому об'єму виробів. Ванни, в яких роблять охолодження виробів, мають постійну задану температуру, автоматично регульовану у вузьких межах. Після витримки в гарячому середовищі сталь має структуру аустеніту. Другим охолодним середовищем є повітря. При охолодженні сталі на повітрі відбувається перетворення аустеніту в мартенсит.

Основною перевагою ступінчастого гартування є можливість зменшення термічних напруг, і отже, тріщин і короблення виробів. При ступінчастому гартуванні досягається також сприятливе поєднання високої в'язкості і міцності. Твердість сталі після ступінчастого гартування відповідає твердості мартенситу і складає $HRC\ 54...60$. Застосування ступінчастого гартування обмежено розмірами виробів, тому так гартують, як правило, вироби малих перетинів, що виготовлені з вуглецевої сталі.

Найпрогресивнішим методом гартування, яке забезпечує поєднання високої міцності, пластичності і в'язкості, є ізотермічне (рис. 8.10, крива 4), при якому сталь охолоджують у гарячому середовищі (соляних або лужних ваннах). Температура нагрівання середовища різна в залежності від складу сталі, але завжди на $20...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище точки M_n для даної сталі. Перетворення аустеніту в голчастий тростит відбувається під час ізотермічної витримки сталі. Після цього сталь охолоджують на повітрі. Ізотермічному гартуванню особливо часто піддають вироби з високолегованих сталей.

Після гартування твердість сталі підвищується і тим більше, чим більше в сталі вуглецю. Проте, одночасно з цим у загартованій сталі збільшується вміст залишкового аустеніту, що помітно знижує її твердість. Поряд із високими твердістю і міцністю загартована сталь характеризується зниженими пластичністю і в'язкістю. Змінюються і фізичні властивості: електричний опір і коерцитивна сила після гартування підвищуються, а магнітна проникність і залишкова індукція знижуються. Зміну фізичних властивостей можна використати. Наприклад, заевтектоїдні вуглецеві сталі, застосовувані для постійних магнітів, які повинні мати високу коерцитивну силу, загартовують на мартенсит.

Відпускання. Призначення відпуску - зняти внутрішні залишкові напруження, які виникли в загартованій сталі, і одержати необхідні структуру та механічні властивості. Відпуск є найважливішою операцією термічної обробки, яка формує структуру і властивості сталі і визначає її поведінку в експлуатації. При відпусканні виконується нагрівання сталі нижче точки A_{c1} (лінії *PSK*) (рис. 8.8), витримка й охолодження.

У залежності від температури нагріву розрізняють низький, середній і високий відпуск. *Низький відпуск* характеризується температурами нагрівання $150...250\text{ }^{\circ}\text{C}$, при яких у сталі протікають тільки перше і друге перетворення, що не знижує помітно її твердості. Після низького відпуску сталь одержує структуру відпущеного мартенситу. Низький відпуск застосовується для вуглецевих і легированих інструментальних сталей, для яких необхідні високі твердість (*HRC 59...63*) і зносостійкість. *Середній відпуск* характеризується нагріванням до $350...500\text{ }^{\circ}\text{C}$, при якому в сталі відбувається третє перетворення. Після середнього відпуску сталь має структуру троститу відпуску. Ця структура у вуглецевій сталі має достатньо високу твердість (*HRC 44...54*) при високій пружності. Середній відпуск застосовують для пружинних і ресорних сталей. *Високе відпускання* характеризується температурою нагрівання $500...700\text{ }^{\circ}\text{C}$ і структурою сорбіту відпускання. Подвійну термічну обробку, яка складається з гартування на мартенсит і високого відпуску називають поліпшенням, тому що після такої обробки відпущена сталь одержує найбільш сприятливе поєднання механічних властивостей - високі в'язкість і пластичність поряд із достатньою міцністю. Високому відпуску піддають, як правило, конструкційні (вуглецеві та легировані) сталі, що поліпшуються, які містять $0,3...0,5\%\text{C}$.

Загартована сталь набуває не лише підвищеної міцності та твердості, а й схильності до крихкого руйнування; тому після її гартування з метою підвищення в'язкості та усунення гартівних напружень відпуск сталі виконують обов'язково. Температура відпуску впливає на границю міцності, границю плинності, твердість, відносні видовження та звуження, а також на ударну в'язкість сталі. Зміну механічних властивостей, наприклад сталі 45, після гартування при різних температурах відпуску показано на рис. 8.11.

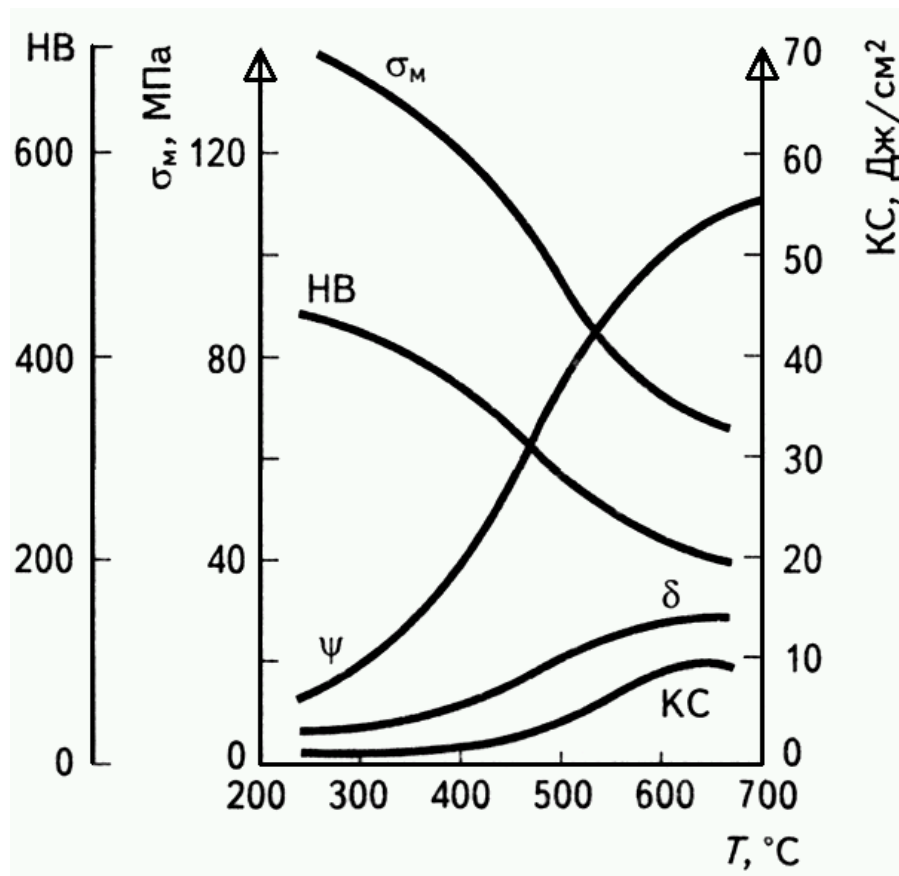


Рис.8.11. Механічні властивості сталі 45 в залежності від температури відпуску

Крім температури нагрівання, важливим чинником при відпуску є час витримки; чим вища температура відпускання, тим час витримки може бути меншим. Швидкість охолодження при відпусканні вуглецевої сталі великого значення не має.

Таким чином, залежно від температури нагрівання сталі під час її відпуску утворюються структури *мартенситу*, *троситу* або *сорбіту відпуску*. Структури відпуску трохи відрізняються від структур гартування і більш сприятливі для експлуатації сталевих деталей. Легуючі елементи в сталі впливають на дифузійну рухливість атомів, тому термообробка легованих сталей має деякі особливості. Детально про це йтиметься далі.

8.3. Основи хіміко-термічної обробки сталі

Суть, призначення та основні процеси, що відбуваються при хіміко-термічній обробці сталі. Хіміко-термічною обробкою (ХТО) називають технологічний процес дифузійного насичення поверхневого шару деталей різними елементами. Різні види хіміко-термічної обробки застосовують для підвищення поверхневої твердості, зносостійкості, опору втомленості, контактної витривалості, а також для захисту від електрохімічної та газової корозії.

При *ХТО* деталь розміщують у середовищі з високим вмістом елемента, що дифундує у метал. Процес насичення поверхні метала дифундуючим елементом складається з трьох етапів.

На першому етапі протікають хімічні реакції у середовищі, в якій розміщена деталь, у результаті яких утворюються активні атоми дифундуючого елемента, наприклад,



На другому етапі процесу відбувається абсорбція або хемосорбція активних атомів дифундуючого елемента поверхнею металу, в результаті чого дуже тонкий поверхневий шар насичується дифундуючим елементом, тобто відбувається процес абсорбції. Цей процес можливий тільки в тому випадку, якщо дифундуючий елемент здатний розчинятися в матеріалі деталі або утворювати з ним хімічні сполуки.

Третій етап – дифузійне проникнення елемента вглиб металу, що супроводжується утворенням твердих розчинів чи фазовою перекристалізацією. Як результат цього етапу утворюється дифузійний шар зі змінною концентрацією дифундуючого елемента по перерізу.

Найбільш повільною ланкою *ХТО* є третій етап, тобто дифузійна стадія, коли формується структура і властивості поверхневого шару деталі.

Результати *ХТО* визначаються товщиною дифузійного шару та концентрацією насичуючого елемента у поверхневому шарі, а основними технологічними параметрами процесу є склад насичуючого середовища, температура та його тривалість.

Склад насичуючого середовища та температура визначають швидкість дисоціації сполук і утворення насичуючого елемента в атомарному вигляді. Температура, крім того, визначає швидкість дифузії насичуючого елемента в металі, яка залежить від коефіцієнту дифузії D .

Залежність коефіцієнта D від температури виражається рівнянням (8.2):

$$D = Ae^{-\frac{Q}{RT}} \quad (8.2)$$

де A - коефіцієнт, який залежить від типу кристалічної ґратки металу, що насичується; Q - енергія активації процесу дифузії; R - газова постійна; T - абсолютна температура.

Тривалість процесу *ХТО* визначається потрібною товщиною дифузійного шару. При постійних параметрах процесу (температура, склад насичуючого середовища) збільшення товщини шару в часі підкоряється параболічному закону:

$$y = k\sqrt{\tau} \quad (8.3)$$

Найбільш інтенсивно товщина дифузійного шару зростає на початку ХТО.

Товщина дифузійного шару залежить від (крім тривалості процесу) температури процесу, характеру твердого розчину, що утворюється, складу оброблюваного металу і концентрації дифундуючого елементу на поверхні деталі. Чим вище концентрація дифундуючого елементу на поверхні, тим більша товщина шару при даній температурі та тривалості процесу насичення. Швидкість дифузії атомів насичуючого елементу, який утворює з оброблюваним металом тверді розчини проникнення, значно вище, ніж при утворенні твердого розчину заміщення. Тому при насиченні сталі металами (Cr , Al , Si тощо), які утворюють із залізом тверді розчини заміщення, процес проводять при більш високих температурах і більш тривалій час і при цьому отримують меншу товщину дифузійного шару, ніж при насиченні азотом і вуглецем, які утворюють із залізом тверді розчини проникнення. Дифузія елементів у ґратці Fe_α відбувається легше ніж у ґратці Fe_γ тому що γ -залізо більш щільно упаковане.

В залежності від насичуючого елементу ХТО сталі поділяється на такі види: цементація, азотування, ціанування (нітроцементация), дифузійне насичення сталі металами і неметалами.

Цементация сталі — це технологічний процес дифузійного насичення поверхневого шару сталей вуглецем.

Цементацию проводять з метою отримання твердої, стійкої до зношення поверхні, що досягається збагаченням поверхневого шару металу деталей вуглецем і послідовним гартуванням і низьким відпуском. Крім того, після такого комплексного процесу підвищується границя контактної витривалості і границя витривалості при згині і крутінні.

Для цементации звичайно використовують низьковуглецеві сталі, що містять від 0.1 до 0.25 % С. Це забезпечує збереження серцевини деталі, яка не насичується вуглецем при цементации, високої в'язкості після гартування. Поверхні деталі, які не підлягають цементации, захищають шаром міді завтовшки 0,02...0,05 мм. Цементации звичайно піддають деталі машин, які повинні мати зносостійку робочу поверхню і в'язку серцевину: зубчасті колеса, вали, пальці, розподільчі вали, кулачки, черв'яки тощо.

Цементацию проводять, як правило, при температурах, що перевищують точку A_{c3} (930...950 °C), при яких стійкою фазою є аустеніт, який розчиняє вуглець у великих кількостях.

Цементований шар має змінну концентрацію C по глибині, яка зменшується від поверхні до серцевини деталі. На поверхні деталі концентрація C після цементации доводиться до 0,8...1,0%. Тому в структурі цементованого шару після повільного охолодження можна розрізнити три зони (рис.8.12): заевтектоїдну, що складається з перліту і цементиту; евтектоїдну, що складається тільки з пластинчастого перліту; і доевтектоїдну, що складається з перліту і фериту з поступовим зменшенням кількості перліту і збільшенням кількості фериту.

Товщина цементованого шару звичайно становить $0,5...1,8$ мм. При цьому зі збільшенням температури процесу збільшується товщина шару, що отримується за даний проміжок часу.

Для забезпечення максимального опору контактної втоми кількість C на поверхні може бути підвищена до $1,1...1,2\%$. Але більш висока концентрація C викликає погіршення механічних властивостей цементованого виробу.

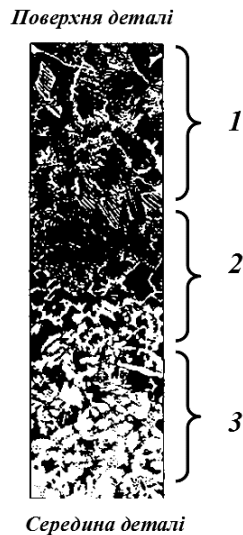


Рис. 8.12. Мікроструктура дифузійного шару після цементації низьковуглецевої сталі:
1 – заевтектоїдна зона; 2 – евтектоїдна зона;
3 – доевтектоїдна зона

На практиці найчастіше застосовують два способи цементації: у твердому і газовому карбюризаторі.

Цементация у твердому карбюризаторі. Найбільш розповсюджений твердий карбюризатор складається в основному з деревного вугілля з додаванням вуглекислих солей ($BaCO_3$, Na_2CO_3 та ін.) у кількості $10...40\%$ від маси вугілля.

Деталі, які підлягають цементації, укладають у металеві ящики і засипають карбюризатором. Ящики герметизують, змазуючи кришку вогнетривкою глиною, завантажують у піч і витримують при температурі $930...950\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому у цементаційному ящику відбуваються такі процеси:

1) вуглець деревного вугілля взаємодіє з киснем повітря, що залишився у цементаційному ящику, за реакцією:



1) вуглекислий Ва при нагріванні розкладається за реакцією:



2) вуглекислий газ взаємодіє з вуглецем вугілля, утворюючи оксид вуглецю:



4) оксид вуглецю, який утворюється за реакціями (8.4), (8.6), розкладається у присутності заліза за реакцією:



5) активний атомарний С який утворюється в результаті реакції (8.7) абсорбується поверхнею деталі:



6) розчинений С дифундує вглиб металу, утворюючи дифузійний шар з підвищеним вмістом С.

Вуглекислі солі активізують карбюризатор, прискорюючи швидкість утворення атомарного С за реакціями (8.5), (8.6) і (8.7).

Тривалість цементації твердими карбюризаторами залежить від розмірів ящика і потрібної товщини шару і становить від 10 до 20 год. Після цементації ящики охолоджують на повітрі до 400...500 °С, потім розкривають.

Газова цементація. Сутність газової цементації полягає в тому, що процес здійснюється в печах з герметичною камерою, наповненою газовим карбюризатором. Як цементуючий газ використовують природний газ, пропан-бутанові суміші, рідкі вуглеводні, а також ендогази.

Газова цементація має ряд переваг порівняно з цементацією в твердому карбюризаторі, основними з яких є:

- 1) можливість забезпечення заданої концентрації С у шарі;
- 2) скорочення тривалості процесу завдяки відсутності в технологічному процесі цементаційних ящиків з малотеплопровідним карбюризатором;
- 3) можливість повної механізації та автоматизації процесу завдяки спрощенню термічної обробки деталей після цементації (гартування можна проводити безпосередньо з цементаційного нагріву після попереднього підстижування).

При використанні природного газу, основною складовою якого є метан CH_4 , C_{am} утворюється при дисоціації метану:



Процес здійснюють при температурі $910...930^{\circ}\text{C}$ протягом $6...12$ год., при цьому одержують цементований шар завтовшки $1,0...1,7$ мм.

Кінцеві властивості цементовані деталі отримують у результаті термічної обробки, яку проводять після цементації. Така обробка проводиться для виправлення структури серцевини і цементованого шару після тривалого високотемпературного процесу цементації, отримання високої твердості і зносостійкості поверхневого шару та добрих механічних властивостей серцевини деталі. У більшості випадків, особливо при обробці спадково дрібнозернистих сталей, застосовують гартування з температури $820...850^{\circ}\text{C}$. Така обробка забезпечує подрібнення зерна і повне гартування цементованого шару і часткову перекристалізацію та подрібнення зерна серцевини.

Після газової цементації часто проводять гартування безпосередньо із цементаційної печі після підстижування до $840...860^{\circ}\text{C}$. Така обробка не виправляє структуру цементованого шару і серцевини. Тому таку обробку застосовують тільки для виробів, виготовлених із спадково дрібнозернистих сталей.

Інколи термічна обробка після цементації складається з подвійного гартування і відпуску. Перше гартування (або нормалізація) з нагріванням до $880...900^{\circ}\text{C}$ проводять для виправлення структури серцевини, а друге гартування ($t_n=760...780^{\circ}\text{C}$) – для усунення перегріву цементованого шару і надання йому високої твердості та зносостійкості. Заключною операцією термічної обробки цементованих виробів є низький відпуск при $160...180^{\circ}\text{C}$, який зменшує внутрішні напруги, поліпшує механічні властивості, зберігаючи високу твердість і зносостійкість поверхні деталі.

Азотуванням сталі називають процес дифузійного насичення поверхневого шару сталі азотом. Вперше був здійснений в 1913 р. М.П. Чижевським.

Азотування проводять з метою підвищення твердості, зносостійкості, границі витривалості і корозійної стійкості сталейних виробів. Перевагами азотування перед цементацією є:

- 1) вища твердість азотованого шару;
- 2) вища теплостійкість азотованого шару; твердість азотованого шару зберігається до $450...500^{\circ}\text{C}$;
- 3) вища корозійна стійкість азотованого шару.

Азотування проводять у герметичних камерах, в яких підтримують температуру $500...600^{\circ}\text{C}$, і в які з певною швидкістю подається аміак. Аміак при таких температурах розкладається за реакцією:



Атомарний азот абсорбується поверхнею сталейних деталей і дифундує вглиб металу.

У системі $Fe \rightarrow N$ можливо утворення таких фаз:

ϵ -фаза – твердий розчин азоту на базі нітриду Fe_3N ;

γ -фаза – твердий розчин на базі нітриду Fe_4N ;

α -азотистий ферит з максимальним вмістом 0,42% N при 590 °C і 0,01% N при 20 °C;

γ -фаза – азотистий аустеніт, який при температурі 590 °C розкладається на евтектоїдну суміш $\alpha + \gamma'$.

Структура азотованого шару складається із механічної суміші твердих розчинів на основі нітридів Fe_4N і Fe_3N . Під цим шаром розміщується азотистий ферит. При наявності в сталі легуючих елементів азот також утворює нітриди: CrN , Cr_2N , Mo_2N , MnN , TiN , AlN , VN . Утворення дисперсних нітридів легуючих елементів перешкоджає руху дислокацій і внаслідок цього підвищують твердість азотованого шару. Найбільш сильно підвищують твердість азотованого шару Al , Cr , Mo , V . Тому при необхідності забезпечення високої твердості і зносостійкості азотованої деталі для її виготовлення застосовують середньовуглецеву сталь 38Х2МЮА. Сумісна присутність в даній сталі Cr , Mo , Al забезпечує твердість після азотування до 1200HV. Молібден, крім того усуває відпускну крихкість, яка може виникати при повільному охолодженні від температури азотування.

Азотування – дуже повільний процес. Його тривалість, звичайно, досягає 60 год. Для прискорення процесу застосовують ступінчасте азотування, іонне азотування, азотування в рідких середовищах складу 40 % $KCNO$ + 60 % $NaCN$ (теніфер-процес) тощо.

Азотуванню піддають циліндри двигунів, насосів, шестерні, копії верстатів, втулки, клапани двигунів внутрішнього згорання, матриці і пуансони штампів. Недоліком азотування є крихкість азотованого шару.

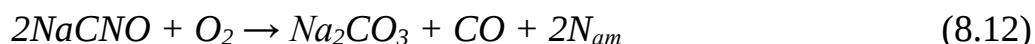
Ціануванням (нітроцементация) сталі називають процес дифузійного насичення поверхневого шару сталейних деталей одночасно вуглецем і азотом. Ціанування застосовують для підвищення поверхневої твердості, зносостійкості і втомної міцності сталейних деталей, а також корозійної стійкості. Найчастіше ціанування проводять в розплавлених солях, що містять ціаністі солі, наприклад, $NaCN$, і в газовому середовищі, що містять вуглець і азот. Процес газового ціанування називають ще нітроцементацией.

Рідке ціанування в залежності від температури процесу поділяється на низько-, середньо- та високотемпературне.

Низькотемпературне ціанування проводять при низьких температурах 560...600 °C, що призводить до насичення поверхні деталі переважно азотом. Але цей процес є більш продуктивним ніж азотування сталі. Такому ціануванню піддають різальний інструмент із

швидкорізальної, високохромистої сталі для підвищення його зносостійкості, що забезпечується утворенням дисперсних нітридів.

Середньотемпературне ціанування проводять в розплавлених солях, що містять ціанистий натрій. Температура процесу $820...860^{\circ}\text{C}$, а тривалість для отримання шару завтовшки $0,15...0,35$ мм. становить $30...90$ хв. Процес проводять у ваннах такого складу: $20...25\%$ NaCN , $25...50\%$ NaCl , $25 \dots 50\%$ Na_2CO_3 . При ціануванні протікають такі хімічні процеси:



Атомарні вуглець і азот, що виділяються в результаті цих процесів, абсорбуються поверхнею деталі та дифундують вглиб металу.

Ціанований шар, який отримується при середньотемпературному ціануванні, містить $0,7\%$ C і $0,8...1,2\%$ N .

Після ціанування проводять гартування безпосередньо із ціанистої ванни і низький відпуск ($180...200^{\circ}\text{C}$). Твердість ціанованого шару після такого комплексу обробок становить $\text{HRC } 58...62$.

Високотемпературне ціанування проводять для отримання шару більшої товщини ($0,5...2,0$ мм.). Процес проводять при $930...950^{\circ}\text{C}$ в ванні складу 8% NaCN , 82% BaCl_2 і 10% NaCl , яку покривають шаром графіту для зменшення тепловтрат і угару ціанистих солей. Тривалість процесу становить $1,5...6$ год.

При високотемпературному ціануванні у ванні протікають такі реакції:



Активні атоми вуглецю та азоту, що утворюються в результаті цих реакцій, абсорбуються поверхнею деталі та дифундують вглиб металу, утворюючи ціанований шар. Вміст вуглецю на поверхні деталі після такої обробки $0,8...1,2\%$, а азоту – $0,2...0,3\%$.

Після високотемпературного ціанування деталі охолоджують на повітрі, потім піддають гартуванню і низькотемпературному відпуску.

Ціанування має низку переваг над цементацією, основними з яких є:

- 1) менша тривалість процесу;
- 2) менша деформація і жолоблення деталей складної форми;

3) вища зносо- та корозійна стійкість.

Але цей процес має недоліки - високу вартість і отруйність ціаністих солей.

Нітроцементация – це процес дифузійного насичення поверхневого шару сталей одночасно вуглецем і азотом із газоподібного середовища, яке складається з науглецьовувального газу (80...90 %) і аміаку (20...10 %). Процес проводять при 840...860 °C протягом 4...10 год. Основне призначення нітроцементации – підвищення твердості, зносостійкості та границі витривалості сталей виробів.

Встановлено, що при одночасному насиченні сталей вуглецем і азотом прискорюється дифузія вуглецю.

Після нітроцементации проводять звичайно гартування безпосередньо з печі та низький відпуск при 160...180 °C. Твердість шару після такої обробки становить 58...60 HRC (570...690 HV).

Товщина нітроцементованого шару становить 200...800 мкм і не повинна перевищувати 1000 мкм, тому що при більшій товщині виникають дефекти, які знижують механічні властивості дифузійного шару.

Оптимальний сумарний вміст вуглецю і азоту залежить від марки сталі і становить 1,0...1,65 %, при цьому вміст азоту повинен бути від 0,1 ... 0,15 % до 0,4 ... 0,5%.

Нітроцементации піддають звичайно деталі складної форми, які схильні до жолоблення. Перевагами нітроцементации над газовою цементацией є:

- 1) більш низька температура процесу;
- 2) менші деформації і жолоблення деталей;
- 3) вищий опір спрацюванню і корозії;
- 4) менша товщина шару;
- 5) менша тривалість процесу.

Дифузійне насичення металами (металізація) і неметалами.

Дифузійною металізацією називають процес дифузійного насичення сталі різними металами: алюмінієм, хромом, цинком. Проводять цей процес з метою отримання високої окислостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості, твердості і зносостійкості.

В залежності від стану середовища, в якому відбувається процес, розрізняють такі основні способи дифузійної металізації:

- 1) занурювання в розплавлений метал;
- 2) насичення з розплавлених солей, що містять дифундуючий елемент;
- 3) насичення із сублімованої фази випаровуванням дифундуючого елемента;
- 4) насичення із газової фази, що складається із галогенних сполук дифундуючого елемента.

Найбільш розповсюдженими різновидами дифузійної металізації є алітування і хромування.

Хромування – це процес насичення поверхневого шару сталей хромом. Хромовані вироби набувають високої окислостійкості (до 800°C), корозійну стійкість у воді, морській воді та азотній кислоті, а сталі з вмістом понад $0,3...0,4\% \text{ C}$ – також твердість та зносостійкість.

Дифузійний шар при хромуванні технічного заліза складається з твердого розчину хрому в α -залізі і має невелику твердість ($250...300 \text{ HV}$). Шар, отриманий при хромуванні сталі з вмістом понад $0,3\% \text{ C}$, складається з карбідів $(\text{Cr}, \text{Fe})_7 \text{C}_3$ або $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23} \text{C}_6$ і має високу твердість – $1200...1300 \text{ HV}$.

Хромування застосовують для деталей паросилового обладнання, пароводяної арматури, клапанів, вентилів, патрубків, а також деталей, що працюють на зношення в агресивних середовищах.

Алітування – це процес насичення поверхні сталі алюмінієм. Проводять алітування з метою отримання високої окислостійкості (до $850...900^{\circ}\text{C}$), що забезпечується утворенням на поверхні алітованих виробів щільної плівки оксиду Al_2O_3 , яка запобігає окисленню металу. Алітований шар має також гарну корозійну стійкість в атмосфері і морській воді.

Структура алітованого шару складається з твердого розчину алюмінію в α -залізі. Концентрація алюмінію на поверхні деталі досягає до 30% , а товщина шару становить $200...1000 \text{ мкм}$. Твердість алітованого шару досягає до 500 HV , але його зносостійкість низька. Алітуванню піддають пальники газогенераторних машин, ковпачки термопар, клапани та інші деталі, що працюють при високих температурах.

Силіціювання – це процес насичення поверхні сталі кремнієм. Силіціювання забезпечує високу корозійну стійкість у морській воді, в азотній, сірчаній і соляній кислотах і дещо підвищує зносостійкість.

Силіційований шар складається з твердого розчину кремнію в α -залізі. Його товщина становить $300...1000 \text{ мкм}$, і він характеризується підвищеною пористістю, низькою твердістю – $200...300 \text{ HV}$. Але після попереднього просочення маслом при $170...200^{\circ}\text{C}$ набуває високу зносостійкість.

Силіціювання застосовують для обробки деталей у хімічній, паперовій, нафтовій промисловості. Силіціюванню піддають також сплави на основі молібдену.

Борування – це процес дифузійного насичення поверхневого шару сталі бором. Борування проводять для підвищення зносостійкості, твердості, корозійної стійкості, окислостійкості (до 800°C) і теплостійкості.

При боруванні заліза дифузійний шар складається з ромбічного бориду FeB і тетрагонального бориду Fe_2B . Під шаром боридів розміщується перехідна зона із твердого розчину бору в α -залізі. При нагріванні бориди

стійкі: FeB – до $800^{\circ}C$, Fe_2B – до $1000^{\circ}C$. Хром і марганець при боруванні дифундують у зону борідів, утворюючи складні боріди (Fe , Mn , Cr) B і (Fe , Mn , Cr) $_2B$, які мають будову, аналогічну борідам FeB і Fe_2B відповідно.

Боридний шар звичайно має товщину $100...200$ мкм. Він характеризується високою твердістю ($1800...2000$ HV) і крихкістю. Висока твердість боридного шару зберігається до $700^{\circ}C$, що дозволяє застосовувати борування для підвищення зносостійкості деталей, що працюють при високих температурах.

Боровані сталі мають високу корозійну стійкість у водних розчинах соляної, сірчаної, і фосфорної кислоти а також стійкі до дії киплячих водних розчинів $NaOH$ і KOH .

Боруванню піддають втулки нафтових насосів, диски п'яти турбобура, штампи, деталі прес-форм і машин для лиття під тиском. Стійкість вказаних деталей після борування зростає у $2...10$ рази.

Вплив легуючих елементів на перетворення в сталі.

Вплив легуючих елементів на кінетику розпаду аустеніту. Легуючі елементи, що не утворюють карбіди в сталі (за виключенням Co), уповільнюють процес розпаду аустеніту, тобто зміщують С-подібні криві на діаграмі ізотермічного перетворення аустеніту вправо (рис.8.13 а), тим самим знижуючи критичну швидкість гартування і підвищуючи прогартуваність сталі.

В сталях, що леговані карбідоутворюючими елементами (Cr , Mo , W), спостерігається два максимуми швидкості ізотермічного перетворення аустеніту (рис. 8.13, б).

У практичному плані найбільш важливою є здатність легуючих елементів уповільнювати швидкість розпаду аустеніту в області перлітного перетворення, що сприяє більш глибокій прогартуваності та переохолодженню аустеніту до інтервалу мартенситного перетворення при більш повільному охолодженні. Найбільш сильно збільшує прогартуваність сталі Cr , Ni , Mo , Mn , тому вони входять до складу більшості конструкційних легованих сталей. Своєрідно впливає на кінетику розпаду аустеніту такі карбідоутворюючі елементи, як V , Ti , Nb і частково W . Внаслідок того, що карбіди цих елементів при звичайних температурах гартування ($800...900^{\circ}C$) не розчиняються в аустеніті і діють як готові центри кристалізації перліту, прогартуваність сталі знижується при її легуванні цими елементами. При високій температурі нагріву при гартуванні карбіди цих елементів вже розчиняються в аустеніті, що призводить до збільшення прогартуваності сталі.

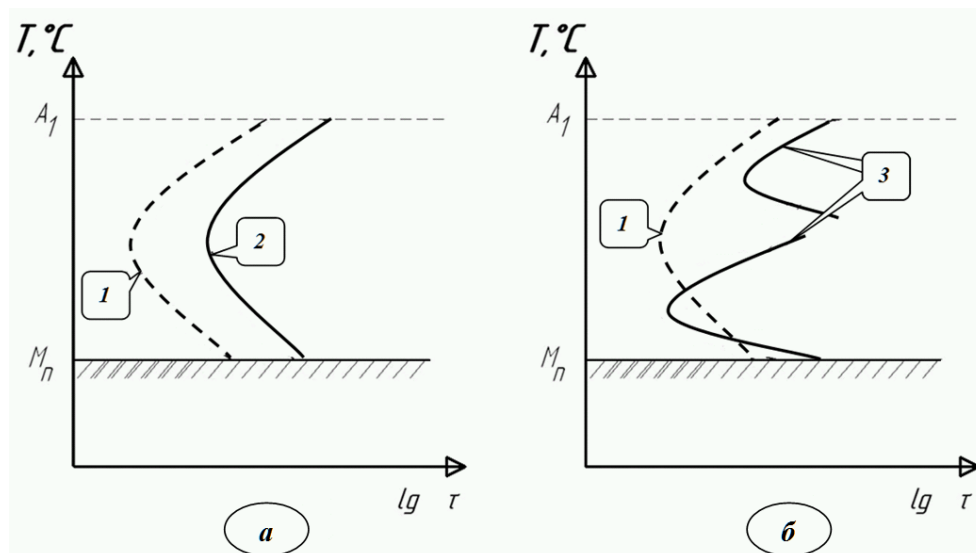


Рис. 8.13. Діаграми ізотермічного перетворення аустеніту: 1 - вуглецева сталь; 2 - сталь, що легована не карбідоутворюючими елементами; 3 - сталь, що легована карбідоутворюючими елементами

Вплив легуючих елементів на мартенситне перетворення. Легуючі елементи впливають на температури початку (M_n) і кінця (M_k) мартенситного перетворення. Такі елементи, як Al , Co підвищують M_n і M_k і зменшують кількість залишкового аустеніту, Si не впливає на них, а більшість легуючих елементів знижує температурний інтервал мартенситного перетворення, тим самим збільшуючи кількість залишкового аустеніту. Наприклад, 5% Mn знижує точку M_n нижче 0°C . Тому охолодженням при гартуванні у воді сталі, що містить $> 5\% Mn$, можна тільки зафіксувати аустенітний стан.

Вплив легуючих елементів на ріст зерна аустеніту. Усі легуючі елементи (за виключенням Mn і B) зменшують схильність аустенітного зерна до росту. Mn і B навпаки сприяють росту зерна аустеніту. Елементи, що не утворюють карбіди, слабо, а карбідоутворюючі елементи (Cr , Mo , W , V , Ti) сильно, гальмують ріст зерна аустеніту при нагріванні, що пов'язано з утворенням в сталі стійких карбідів.

Вплив легуючих елементів на перетворення при відпусканні. Легуючі елементи уповільнюють процес розпаду мартенситу. Такі елементи, як Ni , Mn впливають на цей процес незначно, а Cr , Mo , Si та ін. - дуже помітно. Це пов'язано з тим, що процеси при відпусканні мають дифузійний характер і легуючі елементи уповільнюють карбідне перетворення. Тому для отримання однакових результатів сталь, леговану такими елементами, як Cr , Mo , Si тощо, слід нагрівати при відпусканні до більш високої температури або збільшувати тривалість відпускання у порівнянні з вуглецевими сталями.

ЧАСТИНА II

СЛЮСАРНА СПРАВА

Розділ 9. ВСТУП ДО ПРОФЕСІЇ

9. 1. Роль і місце слюсарних робіт в промисловому виробництві

Слюсарне ремесло, пов'язане з обробкою різних матеріалів, - найбільш древнє з ремесел. Ще до «бронзового» і «залізного» віків древні умільці кам'яними рубилами виготовляли посуд і зброю, прикраси і знаряддя для обробки землі. Вони стали попередниками сучасних слюсарів.

З появою металів (бронзи, а потім заліза) почала переважати професія коваля. Протягом століть ковалі були головними у виготовленні знарядь праці (кіс, серпів, сокир), зброї (мечів, щитів, списів, шоломів), предметів домашнього ужитку. Виготовлення замків і зброї вимагало особливої майстерності, тому з ковалів поступово виділилися фахівці з точнішої і тоншої обробки металів. Цими фахівцями були слюсарі, які називалися замочниками. Назва професії «слюсар» має німецьке походження. Слюсар по-німецьки - «Schlosser» (від «Schloss» - замок) - фахівець з виготовлення замків.

З розвитком техніки і технології виробництва ручна обробка матеріалу була замінена машинною. Спочатку обслуговування машин здійснювалося людьми, а потім воно стало автоматизованим.

На сучасному етапі управління роботою машин відбувається за допомогою комп'ютерів, що діють за заздалегідь заданою програмою, здатних самостійно переналагоджувати їх при зміні умов роботи.

Проте професія «слюсар» не втратила свого значення, оскільки і в даний час високо цінується ручна майстерність.

Професія «слюсар» на сучасному машинобудівному підприємстві є однією з найбільш поширених. На «нульовому» циклі будівництва підприємства трудяться *слюсарі-сантехніки і електрослюсарі*, що прокладають підземні енергетичні траси. Корпус підприємства зводять слюсарі по металоконструкціях. Після закінчення будівництва поступає устаткування, яке встановлюють *слюсарі-монтажники*, а потім його налагоджують, наладчики, робота яких не обходиться без великого об'єму слюсарних операцій. Виготовлені в цехах і підрозділах деталі майбутніх машин поступають в складальні цехи, де *слюсарі-складальники* з тисяч деталей збирають і налагоджують готову продукцію. Всі ці роботи вимагають наявності спеціального інструменту, пристосувань і іншого оснащення, яке виготовляють *слюсарі-інструментальники*. І, нарешті, *слюсарі-ремонтники* забезпечують безперебійну роботу устаткування підприємства. Одним словом, без слюсара - ні кроку!

Кожна з цих груп слюсарів характеризується специфічними для їх роботи знаннями і професійними вміннями. Проте основною базою для

кожного слюсаря є володіння загальнослюсарними операціями, що є основою слюсарної майстерності. До них відносяться *розмітка, рубка, правка, гнуття, різання, обпилювання, свердління, зенкерування і розгортання отворів, нарізування різьби, шабрення, притирання і доведення, клепання і паяння*. Ці операції виконуються ручними і механізованими інструментами, якими повинен уміти користуватися кожен слюсар.

Сучасний слюсар повинен також володіти навиками виконання нескладних робіт на металорізючих верстатах (токарно-гвинторізних, універсально-фрезерних, плоскошліфувальних, поперечно-стругальних), що дозволяє замінити ручну обробку деталей, полегшити і підвищити якість виконуваних робіт.

9. 2. Види слюсарних робіт. Робоче місце слюсаря

Слюсарні роботи — це обробка металів у холодному чи нагрітому стані за допомогою різних інструментів, шляхом припасування деталей і вузлів, монтажно-демонтажної роботи тощо. Слюсарні роботи складаються з таких операцій: розмітки, рубання, вирівнювання і гнуття, різання, обпилювання, свердління, зенкування і розвертання отворів, нарізування різьби, шабрування та притирання, паяння і лудіння, склеювання, клепання, запресування і випресування деталей.

Робоче місце - це частина виробничої площі цеху, ділянки або майстерні, яка закріплюється за певним працівником або працівниками в разі позмінної роботи конкретного виробництва. Робоче місце призначене для виконання робіт певного виду і має бути оснащене устаткуванням, пристосуваннями, інструментами і матеріалами, необхідними для їх проведення.

Організація робочого місця слюсаря є важливою складовою частиною організації праці. Правильний вибір і розміщення обладнання, інструментів та матеріалів на робочому місці створюють найбільш сприятливі умови праці.

Під раціональною організацією робочого місця розуміють створення таких умов, коли при найменших затратах сил досягаються високі продуктивність праці і якість продукції при дотриманні правил безпеки. Цього можна добитись за рахунок добре продуманого планування робочого місця слюсаря і дотримання вимог наукової організації праці: розташування робочого місця відносно інших, розміщення обладнання, пристроїв, інструментів, матеріалів тощо.

Робоче місце слюсаря повинно відповідати таким вимогам:

- верстат має бути міцним, стійким, покритим листовим матеріалом, з бортами, що запобігають падінню дрібних деталей, з ящиками для зберігання інструментів, лещатами, захисними пристроями, добрим освітленням;

- інструменти, деталі, документацію розміщують на відстані витягнутої руки, при цьому предмети, якими робітник користується частіше, ставлять ближче;
- все, що береться лівою рукою, повинно бути зліва, а правою — справа;
- не можна класти інструмент один на один або розкидати його;
- всі точні вимірювальні інструменти слід зберігати в футлярах;
- напилки, свердла, мітчики та інший різальний інструмент необхідно укладати на дерев'яні підставки так, щоб запобігти їх пошкодженню;
- креслення, інструкції, поради та іншу документацію потрібно розміщати на видному місці, щоб було зручно ними користуватися;
- технологічна оснастка повинна відповідати вимогам охорони праці.

Основним устаткуванням робочого місця слюсаря, як правило, є одномісний *верстак* зі встановленими на ньому лещатами (рис. 9.1).

Верстак виконаний із сталевих каркаса, на якому встановлена стільниця, виготовлена з дерева і покрита листовою сталлю завтовшки 1...2 мм. По периметру стільниці окантована буртиком 7 із сталевих кутиків. Під стільницею знаходяться ящики 2 для зберігання інструменту, дрібних деталей і технічної документації. Для забезпечення зручності в роботі на столі розташований планшет 6 з робочими інструментами й інструментальна полиця 4 для вимірювальних інструментів.

Слюсарний верстак має бути міцним і стійким, його висота повинна відповідати росту працівника. Якщо висота лещат не відповідає вимогам, їх регулюють гвинтом підйому і опускання 1, або на підлозі укладають дерев'яні решітки, які повинні щільно без ковзання прилягати до підлоги. Для захисту працівників від можливого травматизму при виконанні операцій, пов'язаних з утворенням стружки, на верстак встановлюють змінний захисний екран 5 з сітки або органічного скла.

На робочому місці повинні знаходитись тільки ті інструменти і пристосування, які необхідні для виконання учбово-виробничого завдання. Кожний інструмент, пристосування повинні мати своє визначене місце.

Інструменти, пристосування і матеріали мають бути розташовані на верстаку з таким розрахунком, щоб все, що беруть правою рукою, знаходилося праворуч від працівника, лівою рукою — зліва. Інструмент і заготовки, що використовуються більш часто необхідно розташовувати у зручній зоні (рис. 9.2). Певний порядок повинен підтримуватися і в ящику, де кожному інструменту має бути відведене постійне місце.

Вимірювальний і перевірючий інструмент розміщують окремо від робочого інструменту на спеціальній полиці або в планшеті. Креслення і карти для учбових завдань слід розташовувати на планшеті-підставці, встановленій на верстаку, на відстані, достатній для їх читання.

Слюсарні верстаки бувають *одно – і багатомісними*. Одномісні мають довжину 1000...1200 мм, ширину 700...800 мм, висоту 800...900 мм, а багатомісні – довжину залежно від числа працюючих, а ширину і висоту – ті ж, що і одномісні. Найбільш зручними є одномісні верстаки.

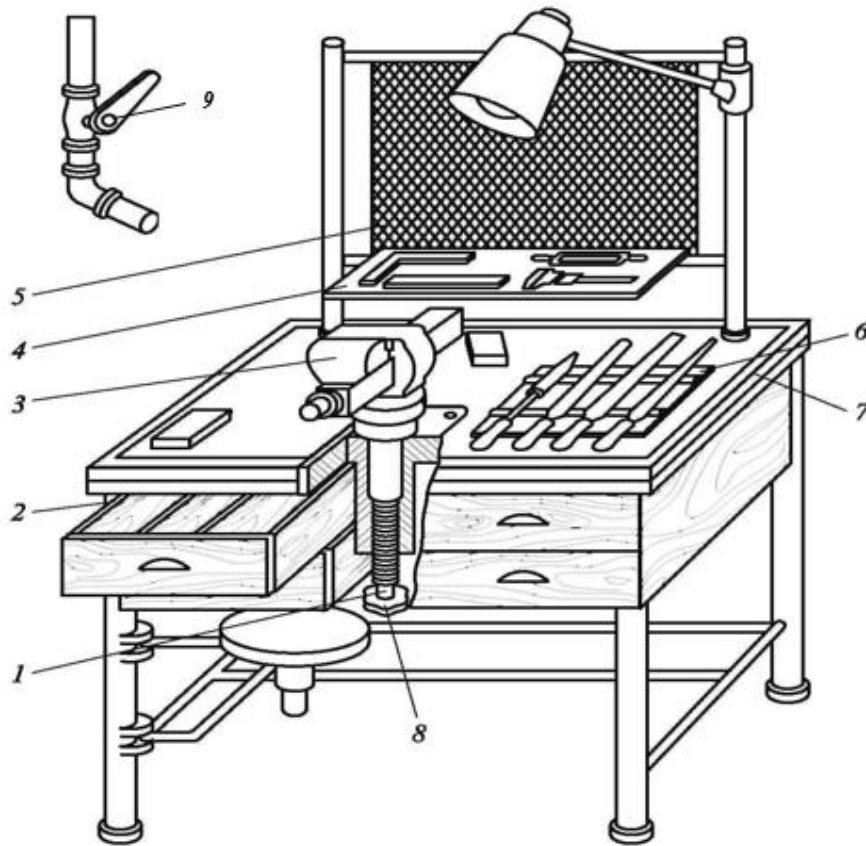


Рис. 9.1. Одномісний слюсарний верстак: 1 - гвинт підйому і опускання регульованих лещат; 2 - ящик для інструменту; 3 - лещата плоскопаралельні; 4 - інструментальна полиця; 5 - захисний екран; 6 - плашет для інструменту; 7 - бортик із сталевого кутика; 8 - рукоятка приводу вертикального переміщення лещат; 9 – кран для подачі стиснутого повітря

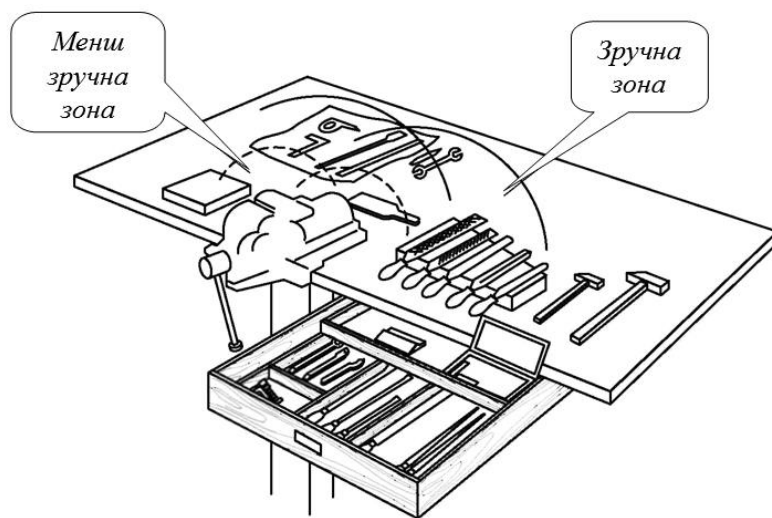


Рис. 9.2. Розташування слюсарних інструментів на верстаку

Багатомісні слюсарні верстаки мають істотний недолік: коли один робітник виконує точні роботи (розмітку, обпилювання, шабрування), а інший в цей час проводить рубку або клепання, то в результаті вібрації верстака порушується точність робіт, що виконуються першим робітником.

При виконанні слюсарних робіт для утримування оброблюваної деталі в потрібному положенні використовують *лещата*. Вони діляться на *стільцеві*, *поворотні та неповоротні*, *паралельні*, *пневматичні та ручні* (рис. 9.3).

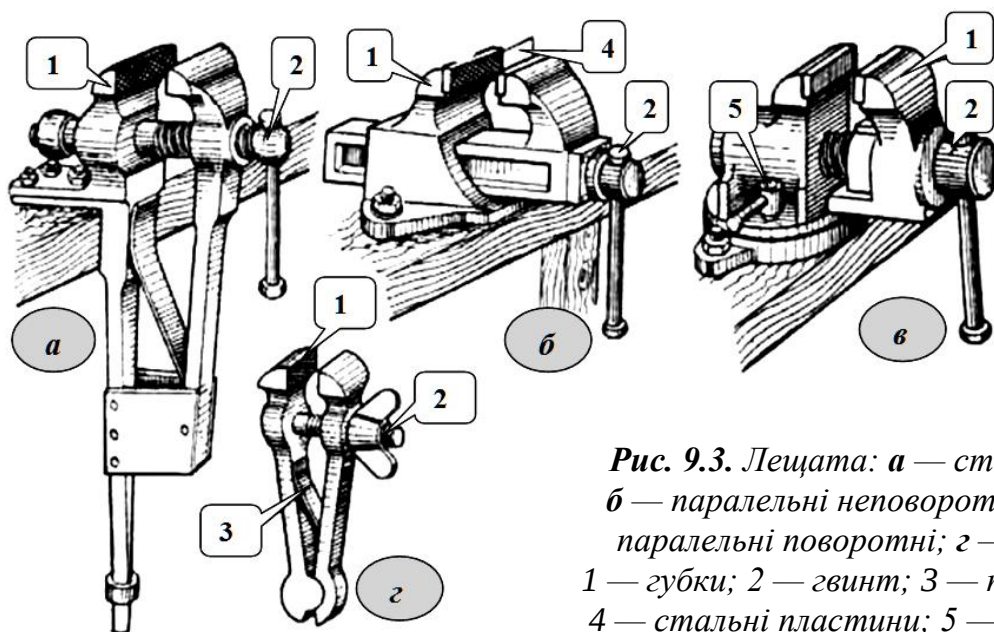


Рис. 9.3. Лещата: *а* — стільцеві; *б* — паралельні неповоротні; *в* — паралельні поворотні; *г* — ручні; 1 — губки; 2 — гвинт; 3 — пружина; 4 — сталеві пластини; 5 — стопор.

Стільцеві лещата (ГОСТ 7225—54) призначені для виконання робіт, де використовують удари (рубання, клепання, гнуття). Свою назву вони одержали внаслідок кріплення їх на дерев'яній основі у вигляді стільця

(з часом вони були пристосовані для кріплення на верстатах). Стільцеві лещата виготовляються із кованої сталі, мають ширину губок 100, 130, 150, 180 мм, губки розкриваються на 90, 130, 150, 180 мм.

Перевагою стільцевих лещат є простота конструкції та висока міцність. Основним недоліком є те, що губки лещат переміщуються по дузі і здебільшого притискаються до деталі не всією поверхнею, а тільки краями. При цьому вузькі деталі затискаються верхньою частиною губок, а широкі — нижньою, що не забезпечує надійності кріплення. Крім того, губки лещат при затисканні врізаються в деталь, створюючи на її поверхні вм'ятини.

Паралельні лещата (ГОСТ 7045—57) за будовою ділять на *поворотні та неповоротні*. Їх відливають з чавуну, а до робочих частин губок пригвинчують сталі гартовані пластини з дрібною насічкою. При затисканні деталей з гладенькими поверхнями на губки встановлюють накладки з листової міді чи алюмінію. Губки паралельних лещат переміщуються паралельно одна одній.

Поворотні паралельні лещата можна повертати на будь-який кут. Розміри лещат визначаються шириною їх губок і становлять 80, 100, 120 та 140 мм; губки розкриваються на 65, 100, 140 та 180 мм.

Ширина губок *неповоротних паралельних лещат* становить 60, 80, 100, 120 та 140 мм, губки розкриваються на 45, 100, 140 та 180 мм.

Недоліком паралельних лещат є мала міцність губок. Тому для важких робіт ці лещата непридатні.

Пневматичні лещата забезпечують швидке і надійне затискання деталей. Вони бувають з діафрагмовим і клиновим затисканням. Час затискання — 2—3 с, зусилля затискання — 30000 Н.

Ручні лещата (ГОСТ 7226—72) застосовують для затискання деталей чи заготовок невеликих розмірів при обпилюванні чи свердлінні. Ручні лещата бувають шарнірні, з конічним кріпленням та пружинні. Ширина губок становить 36, 40, 50 та 56 мм, розкривання губок 28, 30, 40, 50 та 55 мм. Для роботи з малими деталями застосовують лещата з шириною губок 6, 10, 16 мм і розкриванням губок 5,5 та 6,5 мм.

Лещата з додатковими губками для труб окрім загального призначення можуть бути використані для закріплення труб завдяки додатковому призматичному вирізу. Найбільші діаметри труб, що затискаються у лещатах 60, 70 і 140 мм.

Спеціальні лещата знаходять широке застосування завдяки зручності і точності кріплення. В цих лещатах затискають поршні, а також різноманітні короткі циліндричні деталі діаметром від 80 до 165 мм.

При роботі на лещатах потрібно дотримувати наступних правил:

- перед початком роботи оглядати лещата, звертаючи особливу увагу на міцність їх кріплення до верстака;

- не виконувати на лещатах грубих робіт (рубання, правки або гнуття) важкими молотками, оскільки це приводить до швидкого руйнування лещат;
- при кріпленні деталей в лещатах не допускати ударів по важелю, що може привести до зриву різьби ходового гвинта або гайки;
- після закінчення робіт необхідно очищувати лещата від стружки, бруду і пилу волосяною щіткою, а направляючі і різьбові з'єднання змащувати маслом;
- по закінченню роботи для зняття напруги в з'єднанні гвинта і гайки розводити губки лещат. Необхідно залишати зазор між губками 4- 5 мм.

9.3. Техніка безпеки при виконанні слюсарних робіт

При виконанні слюсарних робіт слід дотримуватися загальних правил безпеки праці, бути уважним і акуратним, працювати тільки справним і добре налагодженим інструментом.

Нижче наводяться правила з техніки безпеки при виконанні слюсарних робіт.

1. Правила безпеки при виконанні слюсарних робіт

1.1. До роботи слюсарем допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право виконання робіт, пройшли медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

1.2. Слюсар повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- бути уважним до сигналів рухомого транспорту;
- ходити по тротуарах, доріжках, переходах, спеціально призначених для цього, тримаючись правого боку;
- не торкатись електрообладнання, клем та електродроту, арматури загального освітлення, не відкривати дверцята електрошаф;
- не включати і не зупиняти (крім аварійних випадків) машини, верстати та механізми, робота на яких не передбачена адміністрацією;
- не проходити і не стояти під піднятим вантажем;
- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником та за якою він проінструктований;
- не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце;
- не захаращувати робоче місце;
- не виконувати вказівки, які суперечать правилам охорони праці;
- вміти подавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;
- вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння;

- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку товаришів по роботі.

1.3. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на слюсаря:

- рухомі машини, механізми, незахищені рухомі частини виробничого устаткування; пересувні вироби, заготівлі, матеріали;
- захаращеність робочих місць інструментом, пристосуванням, матеріалами, деталями;
- відсутність спеціальних пристроїв, інструменту та обладнання для виконання робіт відповідно до прийнятої технології;
- незахищені струмоведучі частини електрообладнання (електроустановок);
- недостатня освітленість робочої зони;
- шкідливі компоненти в складі застосовуваних матеріалів, які діють на працюючого через шкірний покрив, дихальні шляхи, шлункову систему та слизові оболонки органів зору та дихання;
- падіння вивішених частин обладнання;
- несправність інструмента, обладнання, пристосувань;
- падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструменту;
- падіння з висоти;
- термічні фактори (пожежі при митті деталей, вузлів, агрегатів);
- осколки металу, що відлітають при рубці металу;
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин;
- знижена температура повітря у холодний період року.

1.4. Слюсарю на виробництві згідно з діючими нормами видається безкоштовно спецодяг:

- костюм бавовняний;
- рукавиці комбіновані;
- при роботі взимку на повітрі додатково - куртка та брюки бавовняні на теплій підкладці.

1.5. Ручні інструменти (молотки, зубила, пробійники тощо) не повинні мати:

- на робочих поверхнях пошкоджень (вибоїн, відколів);
- на бокових гранях у місцях затискання їх рукою задирок та гострих ребер;
- на дерев'яних поверхнях ручок сучків, задирок, тріщин; поверхня повинна бути гладкою;
- наклепів та перегартованих робочих поверхонь.

1.6. Молотки та кувалди повинні бути надійно насаджені на дерев'яні ручки і щільно заклинені м'якими, сталевими загартованими клинами.

1.7. Ручки молотків та кувалд повинні бути виготовлені з твердих та в'язких порід сухого дерева і насаджені під прямим кутом по відношенню до вісі бойка. Виготовлення ручок з м'яких або товстошарових порід дерева забороняється.

1.8. Ручка повинна бути прямою, овального перерізу з незначним стовщенням до її вільного кінця.

Довжина ручок слюсарних молотків повинна бути в межах 300-400мм у залежності від ваги.

1.9. Всі інструменти, що мають загострені кінці для насаджування рукояток (напилки, викрутки тощо), повинні мати ручки, що відповідають розмірам інструменту, з бандажними кільцями.

1.10. Зубила повинні бути довжиною не менше 150мм, а відтягнена частина зубила - 60-70мм. Різальна частина зубила повинна мати пряму або злегка випуклу лінію.

1.11. Слюсарні лебідки повинні бути у повній справності, міцно захоплювати затискуваний виріб і мати на губках неспрацьовану насічку.

1.12. Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок та головок болтів і не мати тріщин та забоїв, площини зіва ключів повинні бути паралельними і не повинні бути закатаними. Розвідні ключі не повинні бути ослабленими у рухомих частинах.

1.13. Лезо викруток повинно за товщиною відповідати ширині шліца в головці гвинта.

1.14. Зенкери, свердла і тому подібний вставний інструмент повинні бути правильно заточені і не мати тріщин, забоїв, задирок та інших дефектів.

1.15. Хвостовики цього інструменту не повинні мати нерівностей, скосів, тріщин та інших пошкоджень, повинні бути міцно пригнаними і правильно центрованими.

1.16. Робочий пусковий механізм на ручних пневматичних машинах (інструментах) повинен бути:

- розташований так, щоб виключити можливість випадкового включення;

- улаштований так, щоб при знятті тиску від руки оператора автоматично закривався пневматичний впускний клапан.

1.17. Приєднання шлангів до пневматичного інструменту, вхідного штуцера роздавального трубопроводу та з'єднання шлангів між собою повинно бути міцним і здійснюватись тільки за допомогою штуцерів або ніпелів із справною різьбою (кільцевими виточками) та стяжних хомутиків.

1.18. Ручні електричні машини (інструмент) підлягають періодичній перевірці не менше одного разу на 6 місяців.

1.19. У конструкції ручного механізованого інструменту масою понад 5 кг повинен бути пристрій для його підвішування та перенесення.

1.20. Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання повинна застосовуватися напруга в приміщеннях без підвищеної небезпеки не вище 220 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних - не вище 42 В.

1.21. Світильники з люмінесцентними лампами напругою 127-220 В допускається застосовувати для місцевого освітлення за умов недоступності їх струмопровідних частин для випадкового дотику.

1.22. Освітлювальна арматура і вимикачі повинні мати електро- і гідроізоляцію.

1.23. Світильники слід закривати склом і огорожувати захисною решіткою, металевий корпус світильника слід заземлити.

1.24. Для живлення переносних світильників у приміщеннях із підвищеною небезпекою і особливо небезпечних використовують напругу не вище 42 В.

1.25. У разі наявності особливо несприятливих умов, коли небезпека ураження електрострумом посилюється тісністю, незручністю, дотиком із заземленими поверхнями, для живлення переносних світильників використовується напруга не вище 12В.

1.26. Для перенесення інструменту слід використовувати сумки або спеціальні ящики; гострі частини інструменту повинні бути захищені чохлами або обгорнуті.

1.27. При роботі з пневмо- і електроінструментом слюсар повинен бути навчений по безпечній роботі з ними і проінструктований.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Отримати завдання від керівника робіт.

2.2. Привести до ладу спецодяг, застібнути або обв'язати рукава, заправити одяг таким чином, щоб кінці його не розвіювались.

2.3. Уважно оглянути робоче місце, прибрати все, що заважає роботі.

2.4. Впевнитись в тому, що робоче місце достатньо освітлене, а світло не буде засліплювати очі.

2.5. Робочий інструмент та деталі розташувати в зручному та безпечному для користування порядку.

2.6. Впевнитись в тому, що робочий інструмент, пристосування, обладнання та засоби індивідуального захисту справні і відповідають вимогам охорон праці.

2.7. Перед початком робіт електро- пневмоінструментом та на верстатах необхідно пройти інструктаж по безпечній роботі з ними.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1. Виконувати роботи необхідно згідно з технологічною картою на виконання тієї чи іншої роботи.

3.2. При роботі з переносним електродрилем, гайковертом, шліфувальною машиною додержуватись інструкції по експлуатації електроінструмента.

3.3. При роботі пневматичним інструментом необхідно:

3.3.1. Працювати тільки справним інструментом. Клапани відрегулювати так, щоб вони легко відкривались, при припиненні натиску направлячий держак швидко закривались і не пропускали повітря в закритому положенні.

3.3.2. Приєднувати шланги до інструмента і роз'єднувати їх з інструментом після виключення подачі повітря. Перед приєднанням до інструмента шланг старанно продути.

3.3.3. Працювати тільки в захисних окулярах.

3.3.4. Користуватись тільки абразивними кругами, одержаними в інструментальній коморі та спеціально призначеними для пневмомашинки.

3.4. Забороняється:

3.4.1. Спрямовувати струмінь повітря на себе або на людей, які працюють поруч.

3.4.2. Працювати пневмомашинкою за відсутності захисного кожуха над абразивним кругом та наявності уступів, вибоїн, тріщин та стукотіння абразивного круга.

3.4.3. Працювати бічною поверхнею абразивного круга.

3.4.4. Працювати пневматичним інструментом з приставних драбин.

3.5. Несправний інструмент здати в інструментальну комору. Ремонтувати його самому забороняється.

3.6. Забороняється здувати стисненим повітрям з верстата чи деталей металеву стружку. Для зм'ягчення стружки та пилу користуватись волоссяною щіткою, перебувати при цьому в захисних окулярах.

3.7. При роботі на свердлильному верстаті необхідно:

3.7.1. Упорядкувати робочий одяг, надіти головний убір, який щільно облягає голову, і підібрати під нього волосся.

3.7.2. Перевірити наявність огороження рухомих частин верстата і справність електропускового пристрою.

3.7.3. Точно встановити і надійно закріпити свердло.

3.7.4. Закріпити деталі верстатними або ручними лещатами, упорами, кріпильними косинцями, болтами.

3.8. При роботі на свердлильному верстаті забороняється:

3.8.1. Працювати в рукавицях або з пов'язкою на пальцях рук.

3.8.2. Тримати деталь в руках і свердлити при перекосі закріпленої деталі.

3.8.3. Міняти свердло на ходу верстата.

3.8.4. Вимірювати деталь, змащувати верстат на ходу, гальмувати його, торкаючись рукою ременю, патрона, шківа чи втулки для свердла.

3.8.5. Гальмувати обертання шпинделя натиском руки на частини верстата чи деталі, що обертаються, а також перевіряти рукою вихід свердла.

3.9. При роботі на заточувальному верстаті необхідно надіти захисні окуляри, стояти завжди збоку абразивного круга, пуск верстата має бути заблокований із захисним екраном. Зазор між кругом та підручником повинен бути не більше 3 мм. Стежити за тим, щоб підручник був міцно закріплений, абразивний круг - огорожений захисним кожухом. Правити круг зубилом забороняється.

3.10. При роботі з електроінструментом необхідно:

3.10.1. Користуватись діелектричними рукавицями та галошами.

3.10.2. Стежити за справністю ізоляції та електроінструменту, надійністю кріплення заземлюючого дроту і штепсельної вилки з заземлюючим контактом.

3.10.3. При перервах у роботі виключати інструмент. Включати електроінструмент у мережу за відсутності спеціального штепсельного з'єднання забороняється.

3.11. Працюючи на верстаку необхідно стежити за тим, щоб поверхня його, оббита листовою сталлю, була гладкою і не мала задирок.

3.12. Виконуючи роботу сумісно з декількома особами, узгоджувати свої дії з діями товаришів по роботі.

3.13. На розбирально-складальних роботах застосовувати справні знімачі, гайковерти і ключі. Відкручувати гайки за допомогою зубила і молотка забороняється.

Гайки, які важко відкручуються, змочити гасом, а потім відкрутити ключем.

3.14. Розбирання і складання агрегатів виконувати тільки на спеціальних стендах, оснащених пристроями для закріплення.

3.15. Перевіряти співвісність отворів при складанні вузлів необхідно виконувати за допомогою конусної оправки або бородка. Забороняється робити це пальцем.

3.16. Під час роботи зубилом або крейцмейселем слід одягнути захисні окуляри і стежити, щоб осколки, які відлітають, стружка не поранили слюсаря, який працює поруч і оточуючих.

Для захисту людей на верстаку мають бути встановлені запобіжні сітки або щити висотою не менше 1 м.

Пил і ошурки з верстата змитати щіткою.

3.17. Якщо поблизу робочого місця проводяться електрозварювальні роботи, встановити щит (ширму) для захисту очей і обличчя від дії ультрафіолетових променів або одягнути спеціальні захисні окуляри.

3.18. Якщо ремонтні роботи проводяться поблизу електричних дротів і електроустановок, необхідно вимкнути подавання струму на час роботи.

3.19. Не перебувати під механізмами, які висять на тросі вантажопідйомного механізму.

3.20. При роботі ручною ножівкою слід правильно натягнути полотно, щоб воно не вигиналось та не тремтіло під час роботи.

При розпилюванні металу ножівкою необхідно зробити на ньому напилком поглиблення, щоб не зісковзувало полотно.

3.21. Зливати мастила з агрегатів слід тільки у спеціальну тару.

Випадково пролите на підлогу мастило слід негайно засипати тирсою або сухим піском і зібрати у спеціально відведене місце, підлогу витерти.

3.22. Забороняється зберігати на робочому місці легкозаймисті рідини та обтиральний промаслений матеріал.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Прибрати робоче місце. Інструмент і пристрої протерти і покласти їх у відведене для них місце.

4.2. Якщо агрегат, що ремонтується, залишається на спеціальних підставках, перевірити надійність їх встановлення. Не залишати його висіти на тросі вантажопідйомного механізму.

4.3. Зняти спецодяг, повісити його у спеціально призначене для нього місце.

4.4. Вимити руки і обличчя теплою водою з милом; при можливості прийняти душ.

4.5. Забороняється мити руки в мастилі, бензині, гасу і витирати їх ганчір'ям, тирсою, стружкою.

4.6. Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які були в процесі роботи.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. Причини, які можуть викликати аварійну ситуацію: ураження електричним струмом, падіння з висоти вивішених агрегатів, вихід з ладу інструмента, устаткування, пристроїв, відліт осколків металу, наявність шкідливих речовин в робочій зоні та інше.

5.2. Якщо склалась ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку, слід негайно припинити роботу, відключити електроенергію, джерело живлення пневмоінструменту; огородити небезпечну зону; не допускати в неї сторонніх осіб, повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

5.3. Якщо є потерпілі, надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку медичну допомогу.

5.4. Надання першої медичної допомоги.

5.4.1. Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані оживлення починати необхідно негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу.

5.4.2. Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т. ін. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька крапель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо

важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

5.4.3. Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

При переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При підозрінні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

5.4.4. Перша допомога при опіках кислотами і лугами.

У разі попадання кислоти або лугу на шкіру необхідно ретельно промити місце ураження водою на протязі 15-20 хвилин, після цього пошкоджену кислотою поверхню обмити 5 %- ним розчином питної соди, а обпечену лугом - 3%-ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

У разі попадання на слизову оболонку очей кислоти або лугу необхідно очі ретельно промити водою на протязі 15...20 хвилин, обмити 5 %- ним розчином питної соди (у разі попадання кислоти), а обпечену лугом - 3 %- ним розчином борної кислоти або 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

У разі попадання на слизову оболонку очей кислоти або лугу необхідно очі ретельно промити водою на протязі 15...20 хвилин, після цього промити 2 %- ним розчином питної соди (у разі попадання кислоти), а у разі ураження очей лугом - 2 %- ним розчином борної кислоти.

При опіках порожнини рота лугом необхідно полоскати рот 3 %- ним розчином оцтової кислоти або 3 %- ним розчином борної кислоти, при опіках кислотою - 5 %- ним розчином питної соди.

У разі попадання кислоти в дихальні шляхи необхідно дихати розпиленням за допомогою пульверизатора 10 %- ним розчином питної соди, при попаданні лугу - розпиленням 3 %- ним розчином оцтової кислоти.

5.4.5. Перша допомога при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом або 3%-ним марганцевим розчином.

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

5.4.6. Перша допомога при кровотечі.

5.4.6.1. Підняти поранену кінцівку вгору.

5.4.6.2. Рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин. Якщо кровотеча зупинилася, не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском).

5.4.6.3. У разі сильної кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою. У разі великої кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

5.5. У разі виникнення пожежі викликати пожежну частину та приступити до її гасіння первинними засобами пожежогасіння.

5.6. Виконувати всі вказівки майстра по усуненню небезпечної ситуації.

Розділ 10. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

10.1. Стандартизація і основи взаємозамінності

Стандартизація - діяльність, що полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі і сприянню науково-технічному співробітництву

Об'єктами стандартизації є вироби, норми, правила, вимоги, методи, терміни, позначення і т.п., які мають перспективу багатократного використання в науці, техніці, промисловості, сільському господарстві, будівництві, на транспорті і в зв'язку, в культурі, охороні здоров'я, а також в міжнародній торгівлі.

Виготовляючи ту чи іншу продукцію, постійно приходиться мати справу з різноманітними нормативними документами, стандартами, які регламентують вимоги до якості сировини та продукції, її випробувань, пакування, оформлення технічної документації, тощо.

Без стандартизації неможливо забезпечити взаємозамінність вузлів, агрегатів, деталей, що призведе до збільшення витрат на розробку, виготовлення та експлуатацію техніки.

Взаємозамінність – це властивість конструкції складової частини виробу, що забезпечує можливість її використання замість іншої без додаткової обробки, із збереженням заданої якості виробу, до складу якого вона входить.

Отже, складові частини конструкції повинні відповідати певним нормам, правилам, тобто мають бути стандартизовані. Таким чином взаємозамінність базується на стандартизації.

Розглянемо основні поняття розмірної взаємозамінності.

В техніці широко використовують з'єднання для передачі різноманітних навантажень або організації взаємного переміщення деталей

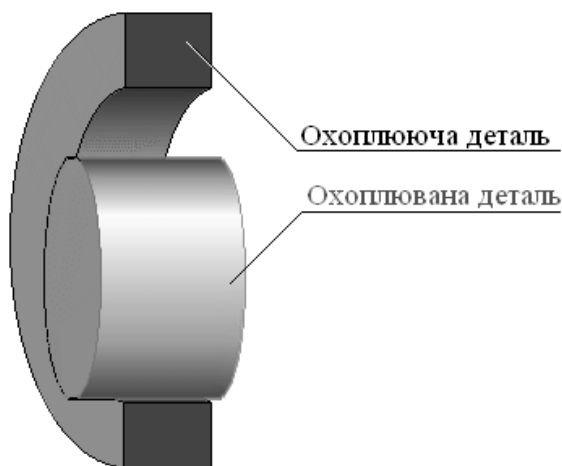


Рис. 10.1. З'єднання, охоплююча та охоплювана деталі

З'єднання – це дві або більше деталі, які частково або повністю входять одна в одну.

Воно складається із охоплюючої та охоплюваної деталей.

Для скорочення охоплюючу деталь називають **отвором**, а охоплювану – **валом**.

За домовленістю, всі **параметри отворів позначають великими, а параметри валів – малими літерами**.

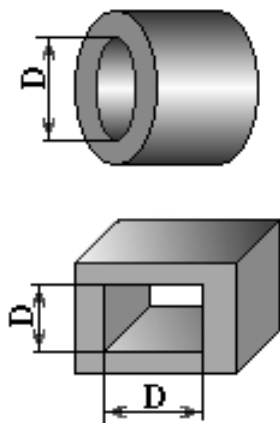


Рис.10.2. Розміри отворів

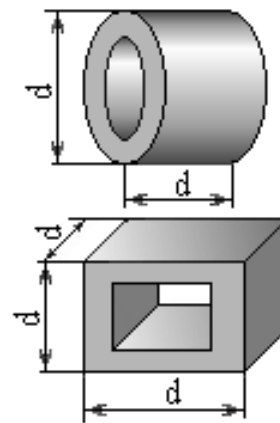


Рис. 10.3. Розміри валів

Отвором, незалежно від форми, називають елемент деталі, який має внутрішній розмір

Валом, незалежно від форми, називають елемент деталі, що має зовнішній розмір

Зауважимо, що різні елементи тієї самої деталі можуть бути валами і отворами.

Фактори, що впливають на точність деталей

Виготовляючи партію деталей неможливо добитися абсолютно однакових їх розмірів. Цьому заважають:

3. похибки верстата;
4. похибки металообробного інструменту і оснастки;
5. спрацювання інструменту;
6. пружні деформації в системі верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПД);
7. температурні деформації в системі ВПД;
8. похибки, що залежать від вибраної технології та режимів обробки;

9. похибки вимірювань, включаючи похибки вимірювальних засобів;
10. неоднорідність матеріалу, розмірів, жорсткості заготовки;
11. суб'єктивні фактори.

Внаслідок комплексної дії вищезгаданих факторів деталі випадково змінюють свої розміри, що впливає на стабільність посадки. Тому завдання конструктора – визначити допустимі межі коливання розмірів, при яких забезпечується працездатність і достатня довговічність з'єднання.

Розміри

Розмір – числове значення лінійної величини (діаметр, довжина, тощо) виражене у вибраних одиницях вимірювання.

Дійсним розміром (D_d , d_d) називають розмір, встановлений вимірюванням із заданою точністю.

Граничні розміри ($D_{\max}$, $D_{\min}$, $d_{\max}$, $d_{\min}$) – найбільший та найменший розміри (включно), між якими повинні знаходитись дійсні розміри якісних деталей.

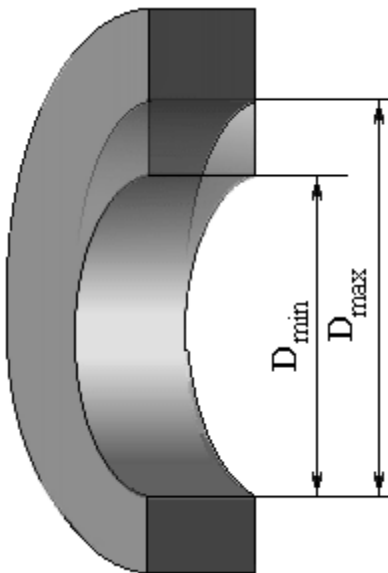


Рис.10.4. Граничні розміри отвору

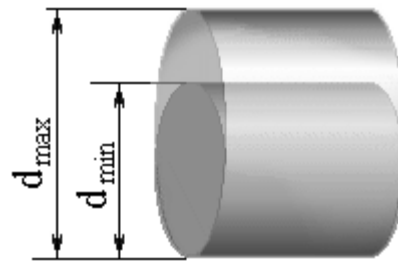
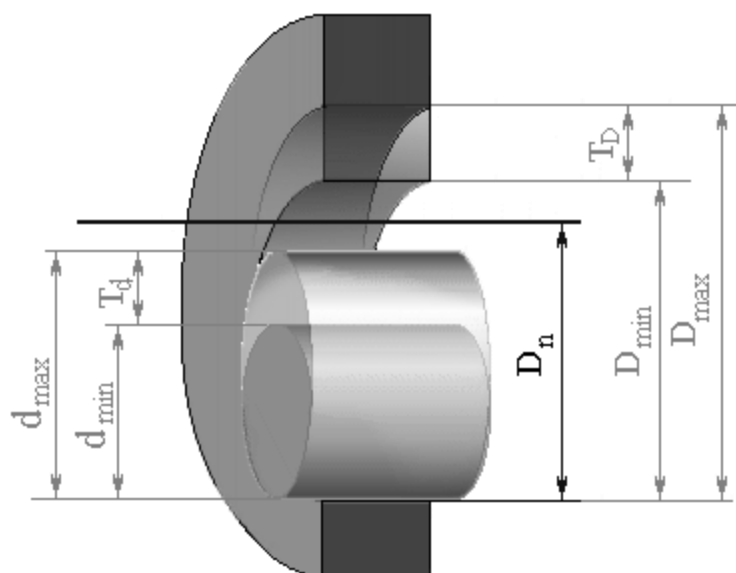


Рис.10.5. Граничні розміри вала

Граничні розміри визначають, використовуючи різні методики розрахунку типових з'єднань, більшість з яких стандартизована. При цьому знаходять гранично допустимі значення розмірів, які забезпечують стабільну і довговічну роботу з'єднання.

Номинальний розмір (D_n) – розмір, спільний для обох деталей з'єднання, який служить початком відліку для відхилень, побудови схем розміщення полів допусків і позначення на кресленнях.



Номінальний розмір одержують з розрахунку на міцність або жорсткість з наступним заокругленням (як правило в більшу сторону) до значення, передбаченого рядами нормальних лінійних розмірів. Це скорочує кількість типорозмірів виробів і сприяє покращенню взаємозамінності.

Рис.10.6. Номінальний діаметр

Допуск – це різниця між найбільшим та найменшим граничними розмірами

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} ; \quad (10.1)$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} \quad (10.2)$$

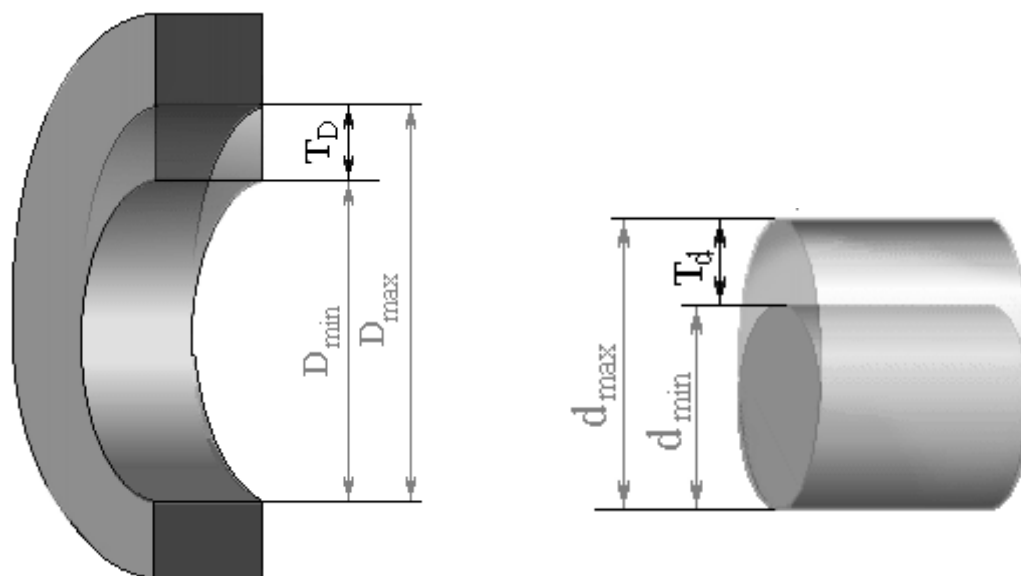


Рис.10.7. Визначення допусків отвору і вала

Допуск характеризує відносну точність деталей: чим менший допуск – тим менше розсіювання розмірів у партії деталей і вища точність їх обробки

Побудова схем розміщення полів допусків

Зважаючи на те, що величина допусків по відношенню до розмірів дуже мала, зобразити їх у прийнятному масштабі не вдається. Тому, для спрощеного зображення, використовують схеми розміщення полів допусків.

На схемі у збільшеному масштабі показують ті фрагменти деталей з'єднання, де відбувається коливання їх розмірів при обробці. За основу схеми приймають номінальний розмір (D_n), спільний для деталей з'єднання. Висота поля допуску пропорційна допуску деталі, а ширина приймається довільно.

Точка розміщена на схемі вище відповідає більшому розміру.

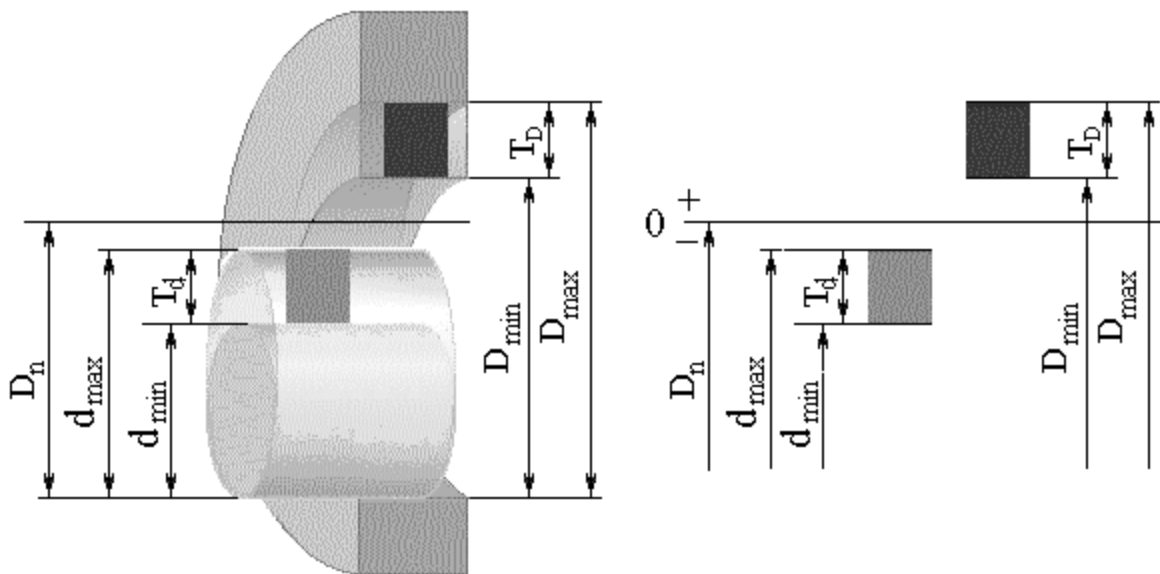


Рис. 10.8. Побудова схем розміщення полів допусків

Граничними відхилами (ES, EI, es, ei) називають алгебраїчну різницю між граничними та номінальним розмірами.

Залежно від розташування на схемі розміщення полів допусків вони поділяються на верхні (ES, es) та нижні (EI, ei) відхили.

Для отвору

$$ES = D_{\max} - D_n \quad (10.3)$$

$$EI = D_{\min} - D_n \quad (10.4)$$

Для вала

$$es = d_{\max} - D_n \quad (10.5)$$

$$ei = d_{\min} - D_n \quad (10.6)$$

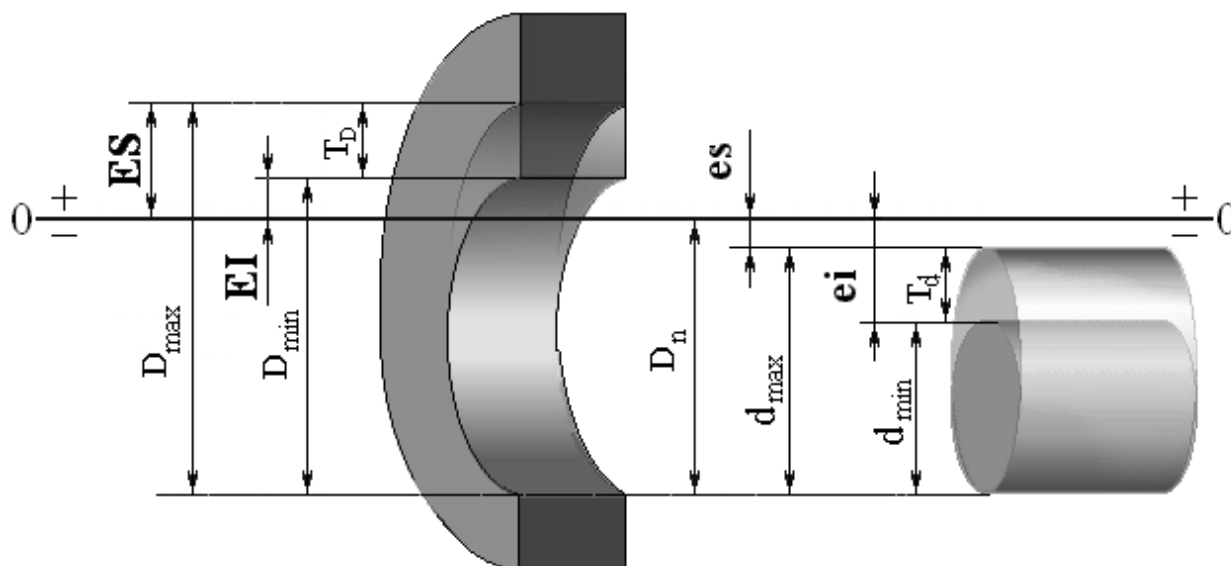


Рис. 10.9. Визначення граничних відхилів

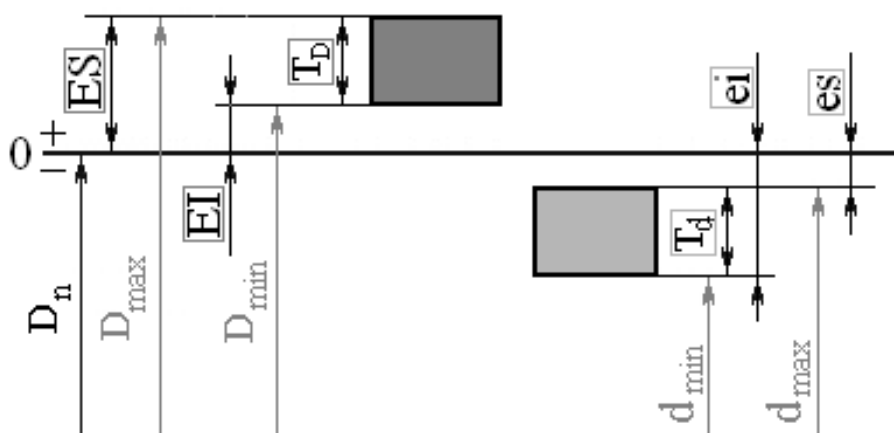


Рис. 10.10. Зв'язок між допуском і граничними відхилами

$$T_D = ES - EI \quad (10.7)$$

$$T_d = es - ei \quad (10.8)$$

Нагадування: при обчисленнях потрібно завжди враховувати знаки відхилів (в наведеному прикладі es та ei від'ємні)

Типи посадок і їх основні параметри

Посадка – характеристика з'єднання, що вказує на співвідношення розмірів його деталей.

Розрізняють 3 типи посадок:

1. з зазором (отвір завжди більший за вал);
2. з натягом (вал завжди більший за отвір);
3. перехідна (можливий як зазор, так і натяг в певному процентному співвідношенні).

Зазор (**S**) – додатна різниця між розмірами отвору і вала. $S = D - d$

Натяг (**N**) – додатна різниця між розмірами вала і отвору. $N = d - D$

Допуск посадки (**T_S**, **T_N**, **T_{NS}**) – різниця між найбільшим та найменшим зазорами (натягами) у з'єднанні. У випадку перехідної посадки **T_{NS}** обчислюють як суму найбільших зазору і натягу. Для будь-якої посадки допуск посадки дорівнює сумі допусків деталей.

Тип посадки	Схема розміщення полів допусків	Основні формули
З зазором		$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ $S_{\max} = ES - ei$ $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ $S_{\min} = EI - es$ $T_S = S_{\max} - S_{\min}$ $T_S = T_D + T_d$
З натягом		$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$ $N_{\max} = es - EI$ $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$ $N_{\min} = ei - ES$ $T_N = N_{\max} - N_{\min}$ $T_N = T_D + T_d$
Перехідна		$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ $S_{\max} = ES - ei$ $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$ $N_{\max} = es - EI$ $T_{NS} = N_{\max} + S_{\max}$ $T_{NS} = T_D + T_d$

10.2. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП)

Єдина система допусків і посадок була запроваджена в нашій країні у 1980 році з метою упорядкування вимог до якості продукції і технічної документації і приведення їх до відповідності вимогам міжнародної спільноти. Розглянемо основні положення ЄСДП.

Системи отвору і вала

В системі отвору основною (незмінною) деталлю є отвір, нижній відхил якого $EI=0$. Посадки різних типів (з зазором, з натягом та перехідні) утворюються за рахунок зміни розмірів вала.

В системі вала основна деталь – вал, верхній відхил якого $es=0$. Посадки різних типів (з зазором, з натягом чи перехідні) утворюються за рахунок зміни розмірів отвору.

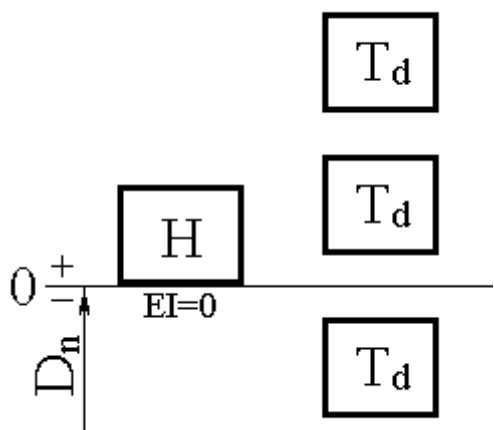


Рис.10.11. Утворення посадок в системі отвору

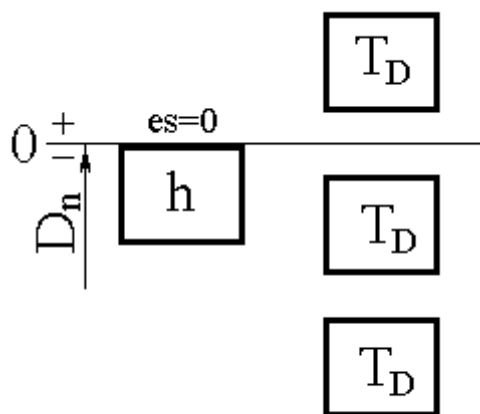


Рис.10.12. Утворення посадок в системі вала

Система отвору економічно більш доцільна, так як зміна розмірів вала досягається простою зміною положення ріжучого інструменту при виготовленні деталі. Зміна ж розмірів отвору в системі вала потребує збільшення номенклатури ріжучого та контрольного інструменту, що неминуче відображається на вартості виготовлення виробів.

Разом з тим, трапляються випадки, коли посадки в системі вала мають переваги перед системою отвору. Наприклад, коли конструкція вузла перешкоджає застосуванню системи отвору (з'єднання поршень-шатун-поршневий палець), при використанні стандартних виробів (шпонки, підшипники кочення), при наявності на довгих валах значної кількості посадочних місць, тощо.

Посадки, деталі яких виготовлені у різних системах, називають комбінованими. Вони застосовуються тоді, коли системні посадки використати не вдається.

Інтервали розмірів

Для скорочення обсягу довідкових таблиць, розміри в ЄСДП розбиті на ряд інтервалів, середні розміри і величина яких утворюють геометричні прогресії. Для всіх розмірів, які входять у інтервал, табличні значення параметрів співпадають.

Величина допуску

Допуск в ЄСДП визначається за формулою:

$$T = a i, \quad (10.9)$$

де a – коефіцієнт точності (число одиниць допуску);

i – одиниця допуску, мкм.

Значення одиниць допуску

Інтервал номінальних розмірів, мм		Одиниця допуску i , мкм
понад	до	
	3	0.55
3	6	0.73
6	10	0.90
10	18	1.08
18	30	1.31
30	50	1.56
50	80	1.86
80	120	2.17
120	180	2.52
180	250	2.89
250	315	3.22
315	400	3.54
400	500	3.89

Одиницю допуску обчислюють за формулою:

$$i = 0.45 \cdot \sqrt[3]{D_{cp}} + 0.001 D_{cp}, \quad (10.10)$$

$$\text{де } D_{cp} = \sqrt{D_{\max} \cdot D_{\min}}$$

(10.11)

($D_{\max}$ і $D_{\min}$ – граничні розміри інтервалу, мм).

Коефіцієнт точності однозначно зв'язаний з номером квалітета.

Квалітет (ступінь точності) – сукупність допусків, що відповідають одному рівню точності для усіх номінальних розмірів.

Стандарт передбачає використання 20 квалітетів: 01; 0; 1; 2; 3; ... 17; 18. Більший номер квалітета відповідає більшому значенню коефіцієнта точності i , відповідно, більшій величині допуску.

Використовуються квалітети таким чином:

- 01; 0 – для виготовлення кінцевих мір довжини;
- 1 ... 4 – для калібрів;
- 4 ... 12 – для деталей з'єднань (в посадках з натягом і перехідних – до 8);
- 12 ... 18 – для вільних розмірів.

Квалітети і відповідні їм коефіцієнти точності

Квалітет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Коефіцієнт точності <i>a</i>	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Основні відхили

Розміщення полів допусків деталей відносно номінального розміру задається за допомогою основного відхилу.

Основним називають відхил, який розміщений ближче до номінального розміру (нульової лінії). Він залишається незмінним при зміні точності обробки (квалітету). Неосновний відхил знаходять на основі вищезгаданих залежностей між граничними відхилами і допуском деталі.

Кожен основний відхил і відповідне йому розміщення поля допуску деталі позначається певною літерою латинського алфавіту: великі літери застосовують для позначення основних відхилів отворів, а малі – валів. Літери I(i), L(l), O(o), Q(q), W(w) через схожість з цифрами та іншими символами не використовують.

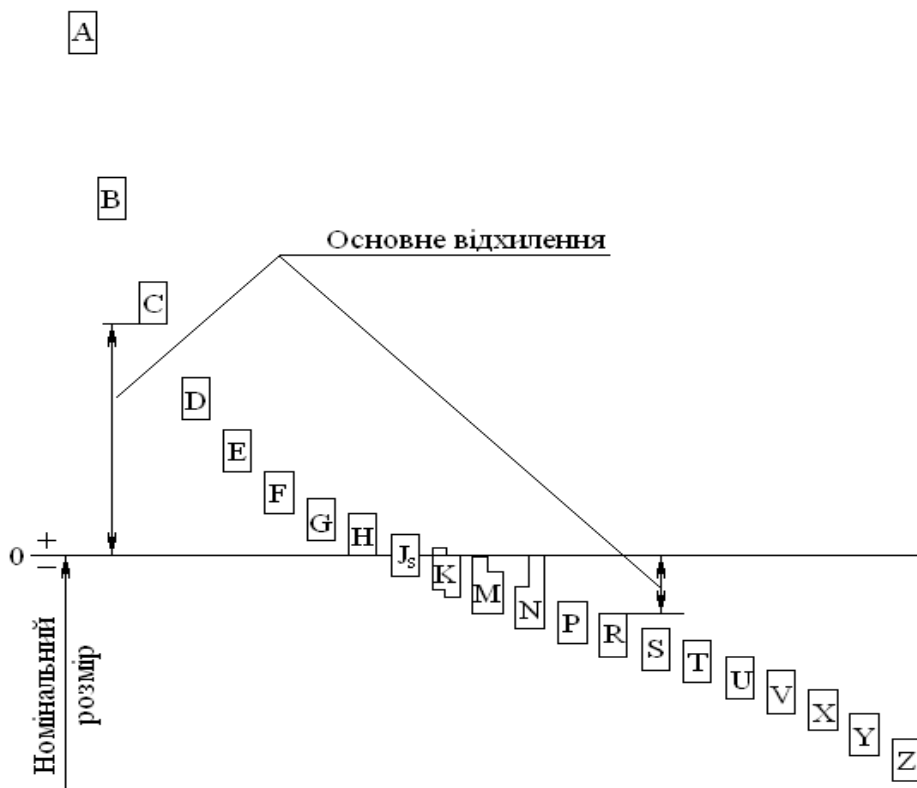


Рис. 10.13. Поля допусків отворів

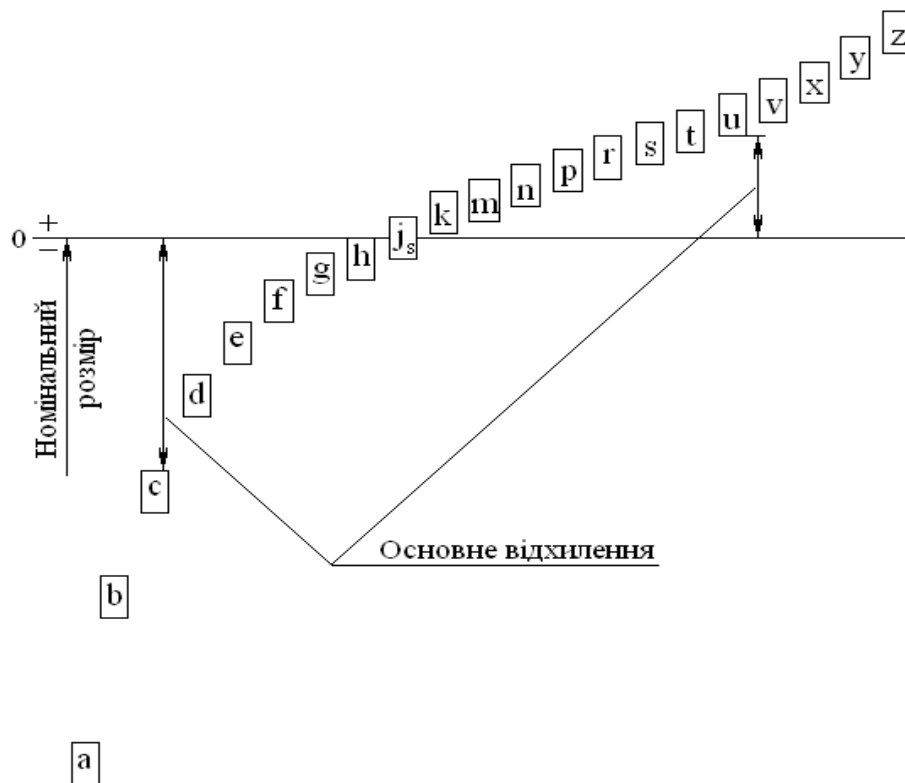


Рис. 10.14. Поля допусків валів

Таким чином, знаючи величину допуску і основний відхил деталі, можна розрахувати значення будь-яких її розмірних параметрів.

Позначення на кресленнях розмірів, посадок та граничних відхилень

Позначення розмірів на кресленнях може бути виконане в кількох варіантах.

Для складальних креслень воно може мати вигляд:

$$\varnothing 50 \frac{H7}{g6} \quad \varnothing 50 \frac{H7^{(+0,025)}}{g6^{(-0,009)}} \quad \varnothing 50 \frac{+0,025}{-0,009},$$

а для креслень деталей

$$\varnothing 50 H7^{(+0,025)} \quad \varnothing 50^{+0,025} \quad \varnothing 50 H7$$

$$\varnothing 50 g6^{(-0,009)} \quad \varnothing 50^{-0,009}_{-0,025} \quad \varnothing 50 g6$$

Допускається запис у такій формі: $\varnothing 50 H7/g6$ або $\varnothing 50 H7-g6$

Послідовність запису наступна:

- Номінальний розмір, мм (Знак діаметра ($\varnothing$) вказують лише для деталей циліндричної або сферичної форми.);
- В чисельнику – буквене позначення основного відхилення і квалітет для отвору;

- В знаменнику – буквенне позначення основного відхилення і квалітет для вала;
- Граничні відхилення деталей, мм (вгорі – верхній, внизу – нижній).

Кількість знаків у записі відхилів вирівнюється, відхилення рівні нулю допускається не записувати. Симетричні відхилення записують у один ряд, цифрами того ж розміру, що і розмір: $100 \pm 0,02$.

Для визначення характеру з'єднання і вибору обладнання, необхідного для складання, цілком достатньо вказати буквені позначення полів допусків.

Для креслень деталей бажано зазначити величини граничних відхилів.

Граничні відхилення малоточних розмірів, як правило, записують у вигляді технічних вимог. Наприклад:

«Невказані граничні відхилення розмірів: $H14, h14, \pm IT14/2$ »

Рекомендується призначати парні квалітети починаючи з 12.

Позначення $H14$ стосується отворів, $h14$, – валів, а $\pm IT14/2$ – елементів деталі з симетричними відхиленнями.

Якщо технічні вимоги на кресленні містять кілька пунктів, текстову частину можна пропустити, обмежившись позначеннями полів допуску: $H14, h14, \pm IT14/2$.

При умові, що призначені відхилення відносяться до круглих отворів і валів, записи доповнюються знаком діаметра: $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm IT14/2$

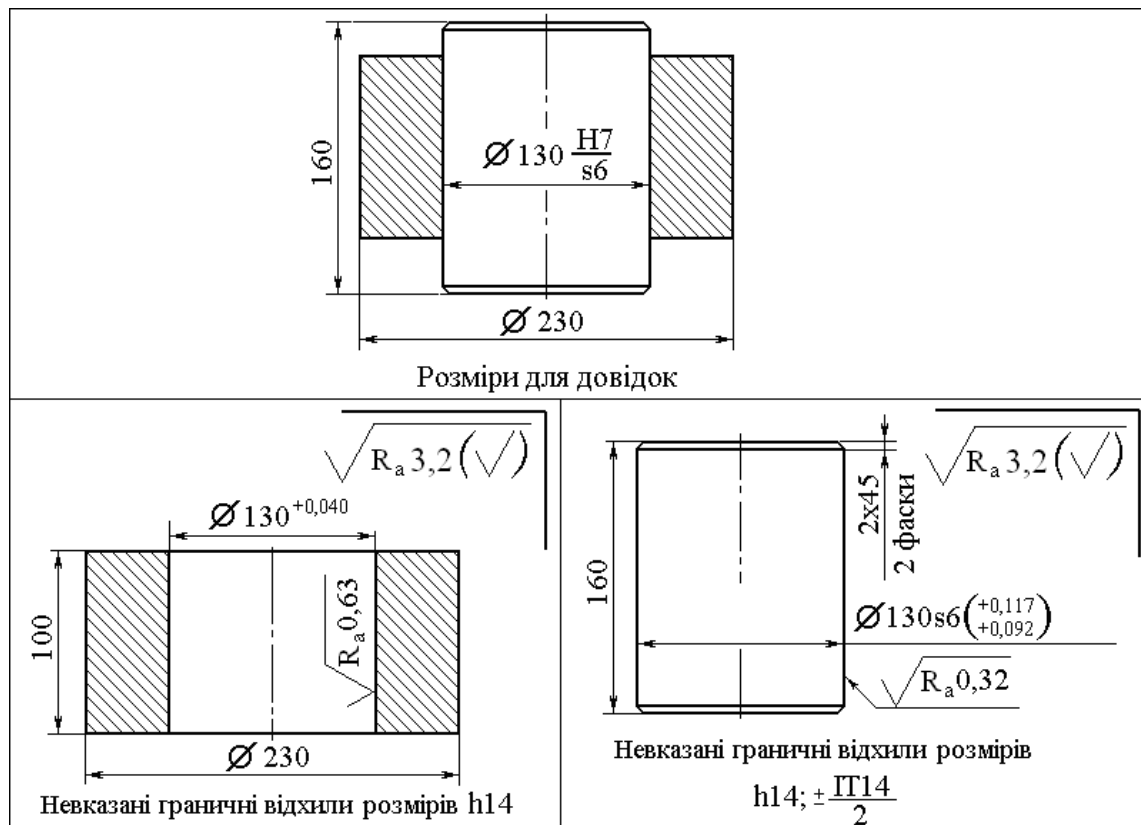


Рис. 10.15. Приклади позначення на кресленні посадок, полів допуску та граничних відхилів

10.3. Шорсткість поверхні

Шорсткість поверхні - один з найбільш важливих факторів, які впливають як на надійність та довговічність машин, так і на затрати на їх виготовлення.

Зменшення шорсткості вносить більшу визначеність в характер з'єднання, стабілізує величину зазору або натягу. Ефективний зазор, одержаний шляхом вимірювання, тим більший, а ефективний натяг тим менший, чим більшою буде шорсткість спряжених поверхонь. Будучи концентраторами напружень, поверхневі мікронерівності являються причиною появи поверхневих тріщин від стомлюваності металу при роботі деталей в умовах змінних навантажень. Зменшення шорсткості покращує корозійну стійкість виробів, якість електролітичного покриття, герметичність з'єднань, зменшує тертя. Однак іноді шорсткість буває корисною для кращого утримання мастила на поверхні деталі, зчеплення поверхонь при склеюванні чи паянні, нанесенні лакофарбового покриття.

Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей профілю поверхні з відносно дрібними кроками, що розглядаються в межах ділянки, довжина якої рівна базовій довжині.

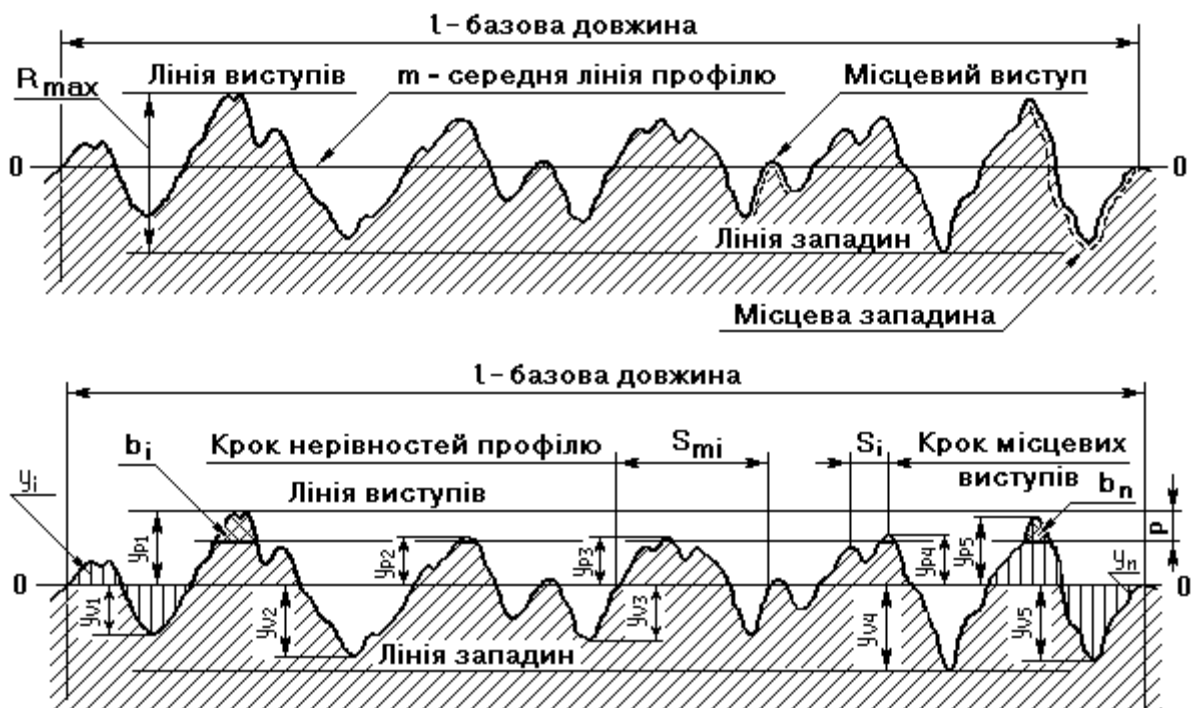


Рис.10.16. Профіль поверхні

Базова довжина l - довжина базової лінії, що використовується для виділення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні.

Середня лінія профілю m - базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середньоквадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне.

ДСТУ 2413 - 94 встановлено шість основних параметрів шорсткості, три з яких - R_a , R_z і R_{max} є висотними (вертикальними) і три параметри S_m , S і t_p - кроковими (горизонтальними).

Найбільш вживані показники – R_a та R_z .

R_z – висота нерівностей профілю за десятьма точками

Сума середніх абсолютних значень висот 5 найбільших виступів і глибин 5 найбільших западин профілю в межах базової довжини l :

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (|y_{p_i}| + |y_{v_i}|) \quad (10.12)$$

де y_{p_i} - висота i -того найбільшого виступу профілю;

y_{v_i} - глибина i -тої найбільшої западини профілю.

R_a – середнє арифметичне відхилення профілю

Середнє арифметичне з абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини l :

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (10.13)$$

де n - кількість точок профілю на базовій довжині l ;

y_i - відстань між i -ю точкою профілю і середньою лінією m .

Вищевказані параметри шорсткості позначаються на кресленнях відповідно до вимог ГОСТ 2.309 - 73.

Для позначення шорсткості поверхні, вид обробки якої конструктором не встановлений, використовують знак, зображений на рис. 10.17 а. При утворенні поверхні за рахунок зняття поверхневого шару матеріалу (точіння, фрезерування, шліфування, полірування і т.п.) - знак показаний на рис. 10.17 б, а при утворенні поверхні без зняття поверхневого шару (литво, ковка, штампування, прокат, волочіння і т.п.) - знак показаний на рис. 10.17 в. Крім того цей знак без величини шорсткості використовують для

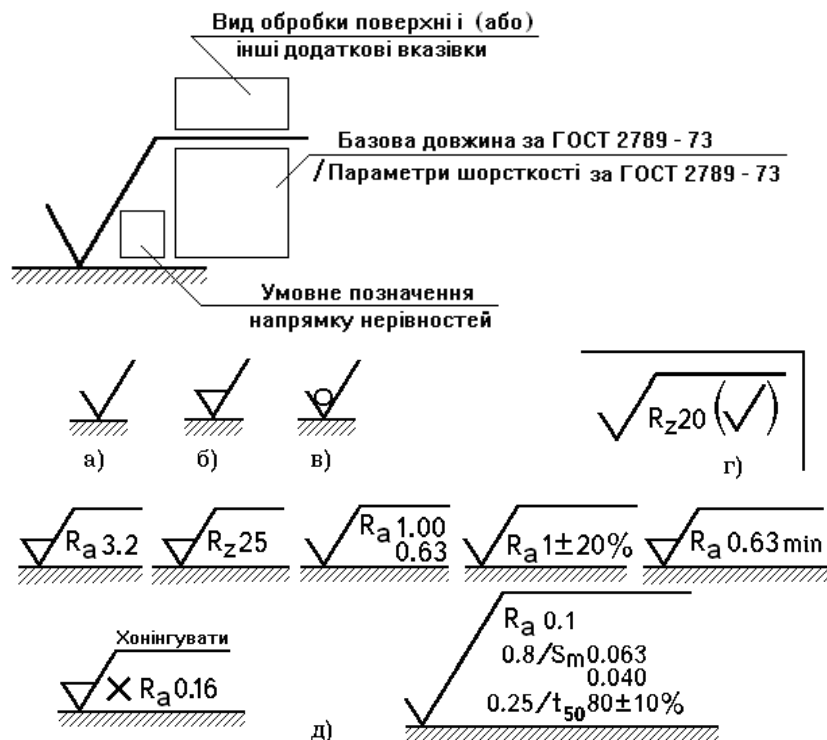


Рис.10.17. Позначення шорсткості поверхні на кресленні

позначення поверхонь, які не обробляються по даному кресленню.

Приклади позначення на кресленні параметрів шорсткості приведені на рис. 10.17 д, а шорсткість, яка переважає на даній деталі звичайно виноситься в правий верхній кут креслення, як показано на рис. 10.17 г. При цьому між позначенням шорсткості та рамкою креслення лишають вільний простір розміром 5 ...10мм. При позначенні вказують параметр шорсткості і величину мікронерівностей в мікрометрах. Відносну опорну довжину поверхні t_p записують в процентах.

10.4. Допуски форми і розміщення

Відхилення форми і розміщення поверхонь негативно впливають на роботу з'єднань, створюючи нерівномірність зазорів чи натягів по поверхні контакту, знижуючи зносостійкість і плавність ходу, підвищуючи трудомісткість складання за рахунок операцій пригонки, знижуючи точність базування при виготовленні та контролі деталей.

Для нормування точності форми і розміщення поверхонь і осей ДСТУ2498-94 передбачено ряд показників, назви і умовні позначення яких приведені в таблиці:

Допуски форми і розміщення поверхонь і осей

Група допусків	Вид допуску	Знак
Допуск форми	Допуск круглості	
	Допуск профілю поздовжнього перерізу	
	Допуск циліндричності	
	Допуск прямолінійності	
	Допуск площинності	
Допуск розміщення	Допуск паралельності	
	Допуск перпендикулярності	
	Допуск нахилу	
	Допуск співвісності	
	Допуск симетричності	
	Позиційний допуск	
	Допуск перетину, осей	
Сумарні допуски форми і розміщення	Допуск радіального биття Допуск торцевого биття Допуск биття в заданому напрямку	
	Допуск повного радіального биття Допуск повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профілю	
	Допуск форми заданої поверхні	

Розглянемо методику визначення відхилень форми:

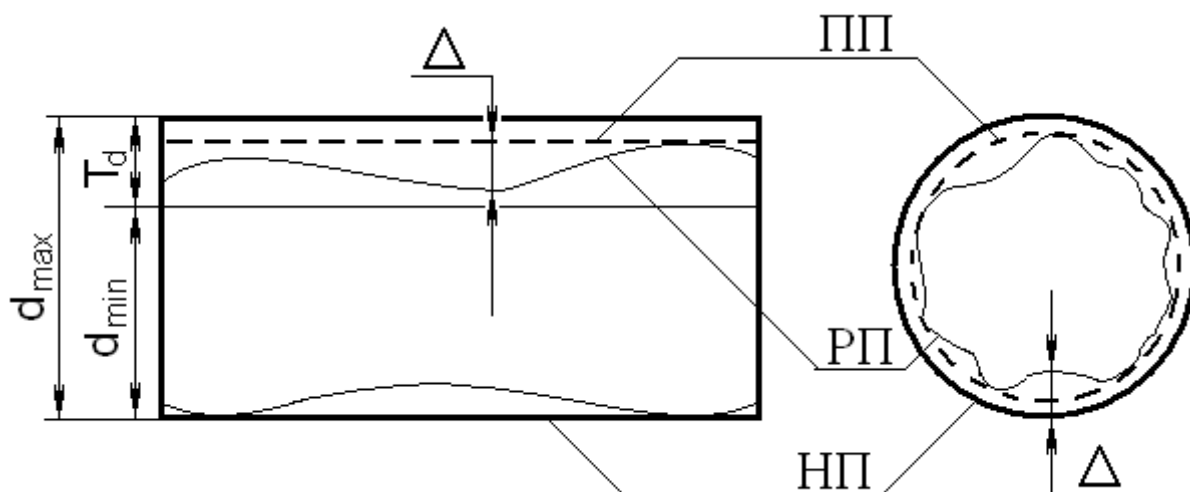


Рис. 10.18. Визначення відхилень форми поверхонь

НП – номінальна поверхня (профіль), форма і розміри якої задані кресленням;

РП – реальна поверхня (профіль), яка обмежує деталь і відділяє її від навколишнього середовища;

ПП – прилягаюча поверхня (профіль), яка має форму номінальної поверхні, що дотикається до реальної поверхні (профілю) і розташована поза межами матеріалу деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні, що нормується, мало мінімальне значення. ПП використовується як базова при визначенні відхилень форми і розміщення поверхонь.

Профіль – лінія перетину поверхні з січною площиною чи заданою поверхнею.

Відхилення форми (Δ), найбільша відстань між точками реальної і прилягаючої поверхонь (профілів), виміряна по нормалі до прилягаючої поверхні.

Для циліндричних поверхонь характерними дефектами при виготовленні є: у поперечному (щодо осі) перерізі – овальність та огранка, а у поздовжньому – конусність, бочкоподібність, сідлоподібність і вигнутість. Розміром прилягаючої поверхні вважають найбільший діаметр у даному перерізі для валів і найменший – для отворів.

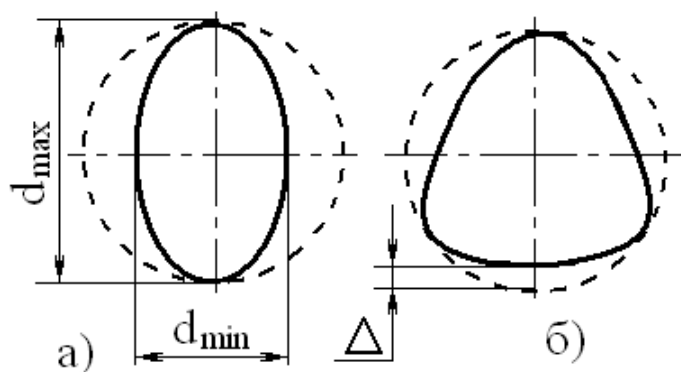


Рис. 10.19. Характерні дефекти циліндричної поверхні у поперечному перерізі: а) – овальність; б) – огранка

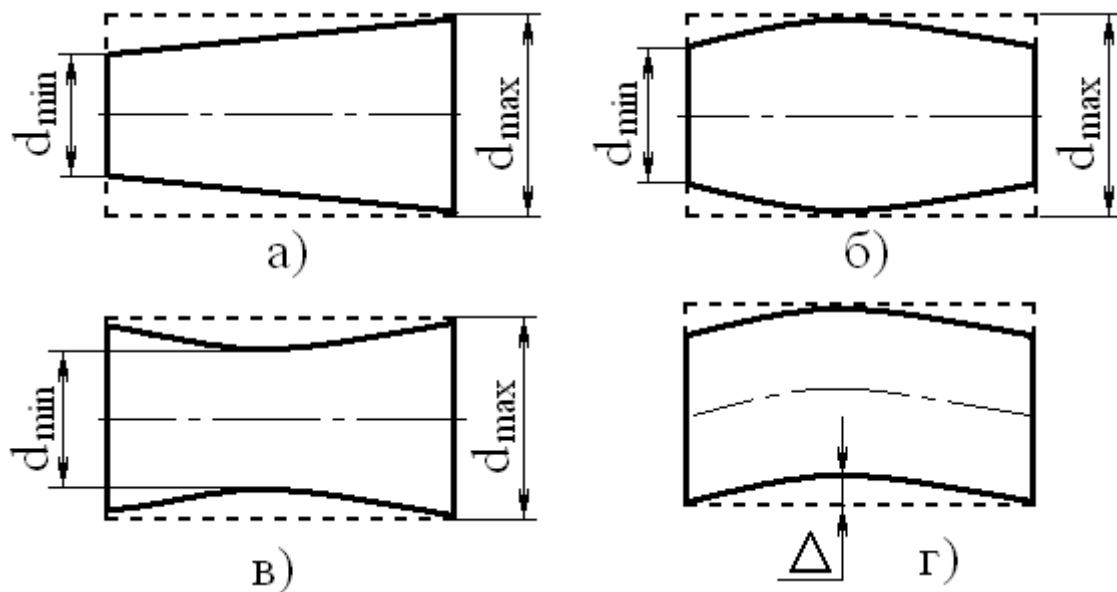


Рис. 10.20. Характерні дефекти циліндричної поверхні у поздовжньому перерізі:
а) – конусність; б) – бочкоподібність; в) – сідлоподібність; г) – вигнутість

Величину відхилення форми циліндричної поверхні як у поздовжньому, так і у поперечному перерізі (за винятком огранки з непарною кількістю граней і вигнутості) визначають за формулою:

$$\Delta = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2} \quad (10.14)$$

Для плоских поверхонь характерні увігнутість і випуклість.

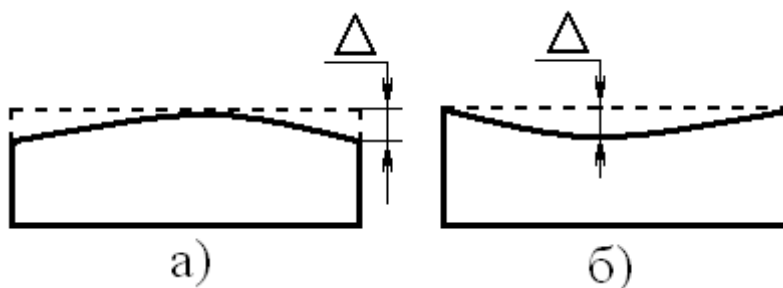


Рис. 10.21. Характерні дефекти плоскої поверхні:
а) – випуклість; б) – увігнутість

При позначенні на кресленні застосовують рамку, в першій клітинці якої записують позначення відхилення форми, а в другій – його максимальну припустиму величину у міліметрах. Розміри ділянки, на якій проводиться вимірювання записують через похилу риску.

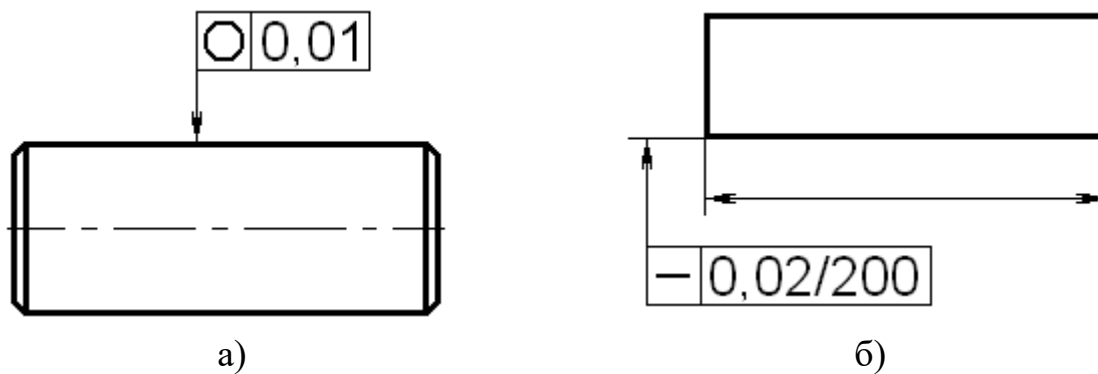


Рис.10.22. Позначення відхилень форми

а) – відхилення від круглості не більше 0,01мм; б) – непрямолінійність на довжині 200мм не більше 0,02мм

На відміну від відхилень форми, які визначаються відносно уявної прилягаючої поверхні, відхилення розміщення визначають відносно реальних поверхонь або осей.

База – елемент деталі чи поєднання елементів, по відношенню до яких задається допуск розміщення нормованого елемента, а також задається відхилення розміщення.



Для позначення баз використовують знак, який уявляє з себе рівносторонній зафарбований трикутник з висотою рівною висоті шрифту, який використовується на кресленні.

При позначенні відхилень форми на кресленнях використовують рамки, аналогічні тим, які використовуються для позначення відхилень форми, але додатково вказують базу, відносно якої слід проводити вимірювання. При близькому розміщенні нормованої та базової поверхонь додають виноску (рис.10.23 б), а якщо база знаходиться на значній відстані – додають третю клітинку, в якій записують її буквене позначення (рис.10.23а).

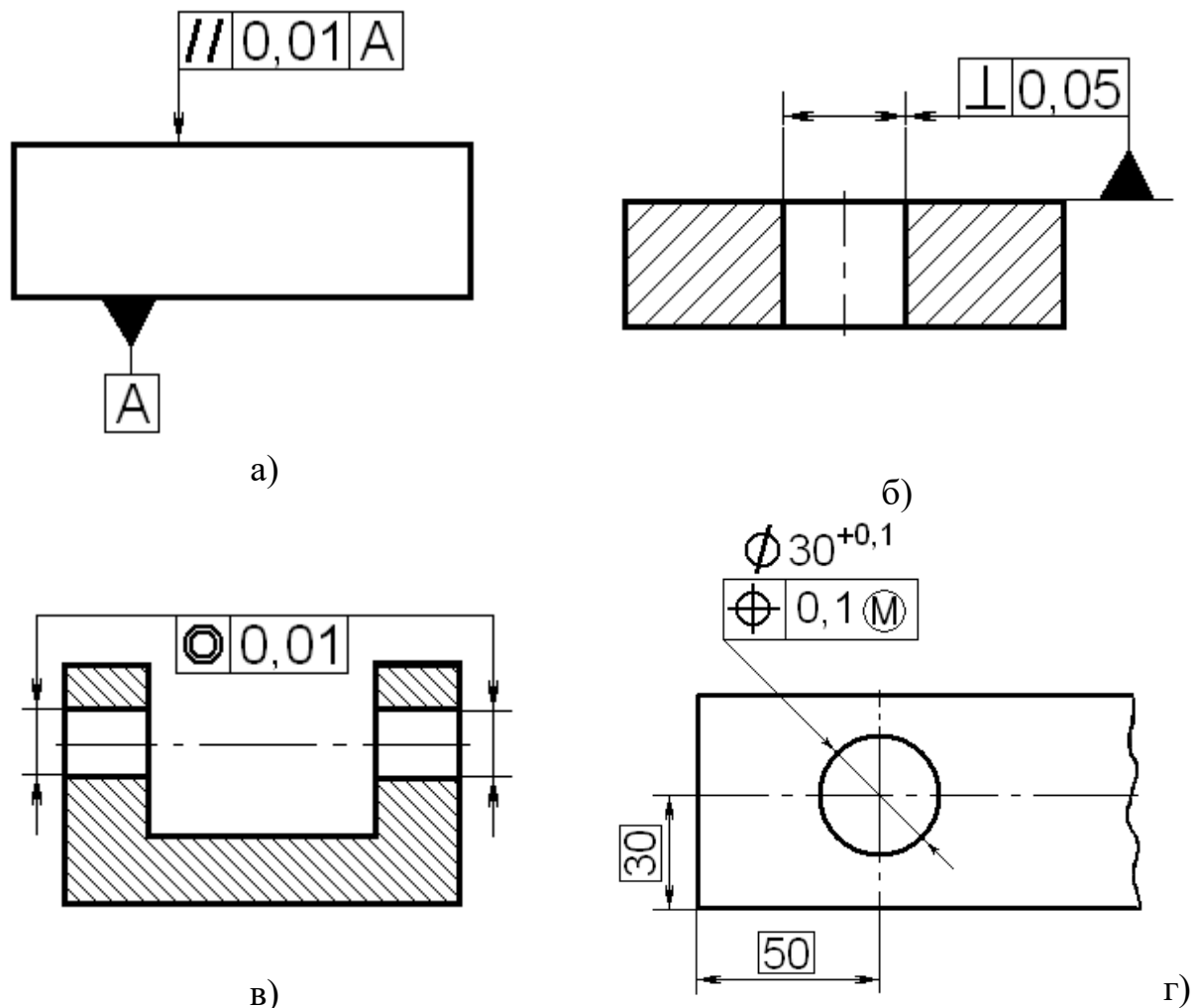


Рис.10.23. Позначення відхилень розміщення

- а) – непаралельність верхньої поверхні відносно нижньої не більше 0,01мм; б) – неперпендикулярність осі отвору відносно поверхні не більше 0,05мм;
в) – не співвісність отворів не більше 0,01мм;
г) – позиційний допуск розміщення отвору, допуск залежний

Якщо поверхні рівнозначні і будь-яка з них може бути прийнята за базову, замість значка бази використовують стрілку (рис.10.23 в).

Знаки проставлені до контурної лінії креслення чи виноски з неї відносяться до поверхні. Якщо відхилення розміщення відноситься до осі, його вказують проставляючи до розмірної стрілки (рис.10.23 б, в).

Залежний допуск – це допуск розміщення чи форми, який вказаний на кресленні у вигляді значення, яке допускається перевищувати на величину, що залежить від відхилення дійсного розміру нормованого елементу від максимуму матеріалу.

Залежний допуск – величина змінна, його мінімальне значення, вказане на кресленні, допускається перевищувати за рахунок зміни розмірів нормованих елементів, але так, щоб їх розміри не виходили за межі допусків.

Залежні допуски позначають на кресленні використовуючи символ  .

Розміри, які визначають номінальне розміщення або номінальну форму нормованого елемента записують у прямокутних рамках (рис.10.23 г).

10.4. Технічні вимірювання

Для того, щоб перевірити виготовлені деталі на відповідність вказаним на кресленні вимогам, необхідно провести вимірювання.

Вимірювання - знаходження фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Основними метрологічними показниками вимірювальних засобів, які визначають можливість їх використання для визначення розміру є:

Ціна поділки шкали - значення вимірюваної величини, що відповідає одній поділці шкали. Від цього показника залежить точність відліку показів за шкалою приладу.

Межі вимірювання - найбільше і найменше значення величин, які можуть бути виміряні приладом.

Діапазон вимірювань - значення вимірюваної величини, для яких нормовані допустимі похибки засобів вимірювання. Для забезпечення заданої точності, розмір вимірюваної деталі повинен знаходитись у межах діапазону вимірювань приладу.

Гранично допустима похибка (Δ_{lim}) - найбільша (без врахування знака) похибка засобу вимірювання, при якій він може бути визнаний придатним і дозволений до використання.

Вибираючи засоби вимірювання потрібно слідкувати за тим, щоб конструкція вимірювального засобу була розрахована на вимірювання даного конструктивного елемента чи параметра (діаметра отвору, вала, биття, глибини і т.п.)

Крім того необхідно враховувати, що вимірювальним засобом того самого виду можуть бути виконані вимірювання з різною точністю, в залежності від методу та умов проведення вимірювання.

При цьому маєтись на увазі, що вимірювальний засіб відповідає вимогам до нього і використовується оператором, який має навик роботи з ним.

Якщо вимірювальний засіб відповідає всім приведеним вище вимогам, то вибір його проводиться на основі залежності:

$$\Delta_{lim} \leq \gamma_2,$$

де Δ_{lim} - гранично допустима похибка засобу вимірювання, мкм;

γ_2 - допустима похибка вимірювання, мкм.

Слід відмітити, що для визначення допустимої похибки вимірювання (γ_2) при вимірюванні биття за номінальний розмір приймається радіус, на якому проводять вимірювання.

Необхідно пам'ятати, що вартість приладів залежить від їх точності, тому при наявності кількох варіантів слід вибрати вимірюваний засіб з граничною похибкою вимірювання, яка найменше відрізняється від допустимої похибки вимірювання. Це забезпечить максимальну економію витрат на проведення вимірювань.

Штангенприлади

Штангенприлади внаслідок їх відносної простоти і невисокої вартості є досить поширеними вимірювальними засобами. До них відносяться штангенциркуль, штангенглибиномір, штангенрейсмус та штангензубомір.

Спільною ознакою цих приладів є наявність однотипного відлікового пристрою, який складається з шкал штанги (основна шкала) і ноніуса. Робота ноніуса ґрунтується на різниці в інтервалах ділення шкал штанги та ноніуса.

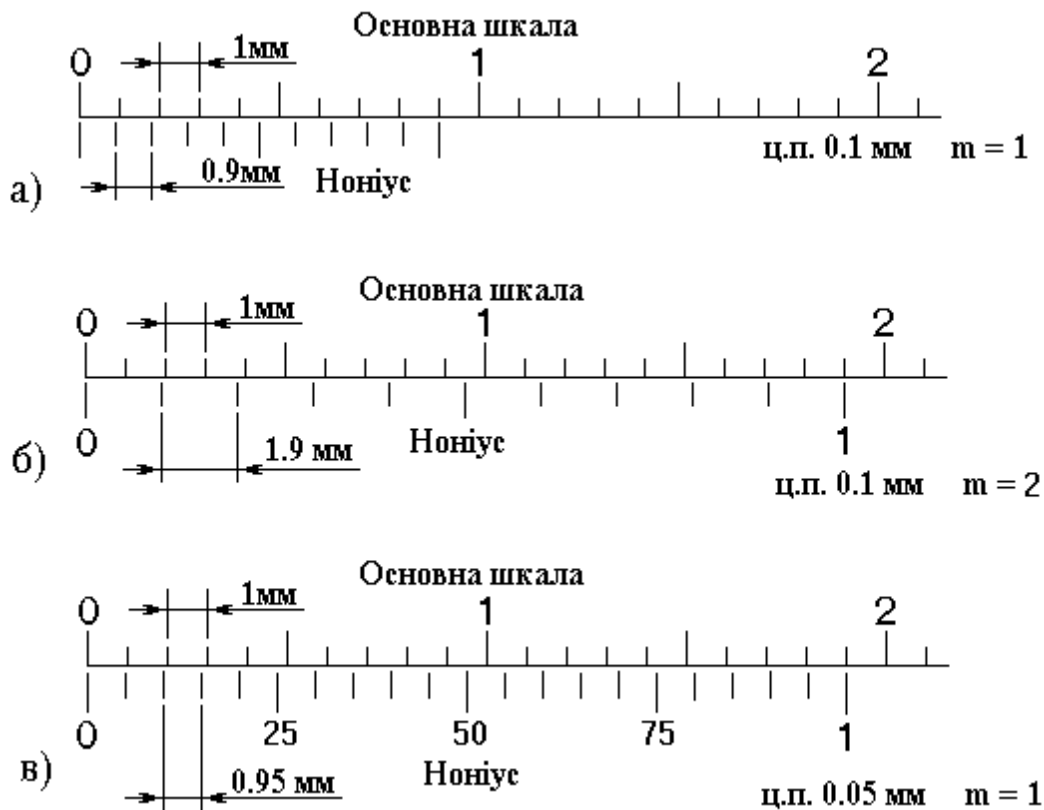


Рис. 10.24. Ноніус

Розглянемо будову найпростішого ноніуса з ціною поділки 0,1 мм (рис. 10.24, а). Його шкала має довжину 9 мм і містить 10 поділок. Інтервал ділення шкали ноніуса складає $9/10 = 0.9$ мм. Шкала штанги має інтервал ділення 1 мм, отже різниця інтервалів ділення шкал рівна 0.1 мм, що відповідає ціні поділки шкали ноніуса.

При суміщенні нульових поділок штанги і ноніуса перша поділка ноніуса буде відставати від першої поділки шкали штанги на 0.1 мм, друга - на 0.2 і т. д. І навпаки, при суміщенні **n**-ної поділки ноніуса з відповідною поділкою шкали штанги нульова його поділка буде мати зміщення рівне **nс**, де **n** - номер поділки: **с** - ціна поділки шкали ноніуса.

Таким чином, за поділкою ноніуса, що співпала з відповідною поділкою шкали штанги можна визначити частки міліметра. При цьому **цілі міліметри визначають за нульовою поділкою ноніуса**.

Ноніус з ціною поділки 0.05мм (рис. 10.24, в) має довжину шкали 19мм, яка розділена на 20 частин. При цьому інтервал ділення шкали складає

0.95 мм, що на 0.05мм менше інтервалу ділення шкали штанги.

Сучасні ноніуси звичайно мають так звані "розтягнуті" шкали (рис. 10.24, б), які внаслідок більшої відстані між штрихами забезпечують меншу імовірність паралактичної похибки, що виникає при неправильному, відносно оператора, положенні приладу при відліку показів. Ступінь розтягування називають модулем. Модуль **m** показує скільки (заокруглено) поділок шкали штанги припадає на одну поділку шкали ноніуса. Звичайно використовуються значення **m = 2; 4; 5**.

Для знаходження показів необхідно по поділці шкали штанги, яка знаходиться зліва від нульової поділки шкали ноніуса визначити кількість цілих міліметрів і додати до неї частки міліметра, одержані множенням ціни поділки ноніуса на порядковий номер штриха його шкали, який співпав з штрихом шкали штанги (нумерація штрихів починається з нульового).

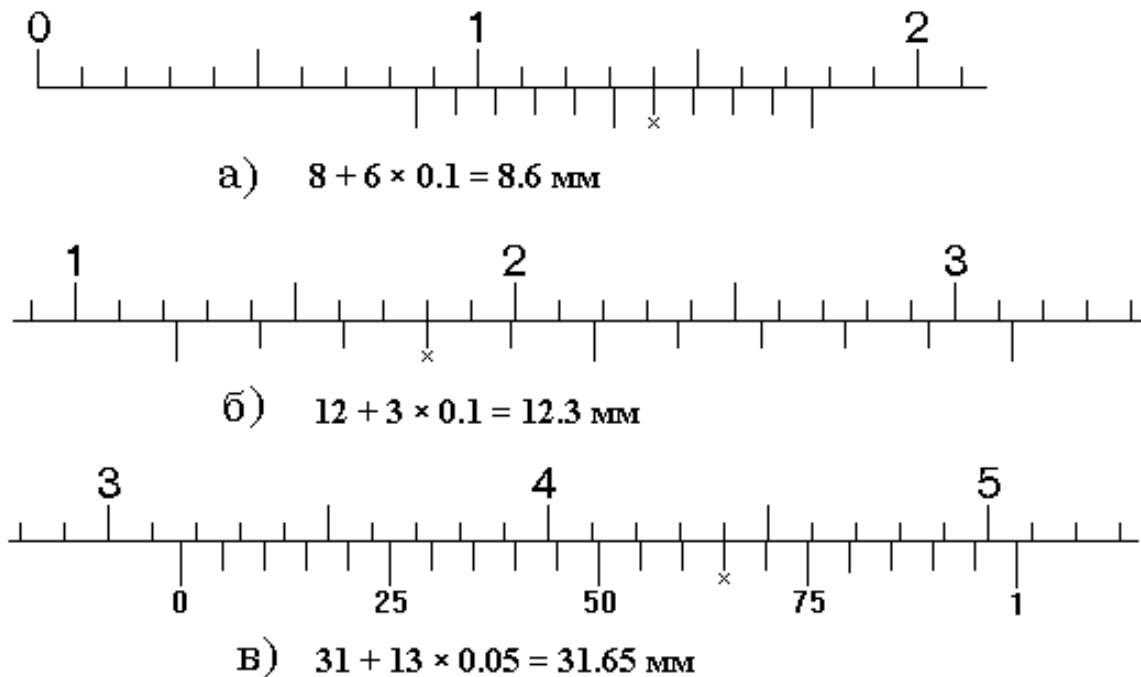


Рис. 10.25. Відлік показів за ноніусом

Розглянемо конструкції основних типів штангенприладів.

Штангенциркулі призначені для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів і виконання розміточних робіт. Випускаються кількох типів, будова яких показана на малюнку.

ШЦ - I – з двостороннім розміщенням губок для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів і глибиноміром.

ШЦ - II – з двостороннім розміщенням губок для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів і розмітки.

ШЦ - III – з одностороннім розміщенням губок для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів, іноді доповнюється пристроєм для вимірювання висот виступів.

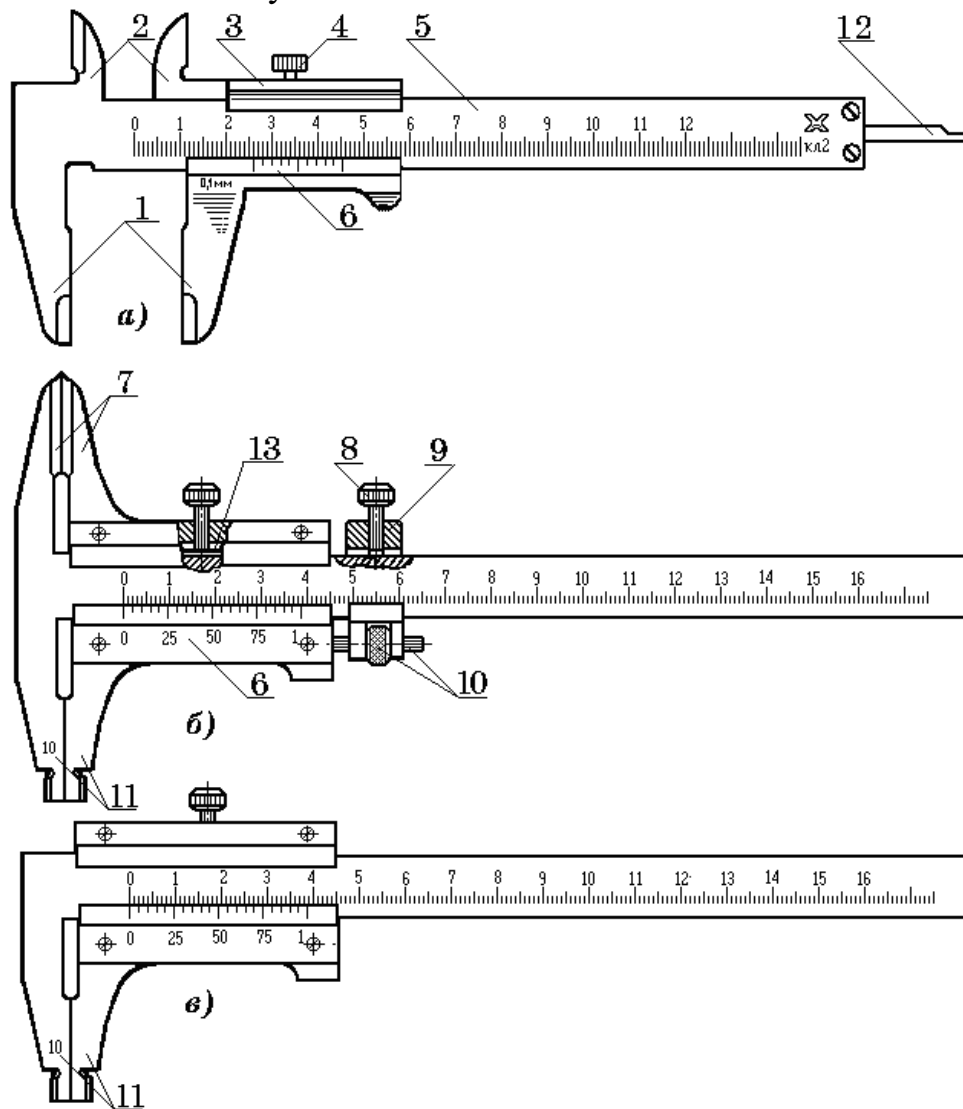


Рис. 10.26. Штангенциркулі

а) - ШЦ - I; б) - ШЦ - II; в) - ШЦ - III; г) - ШЦТ - I

*1 - губки для зовнішніх розмірів; 2 - губки для внутрішніх розмірів; 3 - рамка;
4 - стопорний гвинт рамки; 5 - штанга; 6 - ноніус; 7 - губки для зовнішніх
розмірів і розмітки; 8 - стопорний гвинт хомута мікроподачі; 9 - хомут;
10 - гайка і гвинт мікрометричної подачі; 11 - губки для зовнішніх і внутрішніх
розмірів; 12 - лінійка глибиноміра; 13 – плоска пружина*

Кожна модифікація має деякі особливості при визначенні розмірів, наприклад у ШЦ - I зовнішній, внутрішній розмір і глибина співпадають з показами приладу, а у ШЦ - II та ШЦ - III при вимірюванні отворів необхідно до показів додати товщину губок, яка вказана на них. Штангенциркуль

ШЦ - II має також мікрометричну подачу для плавного переміщення рамки, що полегшує установку приладу на заданий розмір.

Штангенглибиномір ШГ призначений для вимірювання глибин отворів і висот виступів.

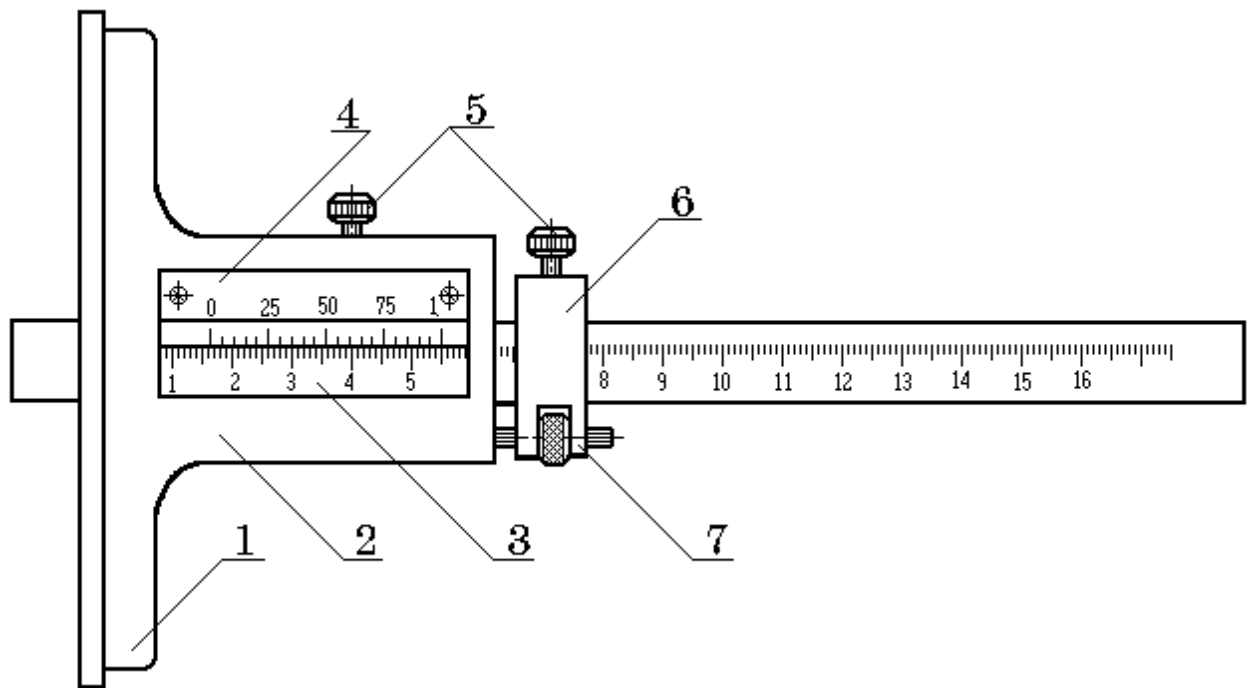


Рис. 10.27. Штангенглибиномір

*1 - основа; 2 - рамка; 3 - штанга; 4 - ноніус; 5 - стопорний гвинт;
6 - хомут; 7 - гайка і гвинт мікрометричної подачі*

При визначенні розміру штангенглибиномір встановлюють вимірювальною поверхнею основи 1 на базову поверхню деталі і натискають на штангу 3 до упору в контрольовану поверхню.

Штангенрейсмуси ШР використовують для вимірювання висот і виконання розміточних робіт. Прилад показує відстань від площини на якій він встановлений до поверхні деталі до якої торкається ніжка 8. При цьому можна проводити вимірювання як нижньою, так і верхньою поверхнями вимірювальної ніжки, тому необхідно пам'ятати, що **при вимірюванні розміру верхньою поверхнею ніжки до показів приладу слід додати її товщину.**

Масивна основа 1 дає можливість проводити вимірювання і розмітку лише починаючи з 40мм, тому деякі штангенрейсмуси оснащені ніжками

спеціальної форми (10, 11), які дозволяють розширити нижню межу вимірювань до нуля.

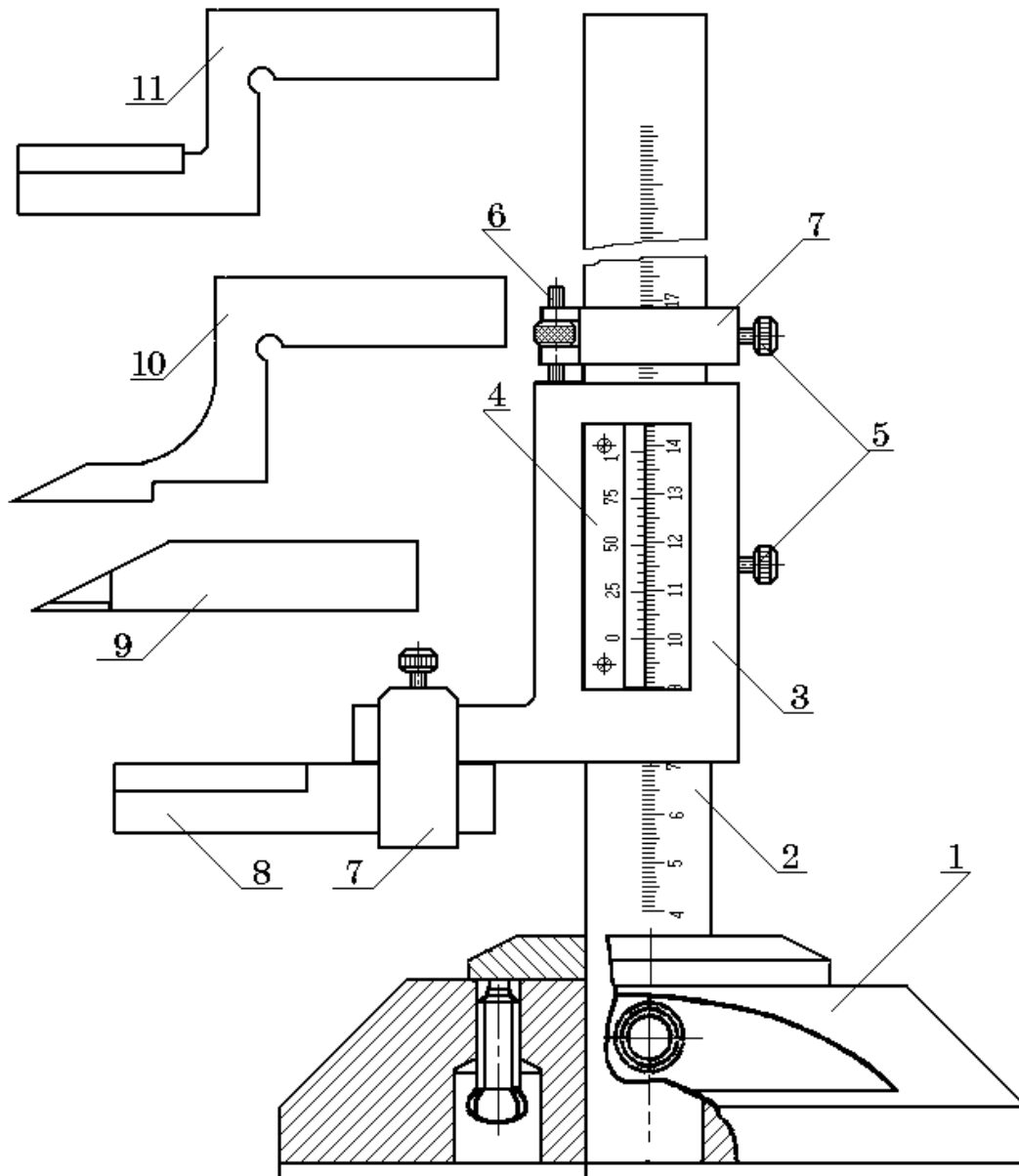


Рис. 10.28. Штангенрейсмус

1 - основа; 2 - штанга; 3 - рамка; 4 - ноніус; 5 - стопорний гвинт; 6 - гайка і гвинт мікроподачі; 7 - хомут; 8, 11 - вимірювальна ніжка; 9, 10 - розміточна ніжка.

Мікрометричні прилади

Спільною рисою всіх мікрометричних приладів є наявність мікрометричної головки.

З її будовою можна ознайомитись на прикладі гладкого мікрометра

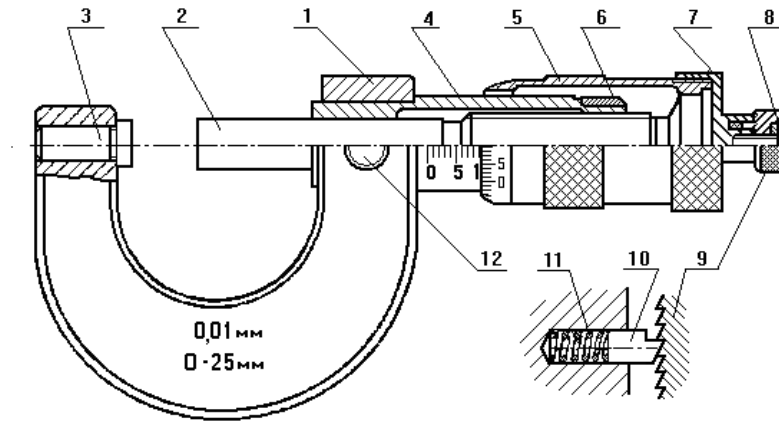


Рис.10.29. Будова мікрометра типу МК

1 - скоба; 2 - мікрометричний гвинт; 3 - н'ята; 4 - стебло; 5 - барабан;
6 - контргайка; 7 - ковпачок; 8 - гвинт; 9- корпус тріщотки; 10 - собачка;
11 - пружина; 12 – стопорний гвинт

Правий кінець стебла 4 має внутрішню (мікрометричну) та зовнішню різьбу, яка закінчується конічною поверхнею. На всій довжині різьби зроблено три рівномірно розміщені прорізи. Контргайка 6, яка також має конічну поверхню, при накручуванні на зовнішню різьбу стискає внутрішню різьбу, в якій переміщується мікрометричний гвинт 2. Таким чином регулюється виникаючий в процесі зношування осьовий люфт мікрогвинта. Ковпачок 7, з'єднуючий мікрометричний гвинт 2 з барабаном 5, є основою для тріщотки 9, яка забезпечує стабільне вимірювальне зусилля в межах $7 \pm 2H$ і тим самим підвищує точність вимірювань. Всі сучасні мікрометричні прилади мають вимірювальні поверхні з твердого сплаву.

Принцип дії головки ґрунтується на перетворенні кутових переміщень у лінійні за допомогою мікрометричної пари: гвинта та гайки (рис.10.30), виготовлених з високою точністю.

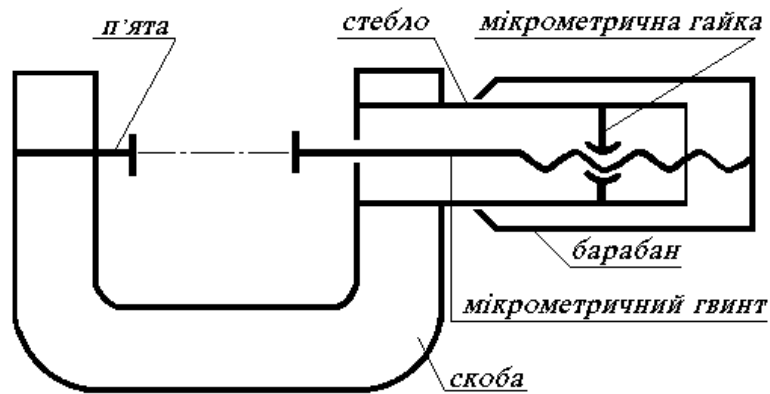


Рис. 10.30. Кінематична схема мікрометра

При обертанні мікрометричного гвинта в нерухомій гайці, гвинт зміщується вздовж своєї осі на величину, пропорційну кроку гвинта та кількості його обертів:

$$L = S k ,$$

де **S** - крок різьби, мм;

k - кількість обертів мікрометричного гвинта (можливе як ціле число, так і дріб)

Відліковий пристрій мікрометричної головки складається з двох шкал. Одна з них, поздовжня, знаходиться на стеблі і має осьовий штрих, по обидва боки якого розміщені дві групи штрихів з інтервалом 1мм, причому верхній ряд зміщений відносно нижнього на 0.5мм. Показчиком для цієї шкали служить скошений торець барабана.

Крок різьби у всіх мікрометричних приладів становить 0.5мм, тобто одному оберту мікрогвинта відповідає переміщення торця барабана на 0.5мм. Отже з кожним обортом з-під барабана по черзі будуть з'являтися поділки з нижнього та верхнього рядів, показуючи відповідно цілі міліметри та їх половини.

Друга шкала, кругова, розміщена на барабані і містить 50 поділок. Таким чином ціна поділки шкали барабана становить:

$$i = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01\text{мм}$$

Число сотих дорівнює номеру поділки кругової шкали, яка співпадає з осьовим штрихом поздовжньої шкали.

Для визначення розміру потрібно знайти суму показів по обох шкалах, як показано на рис.10.31.

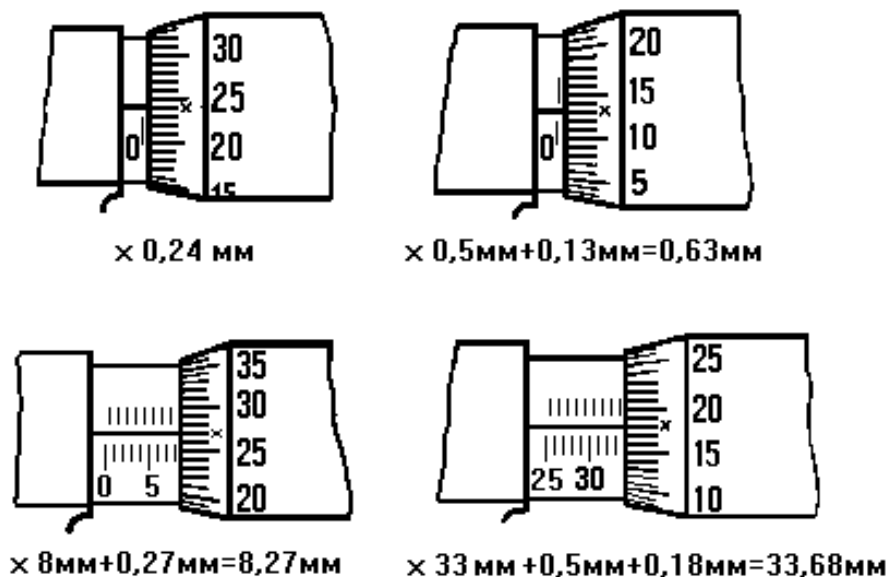


Рис.10.31. Визначення розмірів за допомогою мікрометра

Необхідно пам'ятати, що через наявність зазору між стеблом та барабаном можна припустити помилку при відліку на 0.5мм, так як наступний штрих на поздовжній шкалі з'являється з-під барабана заздалегідь, іноді за 12 - 15 поділок до нуля. Тому враховувати поділку, що з'явилася, потрібно лише після проходження осевого штриха на стеблі через нульову (50-ту) поділку кругової шкали.

Перед початком вимірювань необхідно переконатись в правильності показів приладу за допомогою кінцевої міри, що входить в комплект (за винятком мікрометра МК-25). Для цього, обертаючи мікрометричний гвинт за тріщотку до її спрацювання, доторкаються до кінцевої міри. Якщо при цьому нульова поділка кругової шкали не співпадає з поздовжнім штрихом на стеблі, необхідно зафіксувати мікрогвинт і, утримуючи барабан, відпустити ковпачок на півоберту. Після цього виставити нульові покази по круговій шкалі і, обережно з'єднавши барабан з мікрогвинтом за допомогою ковпачка, ще раз перевірити нульову установку. При необхідності регулювання повторюють.

Мікрометричний нутромір (НМ) призначений для вимірювання внутрішніх розмірів деталей (рис. 10.32). Його мікрометрична головка 2 нагадує мікроголовку мікрометра, але має мікрогвинт довжиною не 25 а 13мм. Прилад комплектується змінними подовжувачами 3, за допомогою яких можна змінювати межі вимірювання. Їх розміри: 13, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000 мм.

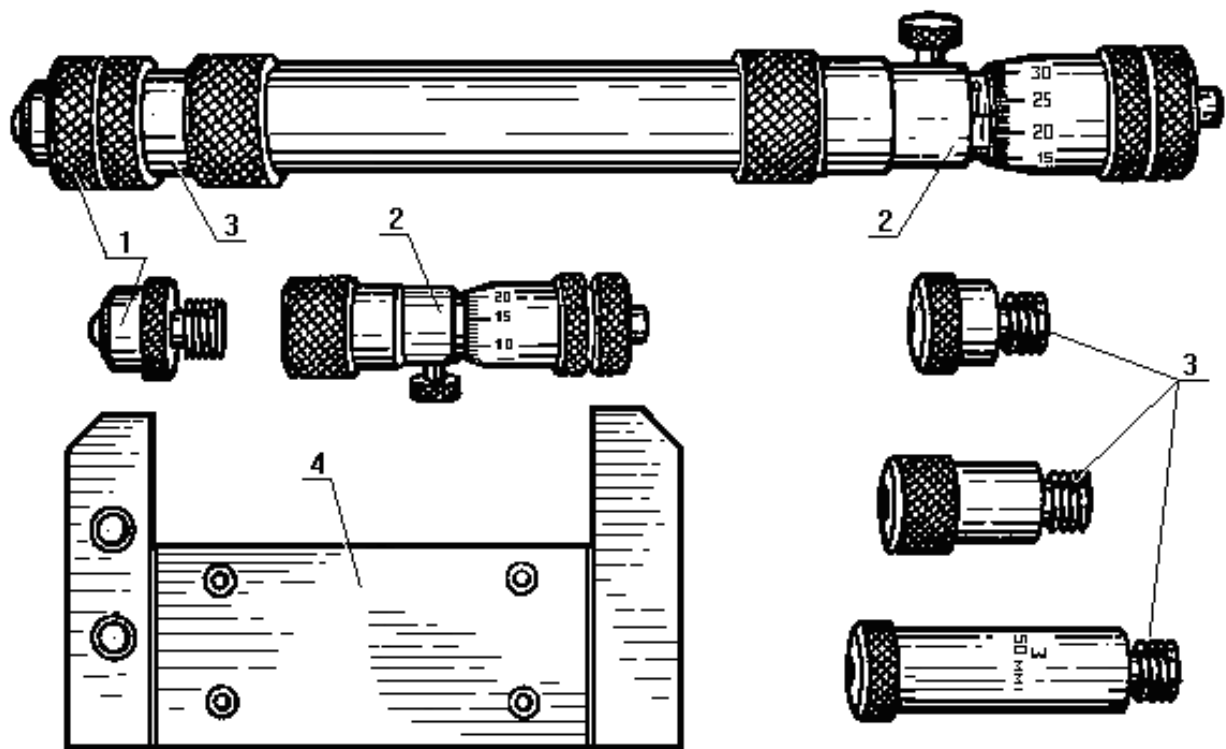


Рис.10.32. Мікрометричний нутромір
 1 - кінцевик; 2 - мікрометрична головка; 3 - подовжувач;
 4 - встановлювальна міра.

Настроюють нутромір із знятими подовжувачами за допомогою встановлювальної міри 4 з двома боковиками, що має форму скоби. Після настроювання підбирають подовжувачі до досягнення потрібного розміру. При настроюванні та вимірюванні прилад необхідно хитати у двох площинах, добиваючись такого положення відносно деталі, коли він ковзає по її стінках з легким тертям, тобто **лінія вимірювання повинна бути найменшим розміром в двох взаємно перпендикулярних площинах.**

Для визначення розміру отвору покази мікрометричної головки складають з початковою довжиною нутроміра (75 або 50 мм в залежності від модифікації) та сумарною довжиною подовжувачів, як показано на рис.10.33. Похибка при вимірюванні нутроміром через відсутність тріщотки, наявність подовжувачів та неточність установки відносно деталі перевищує похибку мікрометра в 2 - 3 рази.

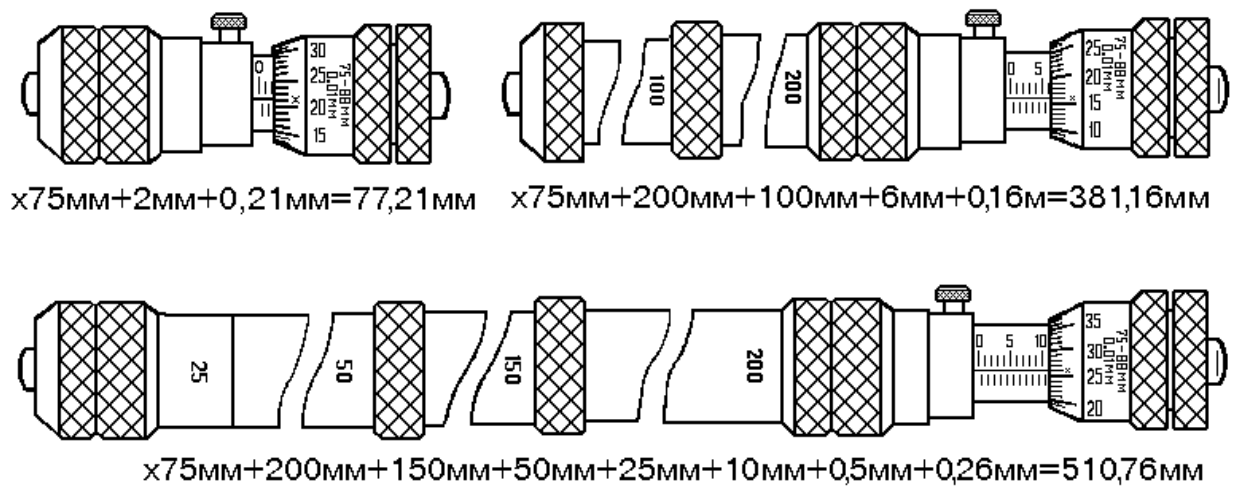


Рис.10.33. Визначення розмірів за допомогою мікрометричного нутроміра

Мікрометричний глибиномір (ГМ) використовують для вимірювання глибини пазів, глухих отворів та висоти виступів (рис. 10.34.). Стебло 2 мікрометричної головки глибиноміра запресоване в основу 1 перпендикулярно до її вимірювальної поверхні. В отвір на торці мікрометричного гвинта 5 вставляються змінні вставки 3, які дозволяють міряти розміри в таких інтервалах: 0 -25, 25-50, 50-75, 75-100 мм. Необхідно враховувати, що вставки **не калібровані**, а тому при їх зміні потрібно переналагоджувати глибиномір за допомогою встановлювальних мір 9, що входять до комплекту приладу.

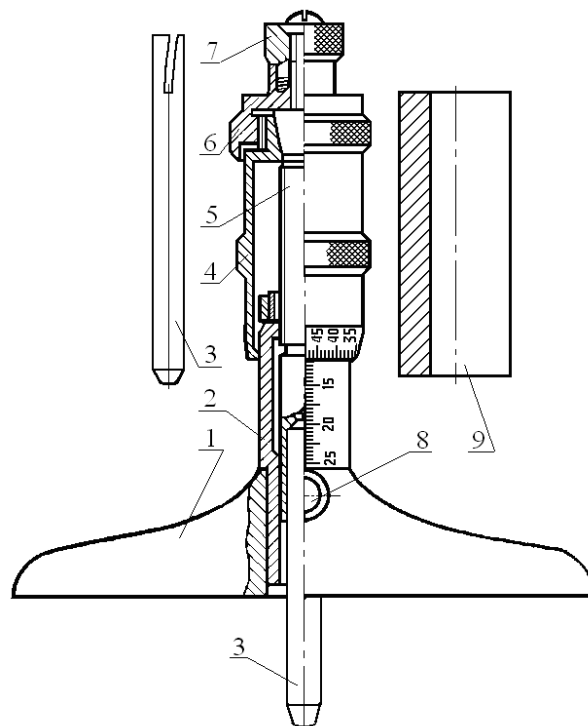


Рис. 10.34. Мікрометричний глибиномір

1 - основа; 2 - стебло; 3 - змінна вставка; 4 - барабан; 5 - мікрометричний гвинт; 6 - ковпачок; 7 - тріщотка; 8 - стопорний гвинт; 9 - кінцева міра.

Особливу увагу слід звернути на відлік показів, так як шкали у глибиноміра в порівнянні з мікрометром нанесені в зворотному напрямку, а штрих на шкалі стебла враховується тоді, коли він сховався під барабан 4. До показів необхідно також додати поправку на початкову довжину вставки.

Розділ 11. ПІДГОТОВЧІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ

11. 1. Розмітка

Види і способи розмітки. Розміткою називають процес нанесення на заготовку контурів деталі, меж обробки, осей і центрів отворів. Розмітку використовують при індивідуальному та дрібносерійному виробництвах.

Розрізняють лінійну, площинну та об'ємну розмітку.

Лінійну розмітку використовують для розкрою фасонного прокату, підготовки сталі, тобто тоді, коли границі різання, загину та інше зазначають тільки одним розміром — довжиною.

Площинну розмітку застосовують при виготовленні деталей із листового прокату. В окремих випадках її виконують за шаблоном.

Об'ємна розмітка полягає в нанесенні рисок на декількох площинах або поверхнях заготовки, що перетинаються між собою під різними кутами.

Існує декілька способів розмітки: за кресленням, шаблоном, зразком і по місцю.

Розмітка за кресленням. Переносити розміри деталей з креслення на заготовку не можна навіть тоді, коли вона викреслена в масштабі 1:1. Розміри необхідно відкладати за допомогою вимірювальних і розмічальних інструментів. На заготовці в першу чергу проводять основні лінії, що визначають базу. За базу приймають точку, лінію, поверхню, по відношенню до яких можна визначити положення інших точок, ліній, поверхонь даної деталі.

Після цього проводять горизонтальні та вертикальні лінії згідно з розмірами на кресленні, потім наносять кола, дуги і, нарешті, лінії, напрямлені, під кутом. Нанесені лінії накернюють.

Розмітка за шаблонами. Її використовують, коли потрібно розмітити декілька однакових заготовок. Шаблон виготовляють за розмірами креслення, накладають його на деталь і окреслюють. Застосування шаблонів значно прискорює і підвищує якість розмітки.

Розмітка за зразком. Вона відрізняється від розмітки за шаблоном лише тим, що не потрібно виготовляти шаблон, який замінює деталь. Тобто розміри знімають з деталі і переносять на заготовку. Наприклад, розмітка прокладок, гайкового ключа тощо.

Розмітка по місцю. Її виконують тоді, коли за характером з'єднань необхідно скласти деталі на місці. Для цього одну деталь кладуть на іншу в тому положенні, в якому вони повинні бути з'єднані, і розмічають, як по шаблону. Наприклад, прокладку розмічають так: прокладочний матеріал притискають до деталі, розмічають його і за одержаним відбитком вирізають (чи вирубують) прокладку.

Пристосування і інструменти для розмітки. Для розмітки використовують розмічальні плити, рисувалки, рейсмуси, призматичні

лінійки, розмічальні циркулі і штангенциркулі, кутоміри, кернери, рівні тощо.

Загальний вигляд інструментів, що найчастіше використовуються при розмітці показаний на рис. 11.1.

Розмічальна плита є основним розмічальним пристосуванням. На підприємствах застосовують чавунні розмічальні плити розміром від 100×200 мм до 1000×1500 мм. Поверхня плит повинна відповідати другому або третьому класу точності. Їх встановлюють на столах, чавунних тумбах, спеціальних фундаментах або домкратах на висоті 700...900 мм. Верхню площину плити необхідно встановлювати по рівню, строго горизонтально. Щоб по плиті легше було пересувати інструмент і пристрої, її поверхню покривають дрібним графітним порошком.

Найпростіша *рисувалка 1* — це металевий стержень, виготовлений з інструментальної сталі У7, У8, У10А, У12А або латунного дроту діаметром 4...6 мм, довжиною 150...250 мм. Один кінець її може бути зігнутий під кутом 45...90°. Загострені під кутом 15...20° кінці гартують до твердості 56...60 HRC. На алюмінієвих заготовках риски намічають твердим простим олівцем.

Паралельні горизонтальні і вертикальні лінії проводять за допомогою *рейсмуса 2* або *3*, а лінії, паралельні твірній циліндра— *призматичної лінійки 4*.

Кола невеликих діаметрів і перенесення на заготовку чи деталь їх розмірів виконують *розмічальним циркулем 5*, кола великого діаметра з безпосереднім встановленням їх розмірів — *розмічальним штангенциркулем 6*.

Кутоміром 7 наносять лінії на заготовці під кутом одна до одної.

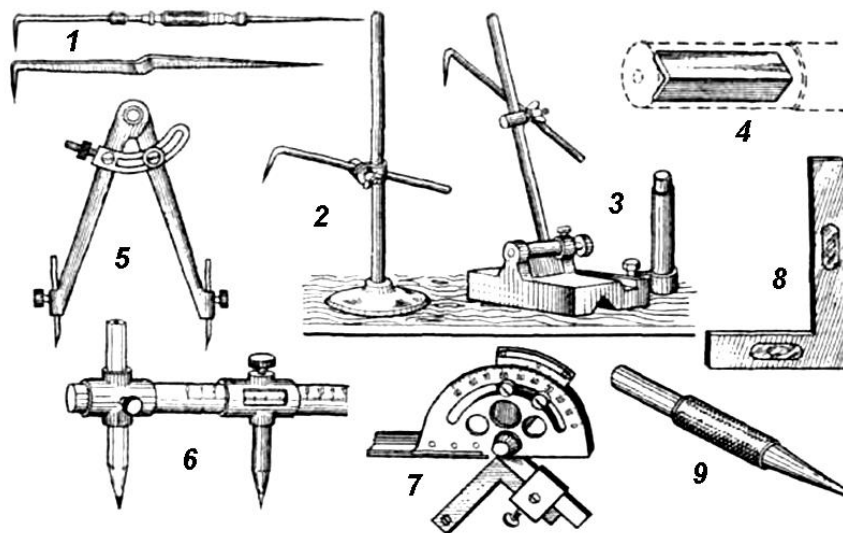


Рис. 11.1. Інструмент для розмічання:

- 1 — рисувалки; 2 — рейсмус простий; 3 — рейсмус універсальний; 4 — призматична лінійка; 5 — розмічальний циркуль; 6 — розмічальний штангенциркуль; 7 — універсальний кутомір; 8 — рівень; 9 — кернер.

Кернером 9 кернять розмічальні лінії, щоб вони не стирались у процесі обробки, а також центри отворів. Кернери виготовляють із сталей марок У7А і У8А у вигляді круглих стержнів з накаткою у середній частині. Вістря заточують під кутом 60° . Вістря і бойок кернера на довжині 15...30 мм гартують до твердості 52...57 HRC і 32...40 HRC відповідно. Діаметр кернера складає 8...13 мм, а його довжина — 90...150 мм.

Рівнем 8 перевіряють вертикальні та горизонтальні площини заготовок. Щоб було видно накреслені лінії, поверхню заготовки фарбують розчином крейди (1 кг крейди і 50 г столярного клею на 8 л води), розчином мідного купоросу (три чайні ложки купоросу на склянку води), спиртовим лаком, швидковисихаючими фарбами тощо.

Для встановлення і вивірення заготовок, які розмічають, використовують спеціальні пристрої: *призми, клини, домкратики, струбцини, кутники*.

Послідовність і правила розмітки. Перед розміткою заготовку необхідно ретельно очистити від окалини, іржі, задирок і масла.

Щоб розмічальні риси було добре видно, поверхню заготовки забарвлюють тонким рівномірним шаром. Для забарвлення грубо оброблених і необроблених поверхонь застосовують прокип'ячений розчин наступного складу: вода — 1 л, молота крейда — 120...130 г, розведений столярний клей — 5...10 г. Чисто оброблені сталеві і чавунні заготовки покривають розчином мідного купоросу (2—3 чайних ложки на стакан води). При точній розмітці невеликих заготовок застосовують спиртовий лак.

Розмітку починають з *вибору бази* (лінії або поверхні), від якої відкладають розміри. При площинній розмітці за бази приймають зовнішню оброблену кромку або поверхню, осі симетрії, центрові лінії. При просторовій розмітці за базу вибирають оброблену площину або поверхню; площину або поверхню, яка зовсім не оброблятиметься; бобишки, отвори. Вибравши базу, відмірюють від неї осі симетрії, центри отворів і інші основні лінії, від яких ведуть подальшу розмітку. Базові лінії проводять в першу чергу. Просторову розмітку всіх поверхонь слід вести від однієї бази.

Розмічальні прямі лінії наносять рисувалкою за допомогою лінійки. Рисувалку притискають до лінійки, а лінійку — до заготовки. Рисувалка повинна мати подвійний кут нахилу $75...80^\circ$: один — у бік руху, а інший — від лінійки. Нанесені риси мають бути тонкими, добре видимими. Двічі проводити лінії по одному і тому ж місцю не можна. Якщо лінія погано помітна, її слід зафарбувати і провести знову. Розмітку складних деталей починають з нанесення основних центрових рисок — осей. Потім проводять всі горизонтальні, потім всі вертикальні, після цього — похилі риси і в кінці — кола і дуги.

Горизонтальні риси наносять рейсмусом, встановлюючи рисувалку по висотоміру. Вертикальні риси проводять за допомогою кутника, а кола

— циркуля. Після розмітки ризики накернюють. Причому керни слід встановлювати точно на розмічальних лініях. На довгих прямих розмічальних лініях керни розміщують на відстані від 20 до 100 мм один від одного, а на коротких прямих лініях і на кривих ділянках — на відстані 5...10 мм. При складних побудовах використовують закономірності геометрії.

Брак при розмітці. Найчастіше спостерігається: невідповідність розмірів розміченої заготовки зазначеним на кресленні внаслідок неуважності чи низької кваліфікації робітника, неточності інструменту для розмічання, забрудненості поверхні розмічальної плити чи заготовки.

11. 2. Рубання металу

Рубання — слюсарна операція, що дає можливість за допомогою різального та ударного інструменту видаляти зайві шари металу із заготовки або розрубувати її на частини.

Використовують рубання тоді, коли важко або неможливо чи нераціонально обробляти заготовки на металорізальних верстатах, не потрібно високої точності, а також для зрубівання заклепок, видалення задирок, розрубівання металу. При цьому на 1 мм ширини леза зубила повинно доводитися 30...40 г маси молотка або 80 г маси крейцмейселя. Маса молотка вибирається з урахуванням характеру роботи, віку і фізичної сили слюсаря (таблиця. 11.1).

Пристосування і інструменти для рубання. До різальних інструментів належать зубила слюсарні і канавкові (рис. 11.2, а, в), крейцмейселі (рис. 11.2, б) та слюсарні молотки.

Зубила (ГОСТ 7211—72) і крейцмейселі (ГОСТ 2712—74) виготовляють з інструментальних сталей У7, У7А, У8, У8А, 7ХФ, 8ХФ і ін. Їх верхню частину на довжині 15...25 мм гартують і відпускають до твердості 32...40 HRC, а нижню (робочу) частину на довжині 30...40 мм — до твердості 52...57 HRC.

Щоб ці інструменти було зручно тримати, їх довжину вибирають від 100 до 250 мм. Ширина леза зубила 5,0...35,0 мм, а крейцмейселя — 2...12 мм. Кут загострення леза зубила чи крейцмейселя залежить від твердості оброблюваного матеріалу (чим твердіший матеріал, тим більший кут). Для рубання чавуну, твердої сталі і бронзи кут загострення становить 70°, м'якої сталі — 60°, латуні та міді — 45°, алюмінію та цинку — 35°.

Канавкове зубило відрізняється від крейцмейселя формою різальної кромки. Крейцмейселя використовують для вирубування вузьких канавок, шпонкових пазів, а канавкові зубила для напівкруглих, двограних та інших профільних канавок.

Слюсарні молотки (ГОСТ 2310—70) виготовляють з квадратним і круглим бойком із сталі 50 масою 50...1000 г і довжиною держака 250...400 мм (табл. 11.1).

Держаки молотків виготовляють із деревини твердих порід: клена, граба, берези, дуба, бука тощо. Вони мають овальний поперечний переріз з відношенням діаметрів $1,5 : 1$, а держак біля молотка приблизно в 1,5 рази тонший вільного кінця. Молотки для рубання вибирають так, щоб на один міліметр різальної кромки зубила припадало $30...40$ г маси молотка, а на один міліметр ширини леза крейцмейселя — 80 г.

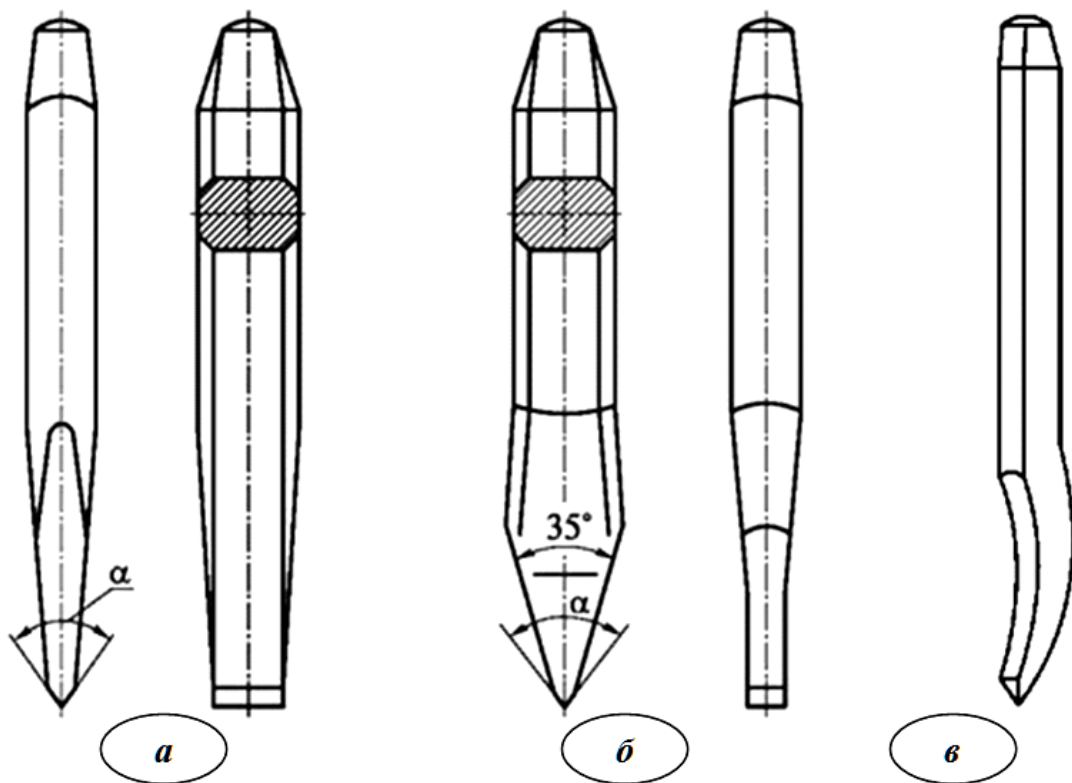


Рис.11.2. Інструменти для вирубування: а — зубило; б — крейцмейсель; в — канавочник; α — кут загострення інструменту

Заточують зубила та крейцмейселі звичайним шліфувальним кругом на точно-шліфувальних верстатах. При заточуванні не слід допускати нагрівання інструменту, бо це зменшує його твердість. У процесі заточування інструмент рекомендується злегка обперти на упор верстата. Зазор між краєм упора та кругом повинен бути не більше $2—3$ мм (рис. 11.3, а). Під час загострювання інструмент пересувають по ширині круга вліво і вправо з легким натиском, періодично повертаючи його на 180° навколо поздовжньої осі і охолоджуючи у воді. Кут загострення зубила (крейцмейселя) перевіряють шаблоном (рис. 11.3, б). При необхідності лезо зубила правлять на бруску. Щоб збільшити строк служби інструменту між переточуванням, при рубанні кольорових металів різальну частину натирають маслом або змочують мильною водою, а при рубанні алюмінієвих сплавів — скипидаром.

Технологія рубання. Рубання металу рекомендують проводити, закріплюючи виріб у лещатах. На плитах і кувалді перерубують прутковий та штабовий матеріал, вирубують заготовки із сталейних листів.

Заготовку закріплюють у лещатах так, щоб місце рубання знаходилося на рівні губок. Нахил зубила до площини заготовки повинен бути $25\ldots30^\circ$. Наносячи удар молотком, слід дивитись на лезо зубила, а не на його ударну частину.

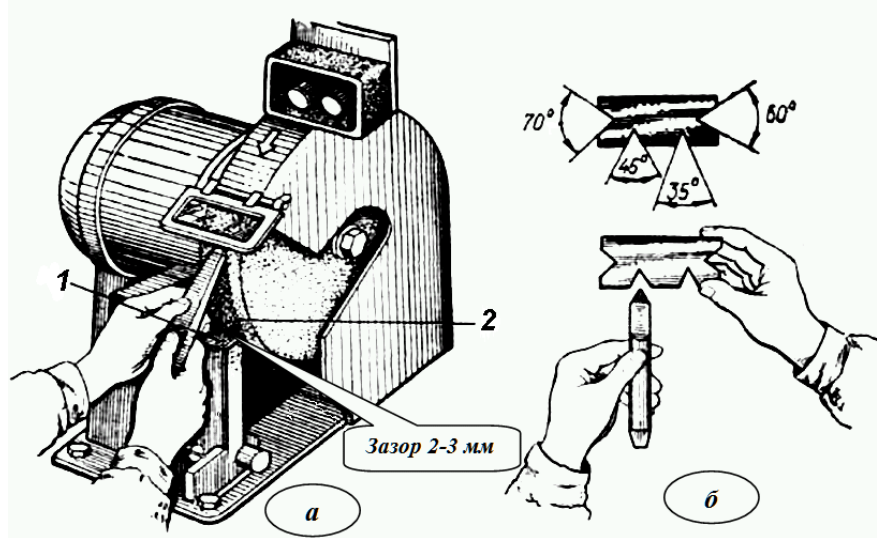


Рис. 11.3. Пристрій для заточування інструментів:
а — заточування зубила; *б* — перевірка кутів заточування зубила; 1 — упор;
 2 — абразивний круг.

Якість рубання та продуктивність праці значною мірою залежать від того, чи правильно працює слюсар. Лещата на верстаті повинні бути розміщені на такій висоті, щоб при встановленні ліктя на губки зігнуті пальці торкались підборіддя. Під час рубання ліву ногу слід виставити вперед, а праву — вбік, корпус повернути до лінії губок лещат під кутом 45° . При цьому основною опорою є права нога. При розрубуванні металу наносять щонайсильніший удар — плечовий, зніманні стружки — ліктьовий, який забезпечує точний удар і при тривалій роботі не викликає втоми.

При виконанні точних робіт застосовується кистьовий удар.

Товстий шар металу зрубують за декілька проходів, знімаючи по $1,5\ldots2$ мм за один прохід.

Зрубування широкої поверхні спочатку проводять крейцмейселем, роблячи ним канавки на відстані меншій, ніж ширина леза зубила. Після цього виступи, що залишились, зрубують зубилом. На обпилювання залишають припуск $0,5$ мм.

Для полегшення операції рубання використовують механізовані інструменти — *пневматичні або електричні молотки*. Вони підвищують продуктивність праці в 4—5 разів порівняно з ручним рубанням. Для нормальної роботи пневматичних молотків типу *РМ* тиск повітря повинен бути $0,5\text{—}0,6$ МПа. Робочими інструментами є зубило, крейцмейсель або карбівка, які вставляють в буксу молотка. Молоток необхідно утримувати правою рукою за ручку, а лівою за кінець держака молотка і скеровувати інструмент по лінії рубання.

Брак при рубанні. При рубанні найчастіше зустрічаються такі види браку: відхилення розмірів від зазначених на кресленні та незадовільна якість обробленої поверхні. Брак виникає внаслідок неправильних прийомів рубання, неуважності, використання тупого інструменту та ін.

Таблиця 11.1. - Характеристика слюсарних молотків

Номер	Маса, кг	Розміри, мм			Довжина держака, мм	Призначення	Для кого рекомен- дується		
		Висота	Ширина	Товщина					
Із круглим бойком									
1	0,2	80	26	25	250...300	Інструментальні роботи	Учні 13—14 років		
2	0,4	100	34	31		320...350		Слюсарні роботи	Учні 15—17 років
3	0,5	105	37	36	Дорослі робітники				
4	0,6	110	40	37					
5	0,8	120	43	41	400	Ремонтні роботи	Фізично сильні робітники		
6	1,0	130	45	42					
Із квадратним бойком									
1	0,05	70	12	12	250—300	Інструментальні роботи	Учні 13—14 років		
2	0,1	80	15	15					
3	0,2	100	19	19		320—350		Слюсарні роботи	Учні 15—17 років
4	0,4	115	25	25					
5	0,5	120	27	27					
6	0,6	125	29	29					
7	0,8	130	33	33	400	Ремонтні роботи	Фізично сильні робітники		
8	1,0	135	35	35					

11. 3. Вирівнювання, рихтування і гнуття металу

Вирівнювання і рихтування (правка) — слюсарні операції, за допомогою яких зігнутому металу або деформованим деталям надають початкової форми. Вони мають однакове призначення, але відрізняються способами виконання і застосовуваними інструментами.

Вирівнювання здійснюють як в холодному (коли деформація деталі незначна), так і в нагрітому стані, *механічним* (на правильних валках, пресах і різних пристосуваннях) і *ручним* способами.

Після холодної правки деталі піддають низькому відпусканню для зняття залишкової внутрішньої напруги.

Складні деталі, які були термічно оброблені, вирівнюють, попередньо нагріваючи до температури $400\ldots 500^{\circ}\text{C}$ і витримуючи протягом $0,5\ldots 1$ год.

Допускається вирівнювати деталі, наприклад, скручені вали, з місцевим нагріванням до температури $800\ldots 900^{\circ}\text{C}$ і наступною нормалізацією.

Для правки зазвичай застосовують молотки з круглими, добре відшліфованими бойками масою більше 400 г. При цьому кромки бойка повинні мати радіус округлення 2 мм.

Розглянемо послідовність вирівнювання штабового металу. Металеві штаби можуть бути зігнуті у площині, на ребро і гвинтоподібно (скрученість).

Штаби, зігнуті у площині, вирівнюють на плитах молотком з м'якого матеріалу або звичайним слюсарним молотком з круглим бойком. Удари наносять по краях згину, поступово наближаючись до центра і зменшуючи силу удару молотка (рис. 11.4, а). Рихтуванням правлять також зігнуті кутки (рис. 11.4, б). Перевіряють вирівнювання на око, лінійкою чи на розмічальній плиті.

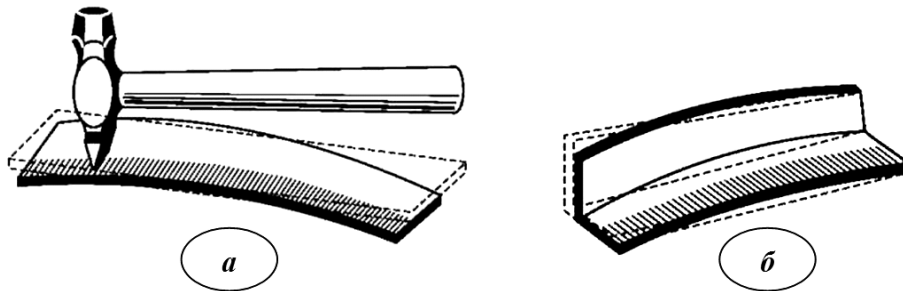


Рис.11.4. Рихтування: а—штаби; б— кутика

Якщо штаба зігнута на ребро (опуклість), її рихтують способом розтягнення металу і зменшення його товщини по краях опуклості. Удари краще наносити носком молотка.

Скрученість штаби усувають у два прийоми: спочатку повертають її так, щоб звести деформацію в одну площину, яку потім випрямляють. Для цього один кінець штаби затискають в лещатах, а другий за допомогою важеля з прорізом або ручних лещат повертають.

Вирівнювання листового матеріалу більш складна операція, ніж вирівнювання штабового. Лист кладуть на плиту і опуклості обводять крейдою або олівцем. Удари молотком наносять часто, але несильно, від краю листа у листа витягується, а опуклість поступово вирівнюється. В міру наближення до опуклості удари наносять частіше, але слабші.

Тонкі листки випрямляють дерев'яним молотком (киянкою) або вигладжують рівними дерев'яними чи металевими брусками (гладилками) на гладенькій рівній плиті.

Тонкостінні деталі з вм'ятинами і випучинами піддають спочатку вибиванню, а потім рихтуванню. При вибиванні (рис. 11.5, а) над вм'ятиною встановлюють підтримку 2 і спеціальним молотком 1 вирівнюють поверхню деталі. Остаточну поверхню деталі 3 вирівнюють за допомогою рихтувального молотка 4 (рис. 11.5, б) і підтримки 5, підібраної відповідно до форми відновлюваної деталі.

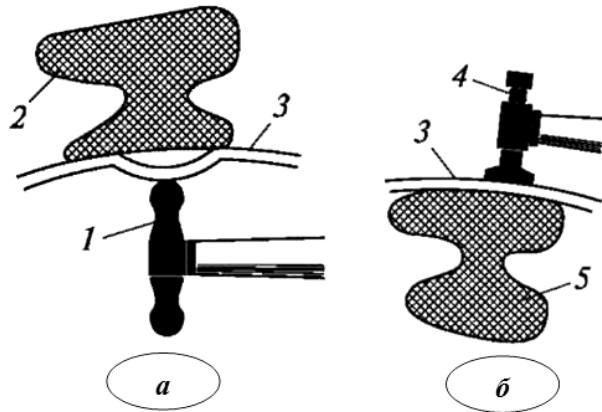


Рис. 11.5. Усунення вм'ятини на тонкостінній деталі:

а—вибивання; б—рихтування;
1, 4 — молотки;
2, 5 — підтримка;
3 — деталь

Вали і зігнуті заготовки великого поперечного перерізу вирівнюють на ручному гвинтовому чи рейковому пресі між двома призмами, відстань між якими регулюють у межах 150...300 мм. Вирівнюють натиском пуансона на випуклу частину вала. Після цього деталь перевіряють на згин і при необхідності повторюють вирівнювання.

Зігнуті осі і вали, а також прутковий матеріал правлять молотком на призмах (рис. 11.6, а), під пресом (рис. 11.6, б), за допомогою спеціальних пристосувань (рис. 11.6, в, г).

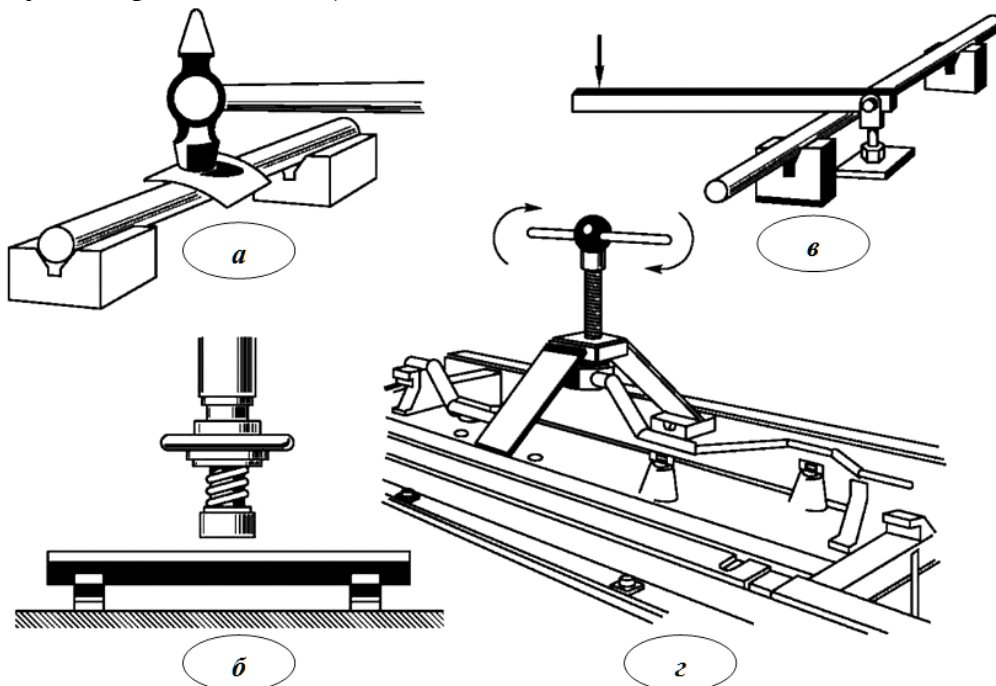


Рис. 11.6. Правка валів: а — молотком; б — під пресом;
в, г — з допомогою пристосувань

Інколи вали правлять наклепуванням. Під вал в місці його найбільшого вигину підкладають дерев'яну або мідну підставку *IV* (рис. 11.7) і молотком-карбівкою завдають ударів по зворотній (ввігнутій) стороні вала. Послідовність і напрям ударів показані стрілками і цифрами на рис. 11.7. Силу ударів по мірі випрямлення вала зменшують.

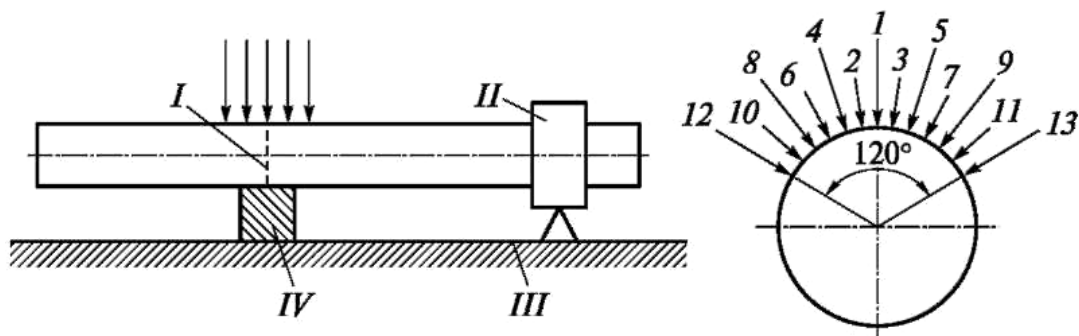


Рис. 11.7. Схема правки вала наклепом:

I — місце найбільшого прогину вала; *II* — хомут для утримання вала; *III* — плита; *IV* — підставка; 1—13 — послідовність нанесення ударів

Правку труб виконують тими способами, що і правку валів і осей, але з більшою обережністю. Інколи труби заповнюють піском, аби запобігти спотворенню їх поперечних перетинів.

Гнуття — слюсарна операція, за допомогою якої деталям надають зігнуту форму потрібного контуру. Їх можна гнути вручну на оправках, а також на пресах.

Гнуттям у холодному або гарячому стані виготовляють кутники, скоби, петлі, кожухи, частини трубопроводів, вироби з бляхи тощо.

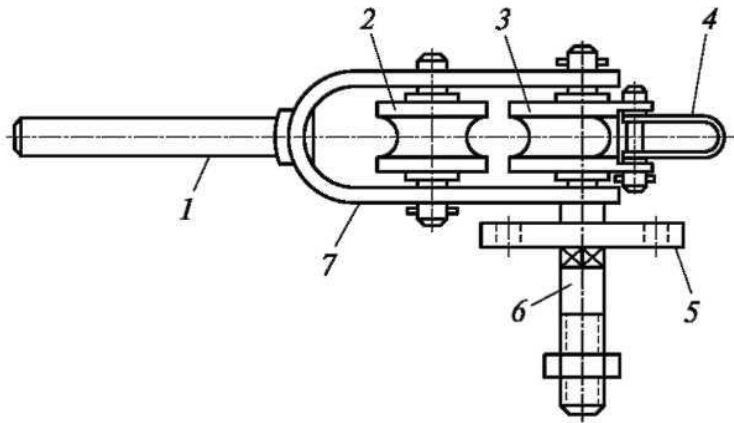
Розміри заготовки визначають за кресленням готової деталі. Для гнуття застосовують сталі молотки з квадратним бойком, молотки з м'яких металів, а також киянки.

Заготовку згинають навколо оправки відповідної форми або в лещатах.

Труби згинають на оправках, шаблонах, роликів пристроях і спеціальних пресах. При гнутті за допомогою роликів пристосування (рис. 11.8) трубу пропускають через хомут і між натискним обертовим роликом 2 і нерухомим, нерухомим роликом 3. Обертаючи скобу 7 за рукоятку 1 довкола осі ролика 3, згинають трубу на необхідний кут.

Рис. 11.8. Роликове пристосування для гнуття труб:

- 1 — рукоятка;
- 2 — натискний ролик;
- 3 — гнучий ролик;
- 4 — хомутик;
- 5 — планка;
- 6 — стержень; 7 — скоба



Товстостінні сталеві труби діаметром до 12 мм (наприклад, трубопроводи високого тиску дизельного двигуна) легко згинати навколо циліндричної оправки або шаблону без помітної зміни форми отвору.

Сталеві труби діаметром більше 25 мм згинають у нагрітому стані. Всередину труби засипають сухий пісок, кінці її закривають дерев'яними заглушками, в яких пробивають отвори для виходу газів. Довжина ділянки нагріву залежить від кута гнуття: при куті 90° вона дорівнює шести зовнішнім діаметрам труби, при 60° — чотирьом, при 45° — трьом, при 30° — двом. Мінімальний радіус згину труби залежить від її діаметра. При діаметрі, не більшому 20 мм, радіус згину дорівнює двом, а при діаметрі більше 20 мм — трьом діаметрам труби. Радіус і кут згину залежать від діаметра роликів, тому пристрій для гнуття труб повинен мати декілька змінних роликів.

В труби з кольорових металів (маслопроводи гідросистеми, мастильної системи тощо) перед гнуттям заливають розплавлену каніфоль. Гнуття проводять після застигання каніфолі. Виплавити її з зігнутої труби починають з кінців, поступово переходячи до середини.

Основні види браку при гнутті: відхилення розмірів виготовлених виробів від зазначених на кресленні, косе згинання, пошкодження оброблених поверхонь. Брак виникає внаслідок неправильного розміщення місць згину, слабого затискання заготовки в лещатах, сильних ударів, застосування оправок не за розміром.

11. 4. Різання металу

Різання металу — це операція розділення металу на частини різальним інструментом. Залежно від форми і розмірів заготовки різати можна вручну та механічним способом. Ріжуть метал ручною і механічною ножівками, ручними, важільними, дисковими та механічними ножицями. Для різання дроту застосовують острогубці, труб — труборізи.

Розрізування металу острогубцями (кусачками) і ножицями полягає в поділі дроту, листового чи штабового металу на частини під тиском двох клинів (різальних ножів), що рухаються назустріч один одному.

У острогубців різальні кромки змикаються одночасно по всій довжині. У ножиць ножі леза зближаються поступово. Різальні кромки не

змикаються, а зсуваються одна відносно одної. І гострогубці, і ножиці є шарнірними з'єднаннями двох важелів, у яких довгі плечі виконують роль рукояток, а короткі – роль різальних ножів.

Гострогубці застосовують головним чином для розрізування дроту. Кут загострення різальних кромок гострогубців може бути різним залежно від твердості матеріалу, що розрізується. У багатьох гострогубців він дорівнює $55...60^\circ$.

Ручні ножиці застосовують для розрізування листів: сталевих – завтовшки $0,5...1,0$ мм, з кольорових металів – завтовшки $1,5$ мм. Ножиці виготовляють із сталі У7 або У8. Їх леза гартують і відпускають до твердості $52...58$ HRC, заточують з кутом загострення: при різанні твердих металів — $80...85^\circ$, металів середньої твердості — $70...75^\circ$, м'яких металів — 65° .

Залежно від будови різальних ножів ножиці поділяються на: *прямі* (рис. 11.9, а) – з прямими різальними ножами, призначені в основному для розрізування металу по прямій лінії або по колу великого радіуса; *пальцьові* (рис. 11.9, б) – з вузькими різальними ножами для вирізування в листовому металі отворів і поверхонь малих радіусів; *криві* (рис. 11.9, в) – з криволінійними ножами.

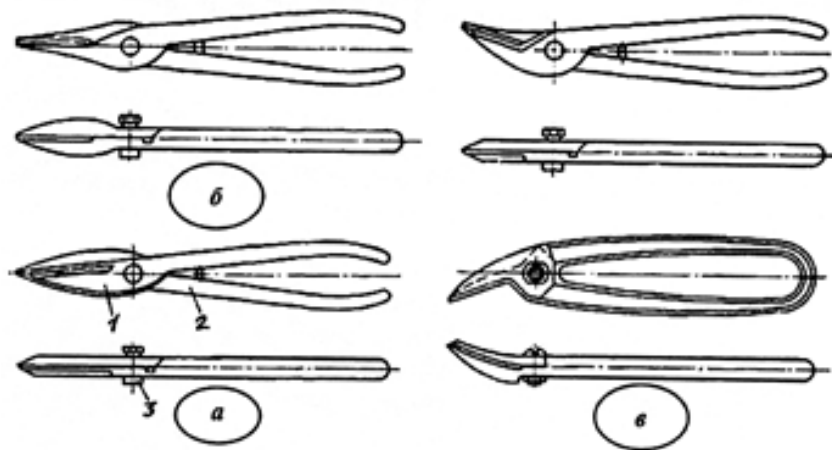


Рис. 11.9. Ручні ножиці: а — прямі; 1 — лівий важіль; 2 — правий важіль; 3 — вузол осі шарніра; б — пальцьові; в — криві (праві, ліві)

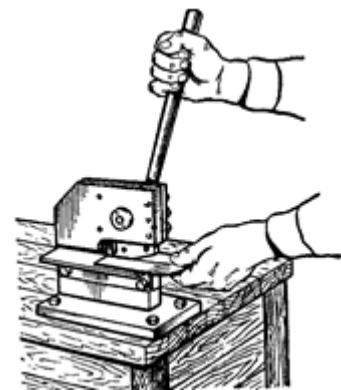


Рис. 11.10. Ручні важільні ножиці

За розміщенням різальних ножів ножиці поділяють на *праві* й *ліві* (рис. 11.9, в). У правих ножиць скіс різальної кромки нижнього ножа міститься праворуч, у лівих – ліворуч.

Стільцеві ножиці відрізняються від звичайних ручних великими розмірами і застосовуються для розрізування листового металу завтовшки до 2 мм.

Важільні ножиці (рис. 11.10) застосовуються для розрізування листової сталі завтовшки до 4 мм, кольорових металів завтовшки до 6 мм. Верхній, шарнірно закріплений ніж 3 приводиться в дію важелем 2. Нижній ніж 1 закріплено нерухомо.

Для механізації трудомісткого процесу розрізування листового металу застосовують, як уже зазначалося, електричні ножиці.

Звичайними стуловими ножицями розрізають сталеві листи товщиною до 2 мм і листи кольорового металу завтовшки до 3 мм; ручними важельними ножицями — відповідно до 4 і 6 мм.

Ручна ножівка (рис. 11.11, а) застосовується для розрізування порівняно товстих листів металу і круглого або профільного прокату. Ножівкою можна також прорізувати шліци, пази; обрізувати і вирізувати заготовки по контуру та виконувати інші роботи.

Вона складається з рамки 1, натяжного гвинта з баранчиком 2, ручкою 6, ножівкового полотна 4, яке вставляється в прорізи головок 3 і кріпиться штифтами 5.

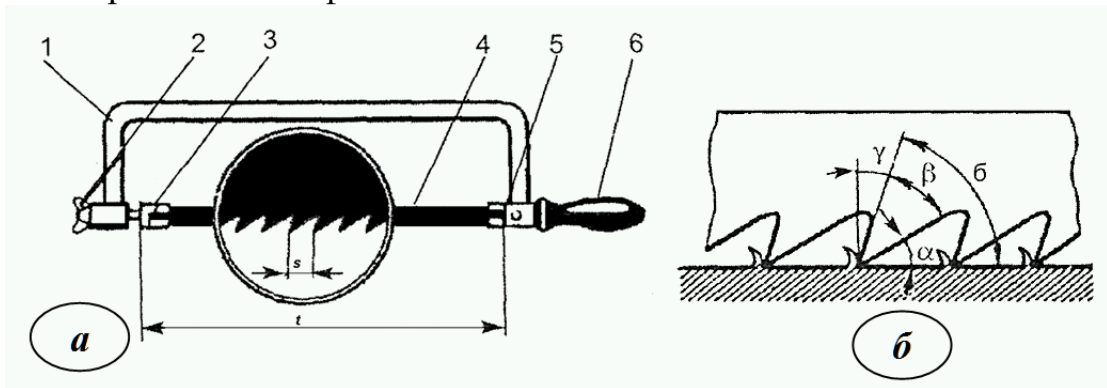


Рис. 11.11. Ручна ножівка:

а - будова: 1 - рамка; 2 - гайка-баранчик; 3 - головка натяжного гвинта; 4 - ножівкове полотно, 5 - штифти; 6 - ручка); **б** - кути загострення.

Ножівкові рамки виготовляють двох типів: цілісні (для ножівкового полотна однієї певної довжини) і розсувні (можна закріплювати ножівкові полотна різної довжини).

Ножівкове полотно (різальна частина ножівки) - це тонка вузька сталева пластина із зубами на одному з ребер. Її виготовляють з інструментальної або швидкорізальної сталі У10, У12, Р9, Р18, Х6ВФ. Ріжучу частину полотна гартують до твердості HRC 61...64. Полотна ручних ножівок з кроком 0,8...1 мм використовують для різання листового матеріалу і тонкостінних труб, з кроком 1,25 мм — для профільного прокату, з кроком 1,6 мм — в інших випадках різання. Кожний зуб полотна має форму клина (різця). На ньому, як і на різці, розрізняють задній кут α , кут загострення β , передній кут γ і кут різання $\delta = \alpha + \beta$ (рис. 11.11, б). При насканні зубів ураховують, що стружка, яка утворюється, має вміщуватися між зубами до виходу їх з пропилу. Залежно від твердості матеріалів, що розрізаються, кути зуба полотна можуть бути: $\gamma = 0...12^\circ$; $\beta = 43...60^\circ$; $\alpha = 35...40^\circ$, так для різання чавуну і сталі — передній кут $\gamma = 0^\circ$, задній кут $\alpha = 30^\circ$, кут загострення $\beta = 60^\circ$; для різання алюмінієвих і мідних сплавів — передній кут $\gamma = 12^\circ$, задній кут $\alpha = 35^\circ$, кут загострення $\beta = 67^\circ$. Найчастіше виготовляють полотна висотою

13 і 16 мм, товщиною 0,5...0,8 мм і довжиною 250...300 мм. Полотно натягують вручну без великого зусилля. Надто сильний, або слабкий натяг, викликає його поломку під час роботи.

Правильне положення тіла робітника і хватка інструменту при розрізуванні металу показані на *рис. 11.12 а, б*. Для виконання довгих розрізів ножівкове полотно повертають на 90° (*рис. 11.12 в*).

Для запобігання вібрації заготовки і ковзання полотна місце розрізання повинно бути якомога ближче до губок лещат. Різання необхідно розпочинати з площини, нахилиючи ножівку вперед, а не з ребра, щоб уникнути викришування зубців полотна. При роботі права рука слюсаря повинна лежати на рукоятці великим пальцем вгору, ліва — на передньому кінці станини.

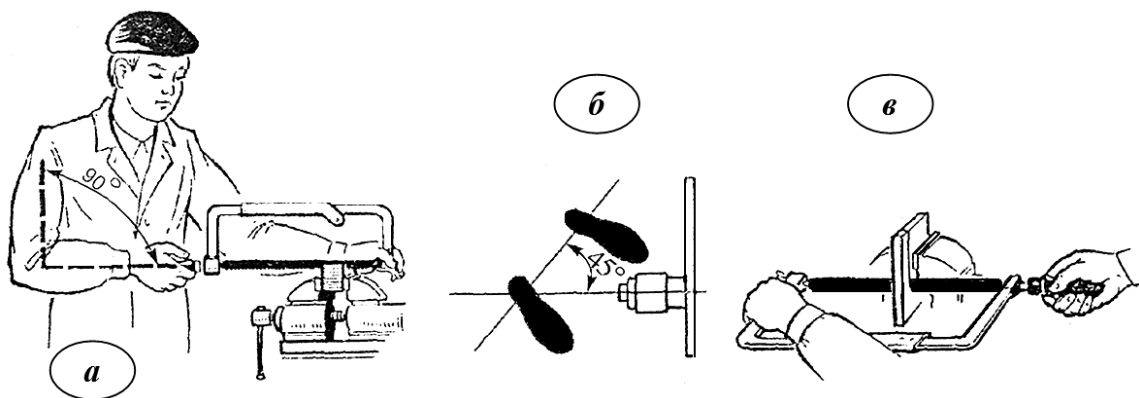


Рис. 11.12. Розрізування металу ножівкою:

а - положення корпусу робітника і хватка інструмента; *б* - положення ніг;
в - різання ножівкою з полотном, повернутим на 90°

При пересуванні ножівки від себе (робочий хід) на неї натискають, при зворотному ході її злегка піднімають, щоб полотно не затупилося.

Оптимальна швидкість при різанні 30...60 ходів за хвилину (1—2 робочих ходи за 2 с). Полотно повинно рухатись плавно, без ривків. Масивні куски металу не розпилюють до кінця (щоб уникнути поломок зубців), а обламують ударами молотка.

Для зменшення нагрівання полотна під час різання його змащують графітним мастилом (дві частини сала і одна частина графіту). Тонкі листи або труби затискають між дерев'яними брусками і розпилюють разом з ними. При цьому полотно не ламається.

Вищої продуктивності праці досягають, використовуючи пневматичну ножівку.

Розрізування сталевих труб порівняно великих діаметрів — трудомістка операція, тому її виконують спеціальними труборізами.

Труборіз (*рис. 11.13, а*) має три ріжучі ролики, один з яких (3) закріплений на кінці гвинта 4 і може переміщатися разом з ним. Трубу закріплюють в лещатах або спеціальним притискачем (*рис. 11.13, б*),

встановлюють на неї труборіз і, обертаючи рукоятку гвинта 4, зближують ріжучі ролики 2 і 3. Труборіз повертають довкола труби, періодично переміщаючи ролик 3 гвинтом 4, поки труба не буде перерізана.

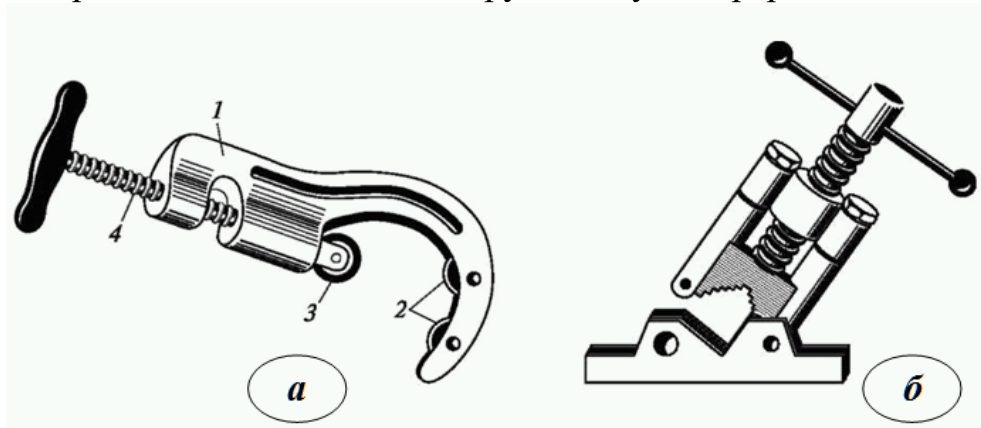


Рис. 11.13. Труборіз (а) і притискач для труб (б):
1 — корпус; 2, 3 — ріжучі ролики; 4 — гвинт

Для механізації різання застосовують механічні та електровібраційні ножиці, електромеханічні ножівки, абразивні круги, дискові механічні пили. Крім цього, використовують анодно-механічне, газове та плазмове різання.

Розділ 12. РОЗМІРНА СЛЮСАРНА ОБРОБКА

12. 1. Обпилювання металу

Обпилюванням називається слюсарна операція, при якій напилком знімають шар матеріалу з поверхні заготовки після рубання і різання, а також припасовування деталі при складальних роботах. Обпилюванням усувають огріхи попередньої обробки, досягають потрібної точності, геометричної форми та шорсткості поверхні.

Напилек - це багатолезовий різальний інструмент, за допомогою якого досягають порівняно високої точності і малої шорсткості поверхні заготовки (деталі), що обробляється. Обпилюванням надають деталі потрібних форм і розмірів, підганяють деталі одна до одної під час складання і виконують інші роботи. За допомогою напилків обробляють площини, криволінійні поверхні, пази, канавки, отвори різної форми, поверхні, розміщені під різними кутами, тощо.

Припуски на обпилювання залишають невеликі — від 0,5 до 0,025 мм. Похибка при обробці може бути від 0,2 до 0,05 мм і в деяких випадках - до 0,005 мм.

Напилек (рис. 12.1 а) - це сталевий брусок певних профілю і довжини, на поверхні якого є насічка (нарізка). Їх виготовляють із сталей У13, У13А, а також із хромистої сталі ШХ15, 13Х.

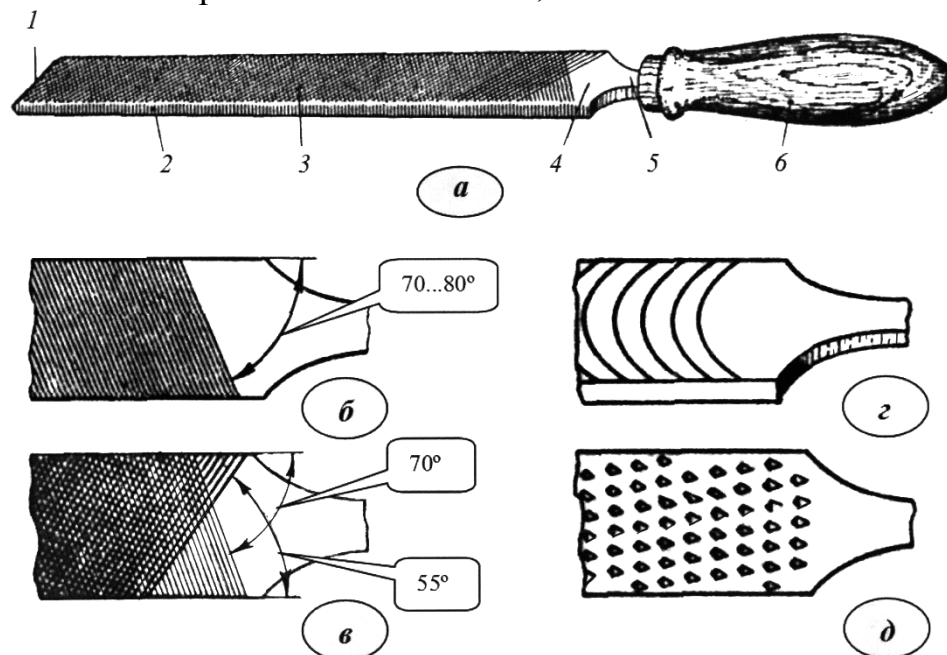


Рис. 12.1. Напилки:

а - основні частини (1 - ніс; 2 - ребро; 3 - грань; 4 - п'ятка; 5 - хвостовик; 6 - рукоятка); **б** - одинарна насічка; **в** - подвійна насічка; **г** - дугова насічка; **д** - рашпільна насічка

Після насікання зубів напилки піддають термічній обробці надаючи твердості *HRC 35...45*. Насічка утворює дрібні та гостро заточені зуби, що мають у перерізі форму клина. Для напилків із насіченим зубом кут загострення β звичайно дорівнює 70° , передній кут γ - до 16° , задній кут α - від 32° до 40° .

Насічка може бути одинарною (простою), подвійною (перехресною), рашпільною (точковою) і дуговою (рис. 12.1 б, в, г, д) .

Напилки з одинарною насічкою знімають широку стружку по довжині всієї насічки, їх застосовують для обробки м'яких металів і сплавів (міді, свинцю, алюмінію, бабіту), а також текстоліту, гетинаксу, фібри, шкіри, дерева.

Напилки з подвійною насічкою застосовують для обробки чавуну, сталі, твердих кольорових металів і сплавів.

Напилки з рашпільною насічкою застосовують для обробки гуми, пластмас, кістки, дерева та інших м'яких матеріалів, які не можна обробляти напилками із звичайною насічкою, бо вони швидко забиваються і не знімають стружки.

За профілем напилки бувають плоскі, квадратні, тригранні, круглі, напівкруглі, ромбічні та ножівкові (Рис. 12.2).

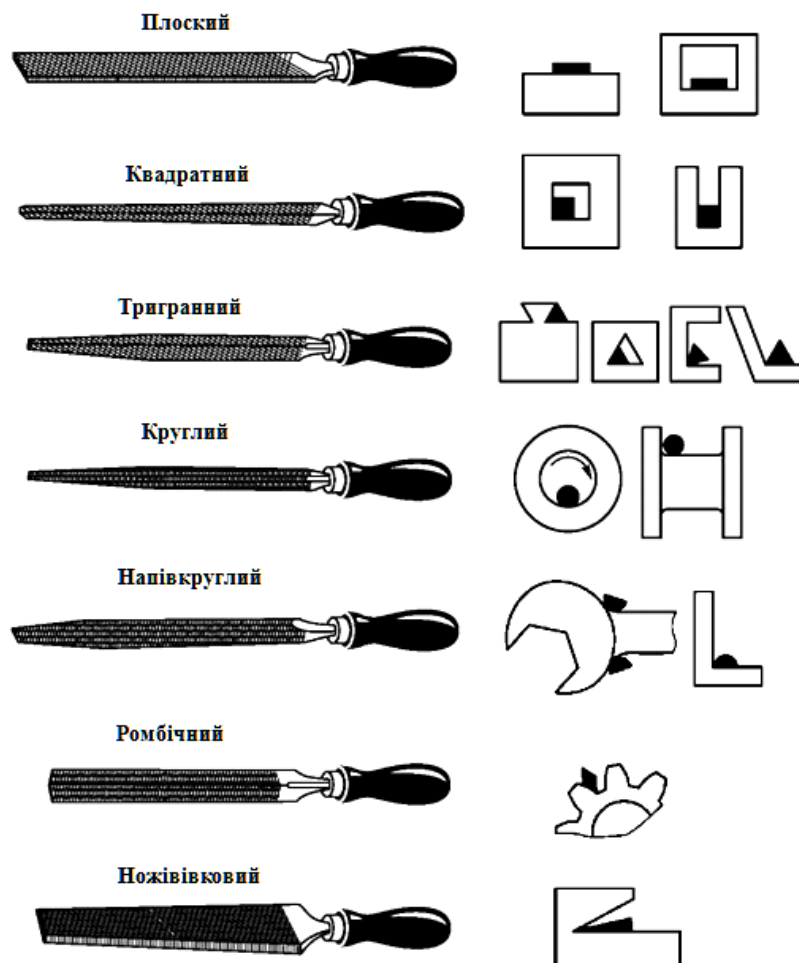


Рис. 12.2. Види напилків і приклади їх застосування

Залежно від кількості насічок на 1 см довжини напилки поділяють на шість номерів (класів): №0 — драчові (4,5...12 насічок на 1 см), застосовують для грубого обпилювання (шар металу, який знімають, становить 0,5...1 мм, точність обробки — 0,1 мм); №1 — лицьові (13...25 насічок на 1 см) служать для чистової обробки (шар металу, що обпилюють, становить не більше 0,3 мм, точність обробки — 0,05 мм); № 2...5 — бархатні (42...80 насічок на 1 см) застосовують для остаточної обробки виробів (шар металу, який знімають, дорівнює 0,05 мм, точність обробки — 0,01 мм).

Довжину напилка (його насіченої частини) вибирають залежно від розмірів оброблюваної поверхні так, щоб він був довший від неї не менше як на 150 мм.

Ручки напилків виготовляють з деревини (берези, клена, ясена тощо) і повинні бути в 1,5 рази довшими від хвостовика. При неправильно підібраній ручці слюсареві важко тримати у руках напилки, що погіршує якість його роботи.

Для обробки дрібних деталей, точних виробів і важкодоступних місць застосовують спеціальні малогабаритні напилки — *надфілі*, їх виготовляють п'яти номерів з кількістю насічок на 1 см довжини від 20 до 112 шт.

Загартовану сталь і тверді сплави обробляють спеціальними надфілями, на сталевому стержні яких закріплені зерна штучного алмазу.

Обпилюють, як правило, в паралельних лещатах. Якість і продуктивність роботи значною мірою залежать від техніки та прийомів обпилювання, положення корпусу працюючого, зладженості рухів і зусиль правої та лівої рук. Слюсар повинен стояти збоку від лещат на відстані приблизно 200 мм від краю верстата. Корпус має бути прямим і повернутим на 45° до поздовжньої осі лещат.

При обпилюванні напилки повинен весь час займати строго горизонтальне положення, при цьому силу натиску на кінці напилка слід міняти залежно від місця дотикання поверхні напилка до оброблюваної поверхні. Якщо напилки торкається оброблюваної поверхні своєю середньою частиною, то сила натиску на обидва кінці має бути однаковою. Під час руху вперед посилюють натиск правою рукою і послаблюють лівою, при зворотному ході на напилки не натискають.

Високої якості обробки поверхні досягають перехресним обпилюванням. Контролюють якість обпилювання за допомогою перевірних лінійок, кутомірів, плит, шаблонів, калібрів, фарби.

Продуктивність праці при обпилюванні значно підвищується при використанні механізованих інструментів — пневматичних і електричних напилків, пристроїв з гнучким валом і спеціальних обпилювальних верстатів.

Основні види браку такі: задирки, неточність розмірів, неплоскостинність і завали країв.

Догляд за напилками. Після роботи напилки очищають від ошурків металевою щіткою або скребком з м'якого металу. Сильно забруднені напилки опускають в 10 %- ний розчин сірчаної кислоти, витримують 10 хв, промивають водою і чистять металевою щіткою. Потім їх опускають в розчин каустичної соди, промивають гарячою водою і сушать. Від ошурків м'яких металів напилки очищають сталевною щіткою, підігрівуючи їх паяльною лампою. Перед очищенням напилків від ошурок дерева, фарби, каучуку їх витримують 10...20 хв. у гарячій воді. Щоб полегшити наступне очищення напилків, призначених для обробки м'яких і в'язких матеріалів, перед роботою їх натирають крейдою або деревним вугіллям.

Зберігати напилки необхідно на спеціальних дерев'яних підставках. Щоб відновити затуплений напилочок, його очищають від ошурок, бруду і масла, як описано вище, і витримують 5...8 хв. у розчині 10 % -ної азотної і сірчаної кислот. Після цього напилочок промивають у воді, розчині соди, знову у воді і сушать. Двічі відновлений таким чином напилочок відправляють на пересічку.

12. 2. Обробка отворів

Основні операції. На свердлильних верстатах виконують такі операції: *свердління, розсвердлювання, зенкерування.*

Свердління (рис. 12.3, а) – процес утворення отворів в суцільному матеріалі ріжучим інструментом - свердлом.

Розсвердлюванням (рис. 12.3, б) називається процес збільшення діаметра попередньо просвердленого отвору.

Зенкерування (рис. 12.3, в) – процес, який дозволяє отримувати більш високі класи точності обробки і чистоти поверхні отворів у порівнянні з свердлінням. Його використовують для проміжної обробки між свердлінням і розвертанням, а також для завершальної обробки.

Розточування отворів (рис. 12.3, г) - здійснюється різцями у тих випадках, коли осі отворів мають бути розташовані за точними координатами.

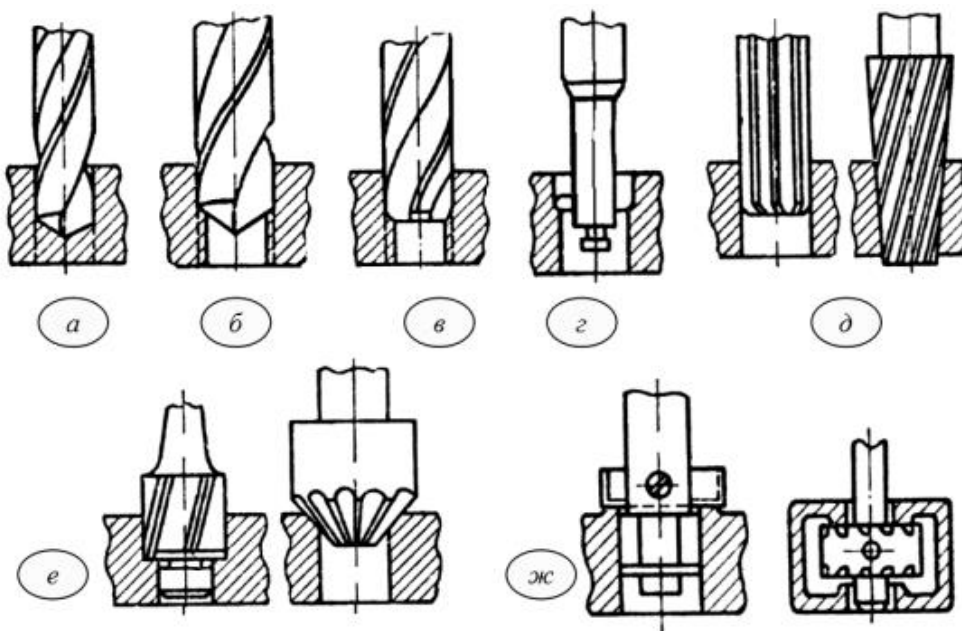


Рис. 12.3. Обробка отворів на свердлильних верстатах:

а — свердління; *б* — розсвердлювання; *в* — зенкерування; *г* — розточування отворів; *д* — розвертання; *е* — зенкування; *ж* — цекування.

Розвертання (рис. 12.3, д) - точна обробка отворів з метою надання їм точних розмірів і малої шорсткості поверхні.

Зенкування (рис. 12.3, е) - процес утворення циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів та інших деталей за допомогою циліндричних і конічних зенкерів (зенківок).

Цекування - обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби і кільця пластинками або торцевими зенкерами (рис. 12.3, ж).

При свердлінні глибоких отворів ($l/d > 5$) обертального руху надають заготовці (головний рух), а поступального - свердлу (рух подачі). При цьому відхилення осі отвору вбік значно зменшується.

Свердла — найпоширеніший інструмент для оброблення отворів. За конструктивними ознаками свердла поділяють на *спіральні*, *перові*, для глибоких отворів, *шнекові*, *центрувальні*, *кільцеві* та ін. За конструкцією і характером роботи свердла бувають спіральні і спеціальні (*перові*, *центрувальні*, *рушничні*, з прямими канавками, для глибоких отворів та ін.).

Центрувальними свердлами (рис. 12.4, а) свердлять центрові отвори для встановлення заготовок у центрах. Ці свердла виготовляють комбінованими і двосторонніми для кращого використання інструментальної сталі.

Перові свердла (рис. 12.4, б) виготовляють у вигляді лопаток. Застосовують їх рідко, в основному для свердління отворів у твердих поковках і литві.

Свердла з пластинками із твердих сплавів (рис. 12.4, в) виготовляють діаметром від 3 до 50 мм і застосовують для свердління відбіленого чавуну, твердих сталей і т. п.

Глибокими вважають отвори, довжина яких у 5 раз і більше перевищує їх діаметр.

Свердла для глибокого свердління виготовляють діаметром від 6 до 100 мм для роботи на спеціальних свердлильних верстатах, причому здебільшого свердлу надається лише рух подачі, а головний рух (обертальний) надається заготовці. Крім гарматних свердел (рис. 12.4, г) для свердління глибоких отворів застосовують: рушничні свердла (рис. 12.4, д); свердла одностороннього і двостороннього різання (для свердління глибоких отворів середніх і великих діаметрів) і головки для кільцевого свердління (для свердління глибоких отворів великих діаметрів).

Суцільне висвердлювання металу при діаметрах понад 100 мм недоцільне, тому в таких випадках застосовують порожнисті свердлильні головки із закріпленими в них різцями.

Найбільш поширені спіральні свердла з конічними хвостовиками діаметром від 6,0 до 80 мм і з циліндричними хвостовиками діаметром від 0,25 до 12 мм. Перші завдовжки 55...290 мм, другі – 6...170 мм. Для різання конструкційних сталей і чавунів з твердістю до *HV 220...230* застосовують свердла із сталей *P6M5*, *P12*, *P6M3*, *P8M3*, для обробки металів більшої твердості із сталей – *P12Ф3*, *10P8M3*, *P12Ф4K5* а також з пластинками із твердих сплавів *BK8*, *T15K6* тощо з конічним і циліндричним хвостовиками.

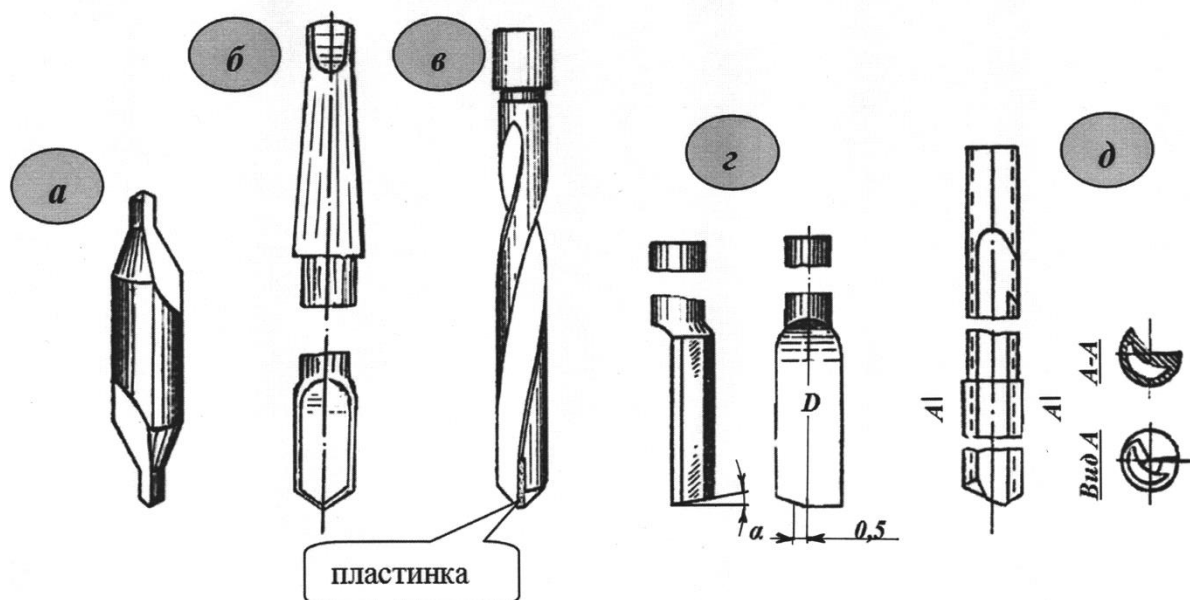


Рис. 12.4. Типи свердел:

а — центрувальне свердло; б — перове; в — з пластинками із твердих сплавів; г — гарматне; д — рушничне.

Спіральне свердло складається з таких елементів (рис. 12.5): робочої частини l_0 , хвостовика l_1 з лапкою l_3 і шийки l_2 .

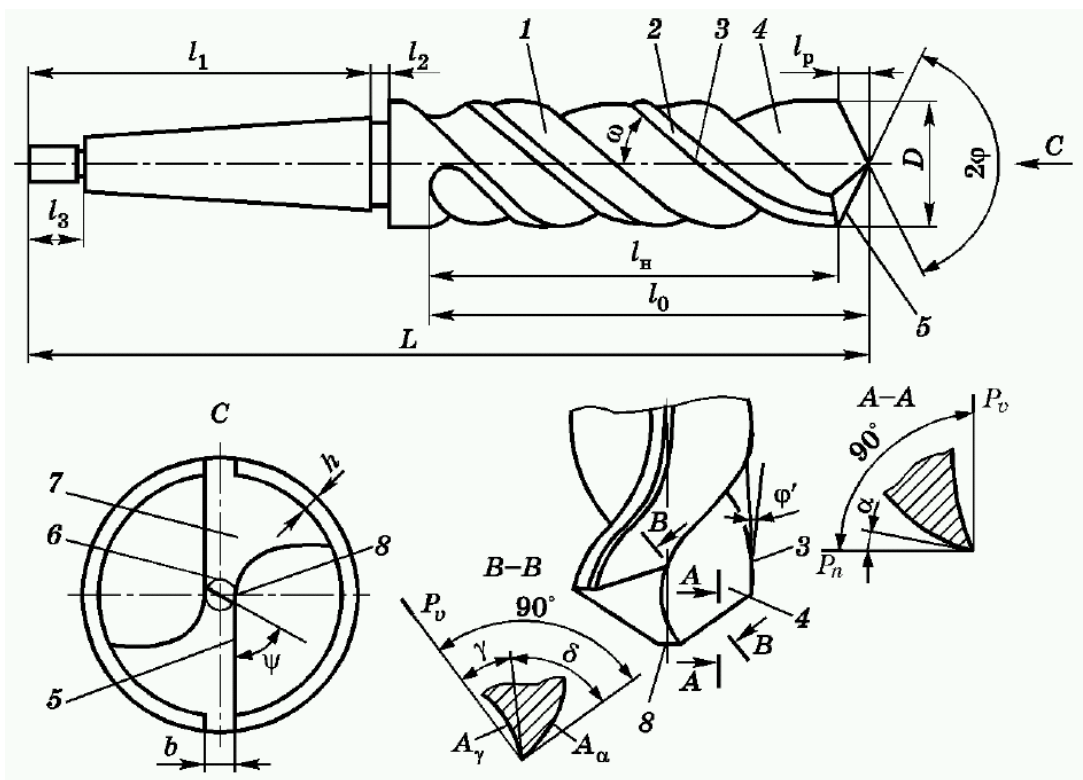


Рис. 12.5. Конструкція і геометрія свердла

Робоча частина має різальну l_p і напрямну l_n частини. Напрямна частина має вигляд двох гвинтових канавок 4, по яких транспортується стружка з оброблюваного отвору. Різальну частину утворюють два зуба (пера), які з'єднані серцевиною 6 ($d_c \approx 0,1D$). Напрямна частина l_n забезпечує центрування свердла в отворі і є його резервом при переточуваннях. Для зменшення тертя напрямна частина свердла має гвинтові стрічки 2 і зворотну конусність (0,03...0,12 мм на 100 мм довжини робочої частини свердла). Зуб свердла має спинку 1, яка менша за діаметром і не дотикається до отвору. Хвостовик l_1 з лапкою l_3 призначений для закріплення свердла в шпинделі верстата. Хвостовики можуть бути конічними і циліндричними.

Передніми поверхнями A_γ свердла є поверхні гвинтових канавок 4, по яких сходять стружка. Головні задні поверхні 7 утворюються заточуванням торця свердла на його різальній частині. Допоміжними задніми поверхнями A'_α є зовнішні поверхні стрічок 2. Свердло має п'ять різальних кромок: дві головні 5, перемичку (поперечну кромку) 8 і дві допоміжні 3. Головні різальні кромки 5 утворюються перетином передніх A_γ і задніх A_α поверхонь. Перемичка 8 утворюється перетином головних задніх поверхонь. Допоміжні різальні кромки 3 утворюються перетином передньої поверхні з поверхнею стрічки 2. Основну роботу різання виконують головні різальні кромки, а допоміжні беруть участь у різанні лише по довжині, яка дорівнює подачі.

При свердлінні і розсвердлюванні отворів обробленою є поверхня готового отвору. Поверхні різання утворюються різальною кромкою під час її руху в процесі обертання свердла. Оброблюваною поверхнею при розсвердлюванні є поверхня отвору, який обробляється.

Головним кутом у плані φ називають кут в основній площині між головною різальною кромкою і напрямком подачі. Дві головні різальні кромки утворюють кут при вершині 2φ . Цей кут для свердління сталей середньої твердості становить $116...120^\circ$, корозійностійких сталей, жароміцних сплавів, латуні, сплавів алюмінію, міді і твердих чавунів — $125...150^\circ$. Найменші значення кута ($2\varphi = 80...110^\circ$) застосовують для оброблення пластмас, твердих бронз і чавунів середньої твердості.

Передній кут γ у точці головної різальної кромки вимірюється в головній січній площині P_τ (переріз В – В) між дотичною до передньої поверхні A_γ і основною площиною P_γ . По довжині різальної кромки кут γ зменшується до осі свердла, а біля перемички набуває від'ємного значення. Кут γ утворюється при виготовленні свердла і становить $25...30^\circ$.

Передній кут на периферії свердла визначають за формулою

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}, \quad (12.1)$$

де ω — кут нахилу гвинтової канавки.

Кут нахилу гвинтової канавки ω — кут між дотичною до гвинтової лінії по зовнішньому діаметру свердла і лінією, паралельною осі свердла. Кут ω найбільший по кромці стрічки і зменшується з наближенням точки різальної кромки до осі свердла. Свердло виготовляють з кутами $\omega = 15...60^\circ$. Задній кут α вимірюється в перерізі А – А між дотичною до задньої поверхні A_α і площиною різання P_n . Задній кут свердла змінюється від $\alpha = 8...14^\circ$ — на периферії до $20...26^\circ$ — біля перемички. Кут нахилу поперечної різальної кромки (перемички) ψ — кут між проекціями поперечної і головної різальних кромок на площину, перпендикулярну до осі свердла. Значення цього кута при правильному заточуванні свердла $\psi = 50...55^\circ$.

Свердлінням зазвичай обробляються отвори в суцільному матеріалі, коли потрібно отримати отвори невисокої точності. Точніші отвори після свердлення обробляються зенкерами і розгортками. В цьому випадку точність отворів забезпечується кращим centruванням інструменту (завдяки наявності більшого числа ріжучих лез), підвищеною жорсткістю інструменту і легшими умовами роботи кожного леза.

Зіставлення умов роботи інструментів при свердленні, зенкеруванні і розгортанні може бути представлено таблицею 12.1.

Таблиця 12.1. - Порівняння умов роботи осьових інструментів

Вид обробки	Умови роботи інструменту			Шорсткість, Rz, мкм	Квалітет точності
	t, мм	φ, °	Z ріжуч. лез		
свердління	n/2	60	2	100 - 40	11 - 12
зенкерування	1 - 3	45 - 60	3 - 6	20 - 10	9 - 10
розвертання	0,05 - 0,2	5 - 15	4 - 12	10 - 3	8 - 7

Конічні хвостовики забезпечують точніше і міцніше кріплення. Лапка на кінці хвостовика запобігає провертанню свердла в шпинделі і служить для вибивання свердла після закінчення роботи.

Режим різання, стійкість свердла, а також продуктивність свердління значною мірою залежать від кутів заточування (табл. 12.2).

Таблиця 12.2. - Кути заточування спіральних свердел

Матеріал свердла	Кут при вершині, град.	Кут різальної кромки, град.	Задній кут, град.
Конструкційна сталь твердістю HB 170—196	118	45—55	12—15
Інструментальна сталь твердістю HB 240—400	118—150	45—55	7—15
Чавун твердістю HB 100—400	90—150	45—55	7—15
Мідь	110—118	45—55	12—15
Мідні сплави твердістю HB 80—85	118—150	50—55	12—15
Алюміній, алюмінієві сплави, бабіти	90—140	45—55	12—17
Цинкові сплави твердістю HB 112—126	118—130	45—55	12—15
Ебоніт, целулоїд	80—90	45—55	12—15
Пластмаси	30—80	45—55	14—16
Мармур, скло та інші крихкі матеріали	80—90	45—55	12—15

При збільшенні кута при вершині підвищується стійкість свердла, проте різко збільшується зусилля подачі. Задній кут зменшує тертя, яке виникає між його задньою поверхнею й оброблюваним виробом.

Заточують свердла на заточувальних верстатах. Треба стежити, щоб різальні кромки мали однакову довжину і були заточені під однаковими кутами, інакше свердла робитимуть отвори більші за свій діаметр і швидко затуплятимуться. Правильність заточування перевіряють спеціальними шаблонами.

Для ручного свердління використовують тріскачки, коловороти, ручні дрилі, ручні електричні і пневматичні свердлильні машини; для машинного — універсальні, спеціалізовані або спеціальні свердлильні верстати.

При машинному свердлінні оброблювану деталь кріплять на верстаті. За допомогою спеціальних таблиць вибирають режим свердління. Знаючи діаметр свердла та марку металу оброблюваної деталі, за таблицями знаходять швидкість різання та величину подачі. Потім за допомогою перевідної таблиці або за формулою вибирають частоту

обертання свердла. Її і величину подачі зв'язують з фактичними. Приймавши найближчі менші частоту обертання і величину подачі, проводять відповідне настроювання верстата. Для підвищення стійкості свердел і якості оброблюваних отворів застосовують мастильно-охолодні рідини: мильну емульсію або суміш мінеральних і жирних (рицинових, кісткових) масел для сталі, мильну емульсію для чавуну, алюмінію, силуміну; гас для білого чавуну; мильну емульсію, гас з маслом для дуралюмінію; воду для мармуру та сланцю.

Глухі отвори свердлять за допомогою втулкового упору або вимірювальної лінійки. Точні отвори свердлять за два прийоми. Спочатку роблять отвір на 1—3 мм менше потрібного діаметра, потім виконують остаточну обробку.

Основні недоліки при свердлінні: «розбивання» отворів та їх зміщення. Щоб запобігти цьому, необхідно правильно вибирати різальний інструмент і режими обробки, своєчасно та правильно заточувати свердла, застосовувати відповідну мастильно-охолодну рідину, виконувати роботи на справному обладнанні з використанням необхідних пристроїв.

Зенкування — процес обробки деталей для одержання конічних або циліндричних заглиблень під потайні головки гвинтів, болтів, заклепок, опірних площин навколо отворів. Виконують зенкування зенківками, які поділяють на конічні і циліндричні. Перші бувають з кутом при вершині 30, 60, 90 і 120° і мають 4...8 торцевих зубів. Для обробки м'яких матеріалів зенківки виготовляють із сталі P12, P6M5, P8M3, а для обробки твердих матеріалів — P9M4K8Ф, P8M3K6С.

Зенкеруванням називають процес обробки отворів, одержаних відливанням, штампуванням або свердлінням, з метою підвищення точності обробки та зменшення жорсткості поверхні.

Зенкер — інструмент для оброблення отворів з метою підвищення точності розмірів, форми, просторового положення і зменшення жорсткості обробленої поверхні. Зенкери виготовляють із швидкорізальної сталі. Вони бувають двох типів: насадні (для обробки отворів діаметром 24...100 мм) і суцільні (для отворів діаметром 12...35 мм). Зенкерування проводять на свердлильних верстатах, режими роботи яких визначають діаметром оброблюваної поверхні, матеріалом інструменту і виробу. Зенкери використовують також для оброблення циліндричних заглиблень і підрізування торцевих поверхонь (цеківки) та конічних заглиблень (зенківки). Припуск на зенкерування (на сторону) становить 0,5...3,0 мм.

Стандартні зенкери мають від трьох до восьми зубів (найчастіше три-чотири зуби). За конструкцією зенкери бувають з конічними хвостовиками і насадні. Основними частинами зенкера з конічним хвостовиком є (рис. 12.6): робоча частина 10, шийка 2, хвостовик 3 з лапкою 1. Робоча частина має різальну l_p і калібрувальну l_k частини.

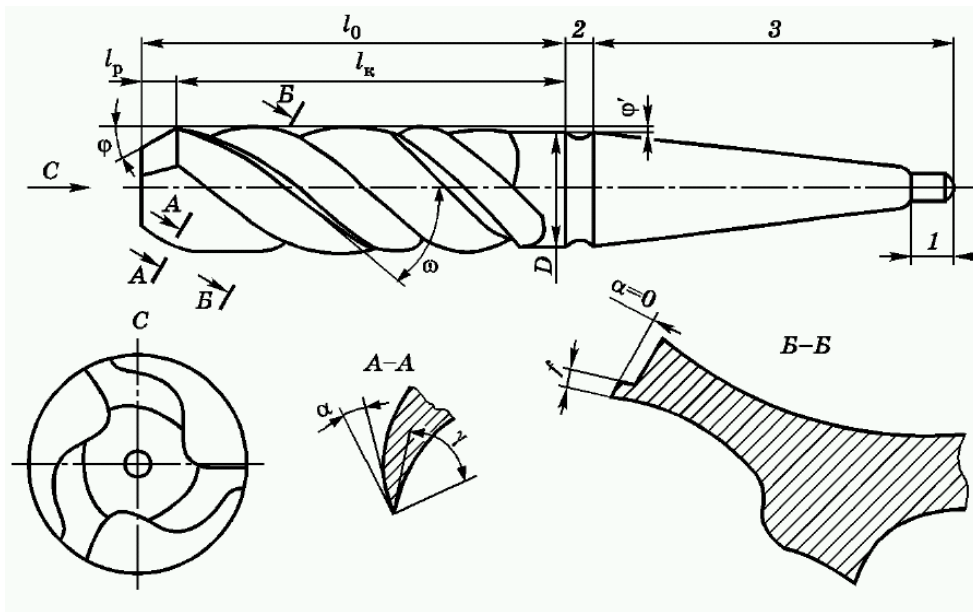


Рис. 12.6. Конструкція і геометрія зенкера

Геометрія різальної частини зенкера задається такими самими кутами, що й для свердла. Головний кут у плані призначається для зенкерів із швидкорізальної сталі $\phi = 45...60^\circ$, а з твердосплавними пластинами $\phi = 60...75^\circ$. Передній кут γ вибирають залежно від властивостей оброблюваного матеріалу і матеріалу різальної частини зенкера. У зенкерів із швидкорізальної сталі передній кут становить $\gamma = 8...15^\circ$ — для оброблення сталей, $\gamma = 6...8^\circ$ — чавуну і $\gamma = 25...30^\circ$ — кольорових металів і сплавів. Зенкери з твердосплавними пластинами мають $\gamma = 5^\circ$ — для оброблення чавуну і $\gamma = 0...5^\circ$ — сталей. Задній кут $\alpha = 8...10^\circ$, а кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 12...25^\circ$. Зенкери мають також зворотну конусність, яка становить $0,04...0,10$ мм на 100 мм довжини його робочої частини.

Основні дефекти при зенкеруванні — зміщення зенкера в процесі обробки отвору, незадовільна шорсткість поверхні. Для запобігання цим дефектам необхідно правильно вибрати режим обробки, охолоджувати інструмент, своєчасно і правильно заточувати зенкер.

Розвертання — це остаточна обробка отворів ручним чи машинними розвертками після свердління або зенкерування. Машинними розвертками здійснюють розвертання на токарних і свердлильних верстатах.

При ремонті машин розвертання широко використовують для чистової обробки різноманітних втулок (розподільного вала, верхньої втулки головки шатуна, шворня автомобілів, та ін.).

Розвертка — інструмент, який використовують для підвищення точності розмірів, форми і зменшення шорсткості поверхні отворів. Під чорнове розвертання отворів діаметром до 6 мм залишають припуск на обробку $0,1$ мм; від 6 до 12 мм — $0,15$ мм; більше 12 мм — $0,3$ мм. Припуск на чистове розвертання повинен бути в $3...5$ разів меншим.

Розвертки бувають чорновими, проміжними і чистовими. Їх виготовляють із швидкорізальної сталі *P18* або твердих сплавів *BK2*, *BK3M*, *T15K6*, *T3K4*.

Розрізняють машинні і ручні розвертки. За конструкцією хвостовика розвертки бувають з циліндричним і конічним хвостовиками; за формою оброблюваного отвору — циліндричні й конічні; за способом закріплення — хвостові і насадні. Число зубів розвертки завжди парне (6 – 16); його вибирають залежно від її діаметра $z = D + 2$. Зуби на розвертках розміщені нерівномірно, що забезпечує нижчу шорсткість обробленої поверхні.

Основні конструктивні і геометричні параметри розверток (рис. 12.7) такі самі, що й у свердла і зенкера: робоча частина l_0 , шийка 1 і хвостовик 2. Робоча частина складається з напрямного конуса l_n з кутом при вершині 90° , забірної (різальної частини) l_p , калібрувальної частини l_k і зворотного конуса l_z .

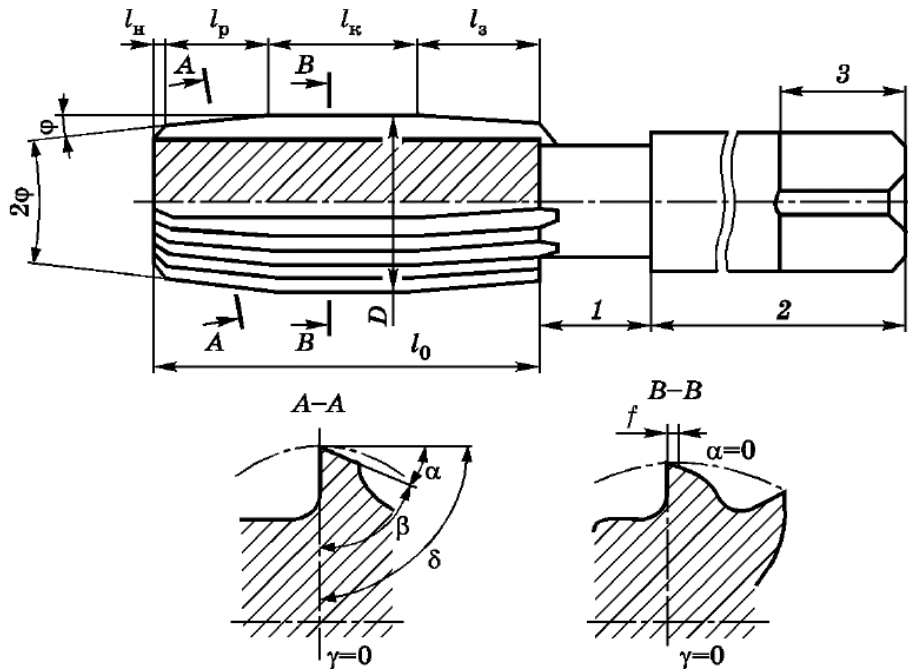


Рис. 12.7. Конструкція і геометрія розвертки

Основну роботу різання забезпечує забірна частина. Головний кут у плані φ забірного конуса для оброблення наскрізних отворів становить: для ручних розверток — $\varphi = 30' \dots 1^\circ 30'$; для машинних $\varphi = 12' \dots 15'$ — при обробленні в'язких металів і $\varphi = 3' \dots 5'$ — крихких, твердих і важкооброблюваних металів. Розвертки з пластинами з твердих сплавів мають $\varphi = 30' \dots 45'$.

У разі оброблення глухих отворів незалежно від оброблюваного матеріалу $\varphi = 45^\circ$ — у ручних розверток, $\varphi = 60^\circ$ — у машинних, $\varphi = 75^\circ$ — у твердосплавних із загостренням фаски на торці під кутом 45° .

Калібрувальна частина l_k направляє розвертку в процесі різання і є резервом для її переточування. Зворотний конус l_z зменшує тертя розвертки об оброблену поверхню і розбивання отвору. Діаметр зворотного

конуса менший за калібрувальний на $0,005...0,008$ мм — у ручних розверток і на $0,04...0,08$ мм — у машинних.

Хвостовик ручних розверток виготовляють циліндричним з квадратним кінцем 3, а у машинних — конічним чи циліндричним. Зуби калібрувальної частини мають циліндричну фаску f завширшки $0,08...0,50$ мм (залежно від діаметра розвертки).

Передній кут γ у чистових розверток із швидкорізальної сталі $\gamma = 0^\circ$, у чорнових $\gamma = 5...10^\circ$; у розверток із твердих сплавів $\gamma = 0...5^\circ$.

Задній кут α на різальній частині розвертки вибирають у межах $6...10^\circ$.

12.3. Обробка різбових поверхонь

Різьбою називається гвинтова поверхня, утворена на тілах обертання. Її застосовують для з'єднання, ущільнення або забезпечення необхідних переміщень деталей машин, механізмів, приладів.

По формі перерізу канавки (профілю) відомі такі види різьби: *трикутна (метрична, дюймова, трубна), прямокутна, трапецієдна, упорна, кругла та конічна різьба Бріггса*. Різьби бувають *праві й ліві, зовнішні і внутрішні*. За числом заходів розрізняють *одно-, дво-, три- і багатозахідні*.

Кожна різьба має такі елементи: профіль, крок (S), глибину (H), зовнішній (d), середній (d_2) і внутрішній (d_1) діаметри, кут профілю (α) (рис. 12.8).

Профілем називається геометричний контур, який можна побачити, розрізавши різьбу вздовж осі гвинта або гайки.

Кроком різьби називається відстань, на яку пересувається гвинт у гайці за один повний оберт. В однозахідній різьбі крок — це відстань між вершинами двох суміжних витків.

Кут профілю — це кут між боковими сторонами профілю в площині осі.

Глибина різьби — відстань від вершини до її основи (висота виступу).

У машинобудуванні в основному застосовують метричну, дюймову і трубну різьби.

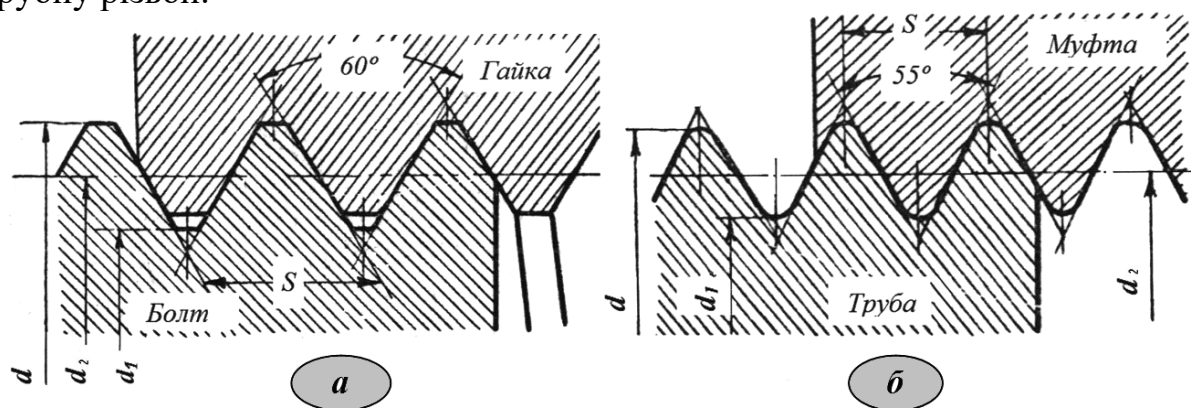


Рис. 12.8. Елементи різьби: а — метричної; б — трубної.

Метрична різьба має в профілі вигляд рівностороннього трикутника з кутом при вершині 60° . Вершини виступів гвинта та гайки зрізані, щоб запобігти заїданню при згвинчуванні. Крок і діаметр гвинта виражають в міліметрах. Ця різьба буває з великим і дрібним кроком.

Дюймова різьба має в профілі рівнобедрений трикутник з кутом при вершині 55° . Вона характеризується числом ниток на один дюйм її довжини. Зовнішній діаметр болта вимірюють у дюймах (25,4 мм). При проектуванні машин цю різьбу не застосовують.

Трубна різьба має профіль дюймової, але крок та інші елементи в неї менші. За діаметр трубної різьби умовно прийнято внутрішній діаметр труби (діаметр отвору). Вершини виступів гвинта і гайки для з'єднань, розрахованих на невеликі тиски, зрізані або заокруглені, якщо до щільності трубних з'єднань ставлять підвищені вимоги.

Метрична циліндрична трикутна різьба найбільш поширена, її називають ще кріпильною, бо нарізають на болтах і шпильках.

Конічна трикутна різьба забезпечує щільне з'єднання, її застосовують в арматурі, маслянках, пробках тощо.

Прямокутну і трапецоїдну різьбу нарізають на гвинтах, призначених для передавання руху або великих зусиль (наприклад, ходові гвинти у верстатах і пресах, домкратах, слюсарних лещатах тощо).

Упорну різьбу застосовують для деталей, які сприймають високі тиски в одному напрямі (наприклад, муфти трубопроводів високого тиску, гвинти механічних пресів).

Круглу різьбу застосовують у тих випадках, коли різьбове з'єднання призначене для роботи в забрудненому середовищі (водопровідна апаратура).

Основні інструменти для нарізування різьби в отворах — *мітчики*, на валах — *плашки*. Для нарізування основних метричних і дюймових різьб використовують комплекти з трьох мітчиків, а для дрібних метричних і трубних — з двох. Мітчики відрізняються довжиною забірної частини і зовнішнім діаметром зубів. Щоб їх швидко розрізнити, на хвостовик наносять кругові риси: *чорновий* (перший) має одну, *середній* (другий) — дві і *чистовий* (третій) — три риси.

Виготовляють мітчики і плашки із сталей *V12*, *9XC*, *P18*, *P9* тощо.

Плашки круглі (рис. 12.9, а) призначені для нарізування метричної, трубної і дюймової різьби.

Розсувні (призматичні) плашки (рис. 12.9, б) на відміну від круглих складаються з двох частин, які називаються напівплашками. На кожній з них проставлено діаметр різьби й номери 1 і 2, що показують на їхнє положення при закріпленні. На зовнішньому боці напівплашок є кутові канавки (пази) з кутом 120° , в які при їх установленні входять виступи (напрямні) клупа. Розсувні напівплашки виготовляють комплектами по 4—5 пар у кожному, кожену пару в міру потреби вставляють у клуп.

Клуп (рис. 12.10, б) для кріплення розсувних плашок — це коса рамка з двома рукоятками. У центральному отворі рамки встановлюють

напівплашки. Між напівплашками та гвинтом є сухар, за допомогою якого тиск гвинта рівномірно розподіляється на напівплашки.

Нарізування зовнішньої різьби плашками. Перед нарізуванням різьби стержень закріплюють у лещатах так, щоб його кінець виступав над рівнем губок лещат на 15...20 мм більше від довжини нарізуваної частини. Потім на торець стержня накладають закріплену в воротку (рис. 12.10, а) або клупі (рис. 12.10, б) плашку і з невеликим натиском починають нарізувати різьбу, обертаючи клуп на 1—2 оберти вправо і на півоберта вліво для ламання стружки.

На початку нарізування різьби треба під час робочого ходу рівномірно натискувати на плашку вниз і стежити за тим, щоб вона врізувалась у стержень без перекосу. Плашки в клупі в процесі нарізування слід притискувати гвинтом лише на початку проходу; після проходу по всій довжині нарізування плашки згвинчують у зворотний бік, потім знову притискують їх гвинтом і проходять різьбу вдруге. Якщо за два проходи нарізана різьба має неповний профіль, то плашки ще раз притискують гвинтом і знову проходять різьбу.

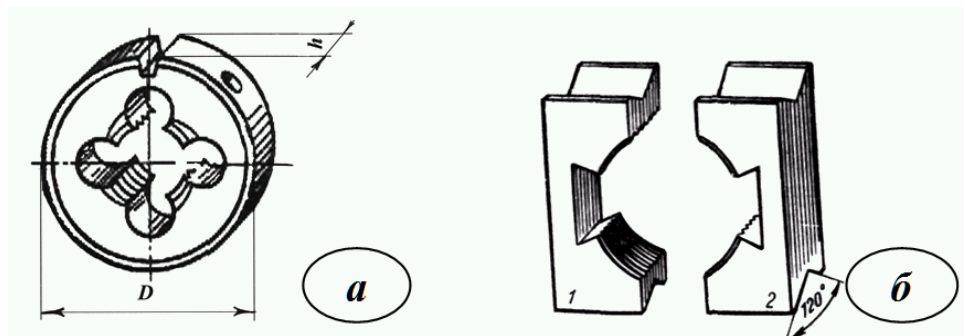


Рис. 12.9. Плашки: а – кругла; б – розсувна.

Нарізаючи різьбу плашками, необхідно правильно вибирати діаметр стержня за таблицями (див. табл. 12. 4). Якість різьби найкраща, коли діаметр стержня на 0,3...0,4 мм менший від зовнішнього діаметра різьби. Стержні під різьбу повинні бути чистими і мати на кінці фаску.

Таблиця 12.3. - Воротки для круглих плашок (розміри, мм)

<i>D</i>	<i>h</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>L</i>	<i>t</i>
25	7; 9	40	9; 12	55	6,0	20	250	3; 4
30	8; 11	45	11; 14	60	8,0	25	300	3,5; 4,9
38	10; 14	60	13; 17	80	10	32	380	4,4; 6,2
45	10; 15; 18	70	13; 18; 22	90	12	40	480	4,4; 6,2; 8,2
55	12; 16; 22	85	16; 20; 25	115	14	48	580	5,4; 7,2; 10
65	14; 18; 25	95	17; 22; 28	125	16	58	680	6,2; 8,2; 11,5
75	16; 20; 30	105	20; 25; 32	145	18	68	780	7,2; 9,0; 14
90	18; 22; 36	120	22; 28; 38	170	20	78	900	8,2; 10; 17
105	20; 25	135	25; 28	185	20	88	900	9,0; 11,5
120	20; 25; 30	150	25; 29; 35	200	20; 24 20;	108	1000	9,0; 11,5; 14
135	20; 25; 30	170	25; 28; 35	215	24	118	1000	9,0; 11,5; 14
150	25; 30	190	30; 36	240	20; 24	135	1200	11,5; 14,0
170	25; 30	210	30; 35	265	20; 24	155	1200	11,5; 14,0
200	25; 30	250	30; 35	305	20; 24	185	1200	11,5; 14,0

Контролюють різьбу різьбоміром, що являє собою набір різьбових шаблонів з різним кроком. Прикладаючи їх по черзі до витків, визначають на просвіт рівність номінальних розмірів кроку різьби і шаблона. Крім різьбомірів, широко застосовують калібр-кільце і калібр-пробку. На болти прохідне кільце повинно нагвинчуватись, а непрохідне — не нагвинчуватись, на гайку прохідний кінець калібра-пробки має нагвинчуватись, непрохідний — не нагвинчуватись.

З метою механізації нарізування різьби використовують ручні електро- і пневморізьбонарізувачі, електро- і пневмо-свердлилки, а також свердлильні та токарно-гвинторізні верстати.

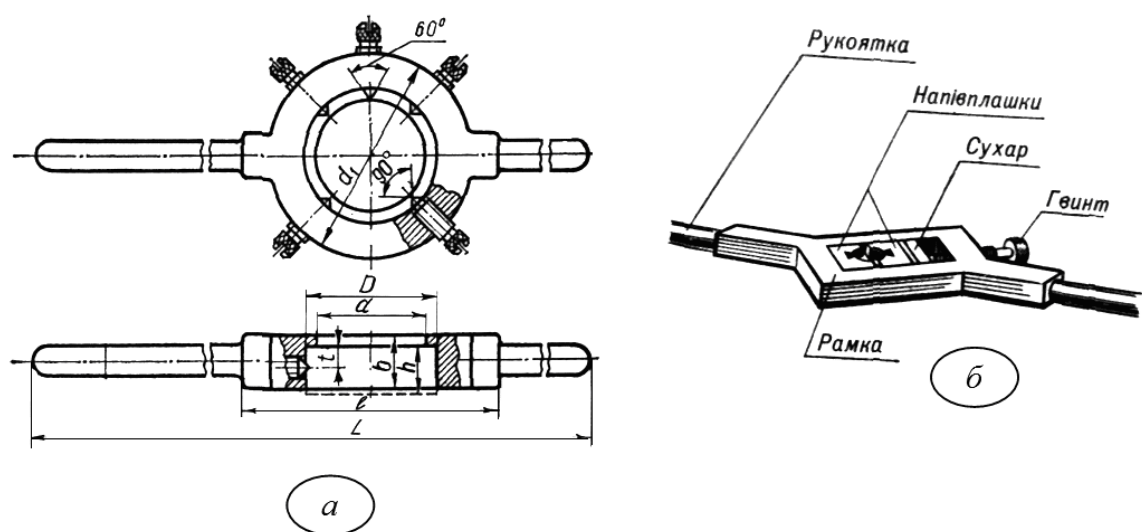


Рис. 12.10. а – вороток; б – клуп

Вибір діаметрів стержнів для нарізування різьби плашками. У процесі нарізування різьби плашками під дією сили різання металевий

стержень збільшується в діаметрі. У зв'язку з цим збільшується й тиск на зубці плашки. Вони більше нагріваються й до них прилипають частинки металу, що спричинює зрив різьби або ламання зубців плашки. Щоб запобігти цим явищам і мати якісну різьбу, беруть стержень діаметром на 0,2...0,4 мм меншим від зовнішнього діаметра різьби. Рекомендовані діаметри стержнів при нарізуванні різьби плашками подано в таблиці 12.4.

Таблиця 12.4 - Діаметри стержнів при нарізуванні різьби плашками

Діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр стержня, мм	
		найменший	найбільший
6	1,00	5,80	5,92
8	1,25	7,80	7,90
10	1,50	9,75	9,85
12	1,75	11,76	11,88
14	2,00	13,70	13,82
16	2,00	15,70	15,82
18	2,50	17,70	16,82
20	2,50	19,72	19,86

Нарізання різьби мітчиками. Нарізаючи різьбу, чорновий мітчик встановлюють вертикально в отвір, надівають вороток і, злегка натискаючи, повертають його вправо. Коли мітчик «схопить», продовжують його повертати вже без натискання. Щоб роздробити стружку і полегшити роботу, мітчик повертають на один — два оберти у робочому напрямку, а потім на 1/4-1/2 оберти — в зворотному. Якщо мітчик іде важко або затискається, необхідно викрутити його з отвору, з'ясувати та усунути причину, що утруднює роботу. Це можуть бути надто малий отвір, затупленість мітчика, засмічення отвору стружкою металу. Після чорнового мітчика використовують середній, а потім чистовий (рис. 12.11).

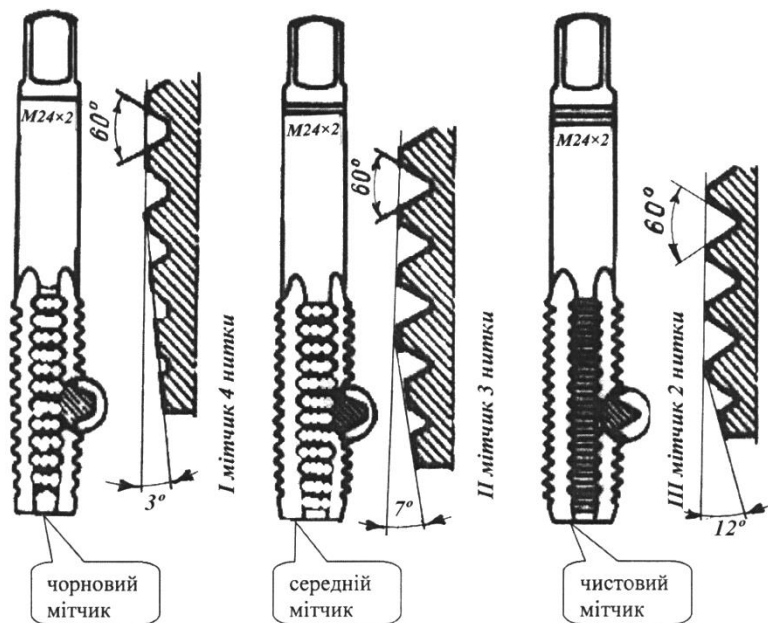


Рис. 12.11. Набір мітчиків

Щоб зменшити нагрівання мітчика й одержати якісну різьбу, застосовують мастильно-охолодну рідину, як і при свердлінні. Мінеральні та машинні масла використовувати не рекомендується, бо вони негативно впливають на шорсткість поверхні, спричиняють швидке спрацювання мітчика.

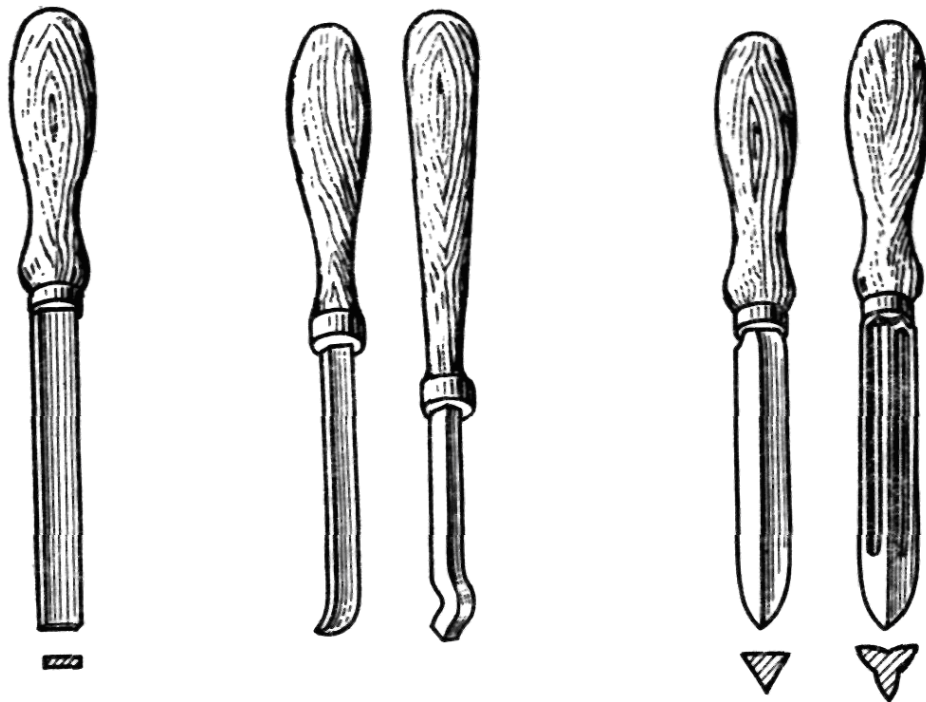
Якщо отвір глибокий, необхідно періодично викручувати мітчик для видалення стружки. Для нарізання глухої різьби довжину отвору виготовляють на 3...4 мм більше необхідної.

Вибір діаметрів свердел для свердління отворів. Щоб вийшла якісна різьба в отворі, треба правильно підібрати діаметр свердла, яким висвердлюють отвір. Діаметри свердел підбирають за таблицею 12.5.

Дефекти при нарізуванні різьби найбільш часто виникають такі: тупа конусна, рвана або послаблена різьба. Щоб запобігти цьому, необхідно правильно вибирати інструменти, режими обробки, працювати лише гострим інструментом і правильно ним користуватися.

Таблиця 12.5 - Діаметри свердел для нарізання отворів під різьбу

	Діаметр свердла, мм									
	Різьба з крупним кроком, мм		Різьба з дрібним кроком, мм							
			1,25		1,00		0,75		0,5	
	чавун, бронза	сталь, латунь	чавун, бронза	сталь, латунь	чавун, бронза	сталь, латунь	чавун, бронза	сталь, латунь	чавун, бронза	сталь, латунь
6	4,9	5,0	—	—	—	—	5,2	5,2	5,5	5,5
7	5,9	6,0	—	—	—	—	6,2	6,2	6,1	6,2
8	6,6	6,7	—	—	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5
9	7,6	7,7	—	—	7,8	7,9	8,1	8,2	8,4	8,5
10	8,3	8,4	8,8	8,9	9,1	9,2	9,4	9,5	9,6	9,6
11	9,3	9,4	9,8	9,9	10,2	10,5	10,4	10,5	10,6	10,6
12	10,0	10,1	10,8	10,9	11,2	11,2	11,5	11,5	11,5	11,5



При нарізуванні різьби бувають випадки, коли мітчики ламаються. Поламані мітчики можна витягати з отворів кількома способами. Якщо мітчик виступає над отвором, його захоплюють плоскогубцями чи ручними лещатами і викручують. Можна застосовувати також спеціальні оправки, які мають на кінці торцеві виступи за числом канавок мітчиків, а з другого боку — квадрат для воротка.

Розділ 13. ПРИПАСОВУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ

13. 1. Розпилювання і припасовування деталей

Розпилюванням називається обробка отворів з метою надання їм потрібної форми. Обробка круглих отворів проводиться круглими і напівкруглими напилками, тригранних — тригранними, ножівковими і ромбічними напилками, квадратних — квадратними напилками.

Підготовка до розпилювання починається з розмітки і накернювання розмічальних рисок, а потім по розмічальних рисках свердлять отвори і вирубують пройми, утворені висвердлюванням. Найкраще виходить розмітка на металевій поверхні, відшліфованій наждачним папером.

Під розпилювання, коли пройма невелика, свердлять один отвір. У великих проймах свердлять два або декілька отворів з ціллю отримання найменшого припуску на розпилювання. Великі перемички важко видаляти з просвердленої пройми, проте отвори не слід розташовувати дуже близько один від одного, щоб уникнути заклинювання свердла, що може привести до його поломки.

Розпилювання в заготовці квадратного отвору. Спочатку розмічають квадрат, а в ньому — отвір, потім свердлом просвердлюють отвір, діаметр якого на 0,5 мм менше сторони квадрата. У просвердленому отворі квадратним напилком пропилюють чотири кути, не доходячи 0,5...0,7 мм до розмічальних рисок, після чого отвір розпилюють до розмічальних рисок і проводять підгонку отвору по вкладишу так, щоб він входив в отвір тільки на глибину 2...3 мм.

Подальшу обробку сторін проводять до тих пір, поки квадратна головка вкладиша легко, але щільно не увійде до отвору.

Розпилювання в заготовці тригранного отвору. Розмітивши контур трикутника в ньому, не торкаючись розмічальних рисок, свердлять отвір. Потім у круглому отворі пропилюють три кути і послідовно розпилюють сторони, не доходячи 0,5 мм до розмічальної риски, після чого підганяють сторони трикутника. При роботі тригранним напилком сторони обпилюють строго прямолінійно. Точність обробки перевіряють вкладишем.

При припасовуванні слід стежити за тим щоб вкладиш без перекосів, вільно і щільно входив в оброблюваний отвір. Зазор між сторонами трикутника і вкладишем при перевірці щупом має бути не більше 0,05 мм.

Припасовуванням називається взаємна підгонка однієї деталі до іншої без просвітів, хитань і перекосів. Отвір в одній з деталей називають *проймою* (Рис. 13.1), а деталь, що входить у пройму, називають *вкладишем*. Контури пройм бувають напівзамкнутими (Рис. 13.2, а) і замкнутими (Рис. 13.2, б).

Припасовування деталей обпилюванням виконують личкувальними напилками і надфілями. Припасовані деталі мають вільно входити одна в одну. Такі вимоги ставляться до багатьох деталей. Остаточне

припасовування полягає в тому, що гострі ребра й кути припилюваних поверхонь деталей притуплюють.

Коли виконують припасовування, то завжди мають справу із взаємною підгонкою двох спряжених деталей. При виготовленні пройм припасовуванню передують точне розпилювання отвору, а при обробці вкладишів — точне обпилювання за розміткою. Обробляють у першу чергу ту деталь, яку легше обробити і, головне, перевірити.

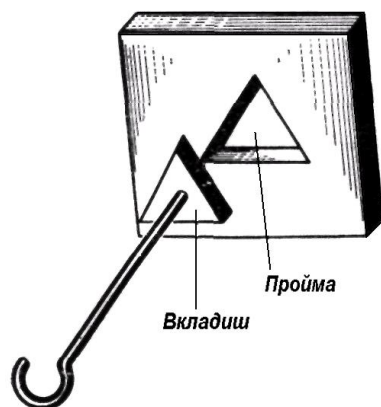


Рис. 13.1. Пройма і вкладиш

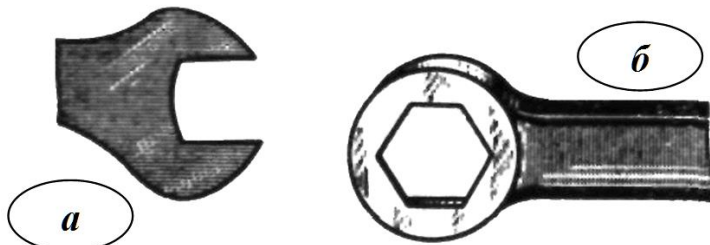


Рис. 13.2. Контур пройма:
а — напівзамкнений; б — замкнений

Припасовування деталей поділяють на такі види: припасовування однієї деталі за готовою іншою; припасовування деталей за готовою проймою; припасовування пройма за готовою деталлю.

Контролюють припасовані поверхні на просвіт, а також за допомогою спеціальних пластин (щупів). Якщо під час припасовування деталей контролювати на просвіт не можна, то користуються фарбою. Покривши одну поверхню тонким шаром фарби, накладають на неї іншу поверхню спряжуваної деталі.

Сліди (плями від фарби) показують, що саме ці місця заважають рухатися одній деталі відносно іншої. Ці плями знімають напилком і так повторюють доти, поки поверхня, яку підганяють, не буде пофарбована цілком. Звичайно, на поверхнях, які підганяють, і без фарби розрізняють сліди (у вигляді блискучих плям) від тертя однієї поверхні об іншу.

Основні причини браку в процесі припасовування: порушення розмірів; значна шорсткість оброблених поверхонь; неточне суміщення центрів отворів під вісь у деталях; неякісно виконане клепання; неправильно підібрані напилки для обробки спряжуваних похилих поверхонь (утворюються великі зазори).

Ручне розпилювання і припасування — дуже трудомісткі операції. У сучасних умовах ці операції виконують з використанням металоріжучого устаткування загального і спеціального призначення, при якому роль слюсаря зводиться до управління машинами і контролю розмірів.

Криволінійні і фасонні деталі обробляють на шліфувальних верстатах спеціальними профільованими абразивними кругами. Широке застосування також знаходять електроіскрова, хімічна і інші методи обробки, що виключають додаткову ручну обробку.

Проте при виконанні слюсарно-складальних, ремонтних робіт, а також при остаточній обробці деталей, отриманих штампуванням, виконувати ці роботи доводиться уручну.

Застосуванням спеціальних інструментів і пристосувань добиваються підвищення продуктивності розпилювання і припасування. До таких інструментів і пристосувань належать ручні напилки із змінними пластинками, напилки з дроту, покриті алмазним порошком і так далі.

13. 2. Шабрування

Шабрування це слюсарна фінішна операція, при виконанні якої різальним інструментом (шабером) з поверхні виробу знімають (зіскоблюють) тонкий шар металу.

Шабрують, як правило незагартовані поверхні, після обробки різцем, напилком чи іншим різальним інструментом. Найчастіше шабрують тоді, коли треба припасувати поверхні двох виробів так, щоб вони прилягали одна до одної якнайщільніше. Наприклад, шабрують напрямні станини токарних верстатів, поверхні підшипників ковзання.

Шабрування — трудомістка операція, потребує великої затрати праці, бо доводиться поступово знімати з оброблюваної поверхні дуже тонкі шари металу; при тонкому шабруванні за один прохід шабера знімають стружку завтовшки до 0,01 мм.

Щоб виявити місця, які треба шабрувати, виріб кладуть оброблюваною поверхнею на повірочну плиту, покриту тонким шаром фарби. Легко натискуючи виріб, пересувають його в різних напрямках по плиті. Внаслідок цього на виступаючих місцях оброблюваної поверхні утворюються фарбові плями. Ці місця і обробляють шабером.

Види шаберів. Поверхні шабрують однобічними і двобічними шаберами. За формою робочої поверхні шабери поділяються на плоскі, тригранні, фасонні й на шабери із змінними різальними пластинками. Шабери виготовляють з вуглецевої інструментальної сталі марок У10А, У12А і загартовують їх різальну частину.

За формою різальних кінців шабери бувають прямі і з відігнутим кінцем.

Плоскими шаберами (Рис. 13.3, а) обробляють прямолінійні поверхні.

Двобічним плоским шабером виконують ті самі операції, що й однобічним, але він має більший строк служби.

Довжина плоских однобічних шаберів становить 200...300 мм, а двобічних — 200...400 мм. Ширина шабера для чорнового і напівчистового шабрування — 20...30 мм, для чистового — 15...20 мм. Кут загострення в шаберів чорнового і напівчистового шабрування — 60...75°, у чистового — 90°.

Шаберами з відігнутими кінцями (Рис. 13.3, б) обробляють поверхні в гострих кутах або м'які метали (наприклад алюміній).

Тригранними шаберами (Рис. 13.3, в), що, як правило, випускають лише однобічними, обробляють угнуті й циліндричні поверхні. Нерідко тригранні шабери виготовляють із спрацьованих тригранних напилків. Довжина тригранних шаберів — 100...155 мм.

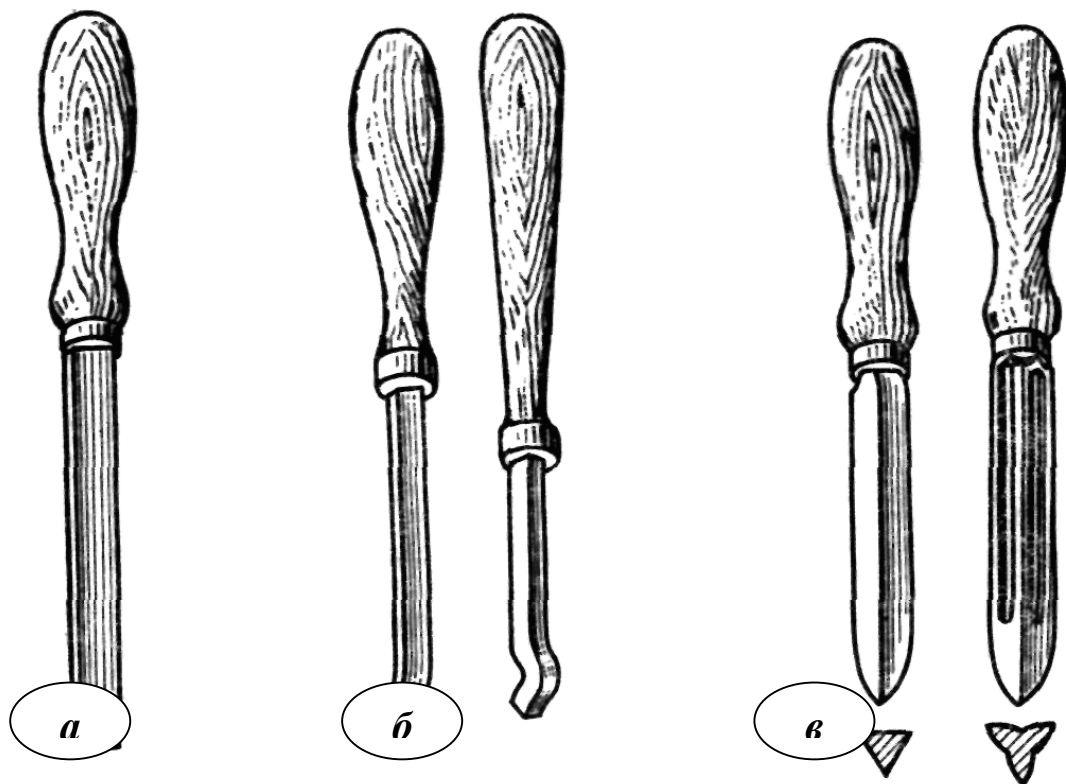
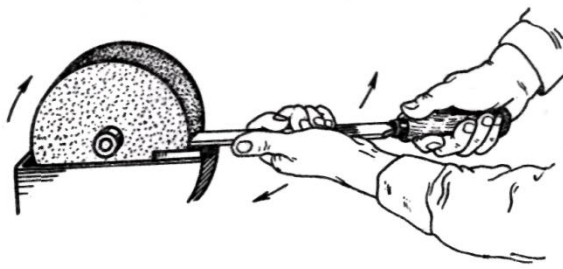


Рис. 13.3. Шабери: а — плоский; б — з відігнутими кінцями; в — тригранні

Загострювання плоского і тригранного шаберів. Плоскі шабери загострюють на електроточилах з корундовим кругом і з охолодженням. Прийом загострювання показано на рис. 13.4. Спочатку загострюють торець, а потім — грані шабера. Під час загострювання шабер дуже притискають до корундового круга.

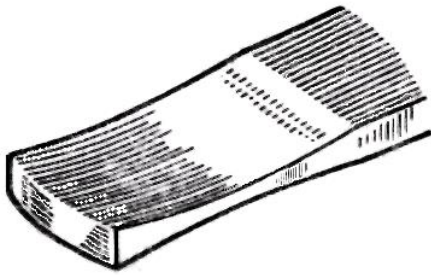
На різальних кромках загостреного шабера утворюються задирки й нерівності. Щоб їх ліквідувати, шабер заправляють на абразивних брусках. Змащений тонким шаром машинного масла брусок установлюють у гніздо дерев'яної підкладки.



а



б



в

Рис. 13.4. Загострювання плоского шабера: *а* — торця; *б* — грані; *в* — кромки.

Спочатку торець шабера заправляють трохи по радіусу. Для цього шабер торцем пересувають уздовж бруска (Рис. 13.5), злегка похитуючи, щоб дістати криволінійні різальні кромки. Потім заправляють грані, пересуваючи шабер уздовж різальної кромки. При цьому щільно притискають його до бруска, щоб запобігти завалам.

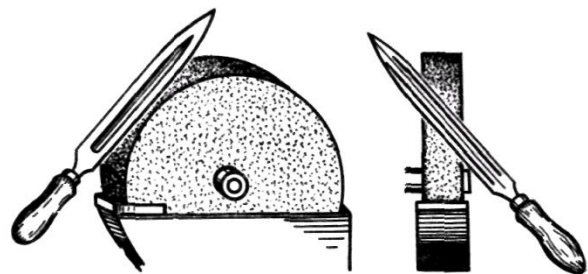
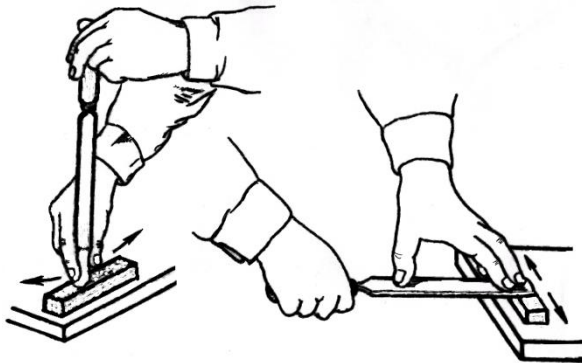


Рис. 13.5. Заправляння плоского шабера на бруску:

а — торця; *б* — грані

Рис. 13.6. Загострювання тригранного шабера

Прийом загострювання тригранного шабера показано на рисунку 13.6. Заправляють тригранний шабер на абразивних брусках, змащених машинним маслом.

Підготовка поверхні для шабрування. Поверхню для шабрування готують на стругальних або фрезерних верстатах, іноді — напилками. З країв підготовленої для шабрування поверхні знімають невелику фаску. Оброблювану поверхню очищають від бруду, миють гасом і насухо витирають.

Добре підготовленою вважається поверхня, в якій висота нерівностей при перевірці лінійкою на просвіт не перевищує $0,1$ мм у виробів завдовжки до 500 мм, а у виробів більшої довжини — $0,2...0,3$ мм.

Підготувавши поверхню для шабрування, визначають нерівності, які слід зняти. Для цього використовують повірочні плити, поверхню яких покривають фарбою. Фарбу готують з лазурі, сурику чи сажі.

Поверхню плити спочатку добре протирають промасленою ганчіркою, потім витирають насухо, покривають тонким і рівномірним шаром фарби. Її наносять тампоном з чистої лляної ганчірки (Рис. 13.7, а).

Робочу поверхню повірочної плити, покриту фарбою, накладають на пришабровувану поверхню деталі (або деталь накладають на плиту) і, легко натискаючи, два-три рази пересувають плиту в різних напрямках (Рис. 13.7, б). Шабером обробляють найбільш пофарбовані місця.

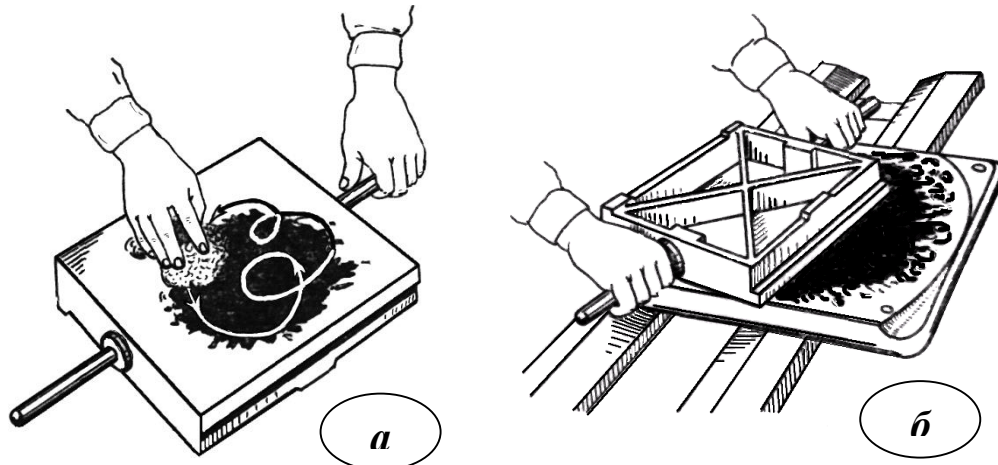


Рис. 13.7. Фарбування пришабровуваної поверхні:

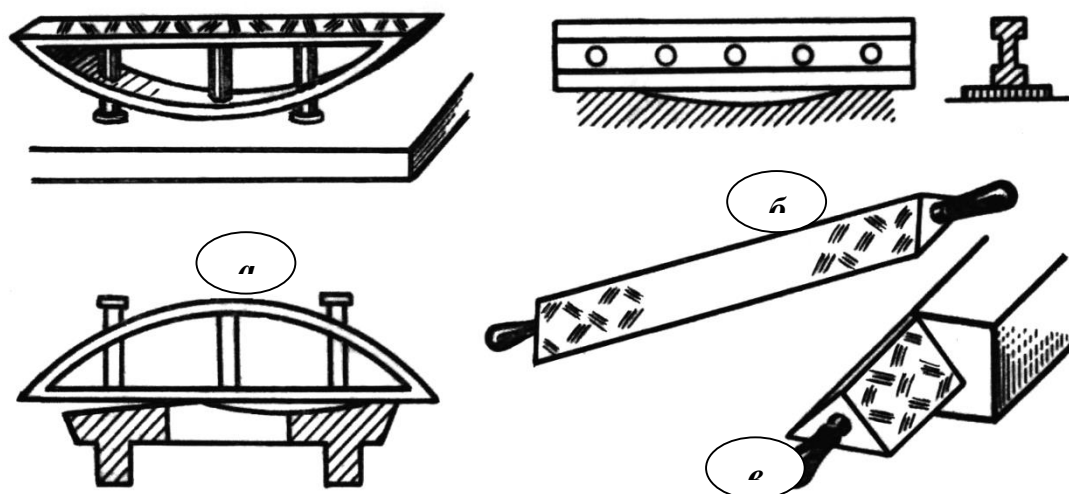
а — нанесення фарби на повірочну плиту; **б** — накладання плити на пришабровувану поверхню.

Повірочні плити й лінійки. Повірочними плитами й лінійками перевіряють якість шабрування.

Робоча поверхня повірочної плити рівна, добре оброблена. За дві ручки плиту піднімають. Плити малих розмірів установлюють на верстаках; плити великих розмірів — на спеціальних металевих підставках.

Повірочну плиту використовують у процесі шабрування виробів з широкими поверхнями.

Повірочні плоскі, кутові й призматичні чавунні лінійки виготовляють завдовжки від 500 до 3000 мм і завширшки від 40 до 100 мм (Рис. 13.8). Повірочні лінійки використовують при шабруванні довгих вузьких поверхонь.



*Рис. 13.8. Повірочні лінійки, що використовуються в процесі шабрування:
а — плоска; б — плоска двотаврова; в — кутова*

Нерівності на оброблюваній поверхні видно, коли вона зіткнеться з пофарбованим повірочним інструментом.

Повірочні плити й лінійки треба оберігати від корозії, ударів, від попадання на них бруду і стружок. Під час роботи слід користуватися всією поверхнею повірочної плити.

Закінчивши роботу, повірочні плити й лінійки чистять і змащують. Плити закривають дерев'яною кришкою, а лінійки укладають на зберігання в спеціальні футляри.

Прийоми шабрування. Плоскі поверхні обробляють плоским шабером з прямолінійними різальними кромками. Правою рукою беруть за рукоятку, а лівою рукою натискають на шабер, як показано на *рис. 13.9*. Шабер установлюють під кутом $25...30^\circ$ до оброблюваної поверхні. Шабрувати треба не згинаючись, зберігаючи вільну поставу.

Робочим ходом є рух вперед (від себе). Під час холостого ходу (рух назад) шабер треба трохи піднімати. Під час робочого ходу шабер знімає шар металу завтовшки до $0,01$ мм. Шабер слід рухати щоразу вперед на $12...15$ мм у різних напрямках. Щоб мати гладеньку поверхню, шабрують у три етапи (чорнове, напівчистове й чистове).

У процесі чорнового шабрування зчищають сліди і риски первинної обробки. Працюють шабером завширшки $20...30$ мм. При цьому напрям робочого ходу шабера щоразу змінюють так, щоб сліди його від наступного проходу перетинали сліди попереднього.

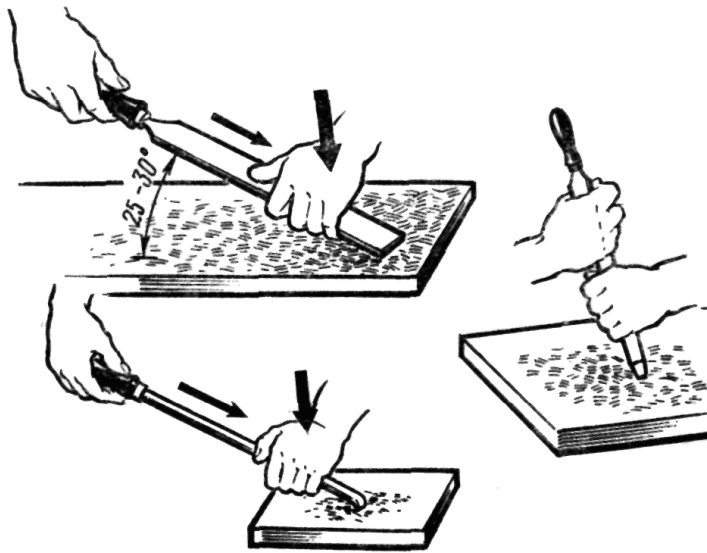


Рис. 13.9. Прийоми шабрування плоскої поверхні.

Під час напівчистового шабрування знімають найбільш випнуті місця, виявлені перевіркою на фарбу. Працюють плоским шабером завширшки 12...15 мм.

Чистовим шабруванням обробляють поверхні дуже точних виробів. У цьому випадку користуються шаберами завширшки 5...12 мм. Щоразу, знявши шабером покриті фарбою місця, поверхню чистять щіткою і старанно витирають ганчіркою.

Оброблювану деталь знову накладають на повірочну плиту, потім знімають, а утворені плями шабрують знову. Так продовжують доти, поки кількість плям на поверхні при перевірці на фарбу не відповідатиме нормі.

Визначення якості шабрування. На обробленій шабруванням поверхні штрих має бути дрібний і рівномірний. Поверхня не повинна мати подряпин і глибоких слідів шабера. Якість шабрування перевіряють, підрахувавши кількість фарбових плям на площі 25×25 мм. Для цього на поверхню накладають квадратну перевірочну рамку. Її можна зробити з тонкого листового металу або з картону в навчальних майстернях школи. Кількість плям беруть як середню за кілька перевірок різних ділянок обробленої поверхні.



Рис. 13.10. Перевірка якості шабрування

Кількість плям залежить від призначення деталей. На станинах, столах, каретках, супортах металорізальних верстатів на площі 25×25 мм має бути 8...16 плям, на повірочних плитах і лінійках — 20...25 плям, інструментах і вимірювальних приладах — 25...30 плям. На *рисунку 13.10* показано, як перевіряти якість шабрування.

13. 3. Притирання і доведення

Притиранням називається обробка поверхонь деталей за допомогою шліфувальних порошків і паст для забезпечення щільних, герметичних роз'ємних і рухомих сп'яжень.

Притирання - один з поширених методів чистової обробки, який забезпечує виготовлення дуже точних розмірів (до 0,1 мкм) і дуже високої якості поверхні $R_a = 0,02$. Це остаточна обробка, що здійснюється за допомогою притира, на поверхню якого наноситься дрібний абразивний порошок, змішаний з маслом, або абразивна паста. В процесі притирання відбувається відносне переміщення з невеликою швидкістю оброблюваної деталі і притира. Притирання проводиться на універсальних і спеціальних притиральних верстатах, а також вручну. У якості притирів використовують обертові диски, плити, бруски, кільця і стрижні.

Перед притиранням деталі піддають попередній обробці (тонкому точінню і фрезеруванню, чистовому шліфуванню, хонінгуванню), які забезпечують необхідну точність.

Доведення — це остаточна стадія притирання поверхонь по заданих розмірах з отриманням точної форми оброблюваних поверхонь. При обробці деталей доведенням отримують розміри з точністю до 0,1 мкм і дзеркальну поверхню.

Притирання і доведення здійснюються абразивним порошком або пастами, які наносяться на оброблювані поверхні, або на спеціальний інструмент — притир.

Припуск на притирання складає 0,01...0,02 мм, на доведення — 0,001... 0,0025 мм. Точність притирання - 0,001...0,002 мм. Доведення забезпечує точність по 5...6-му квалітетам і шорсткість поверхні до $R_z 0,05$. Великі припуски роблять процес низькопродуктивним.

Доведення і притирання складаються з аналогічних, послідовних робочих прийомів, які повторюють до повної обробки поверхонь деталі.

При доведенні необхідно:

- правильно розподіляти зусилля при обробці для отримання поверхні правильної форми ;
- не тиснути сильно на деталь, рухи виконувати з малою швидкістю для забезпечення отримання в процесі обробки поверхні малої шорсткості. При сильному натискуванні на деталь від великого тертя під дією тепла може виникнути короблення тонких деталей і змінитися розміри;

- при роботі з абразивними порошками по притиру робити не більше 12...15 рухів, а при роботі пастами — не більше 8...10 рухів, після чого притиральний матеріал замінювати новим;
- в процесі доведення необхідно дотримуватись послідовності застосування грубих, середніх і тонких порошків;
- періодично здійснювати контроль за якістю оброблюваних поверхонь залежно від конфігурації виробу, перевіряючи: прямолінійність поверхонь лекальною лінійкою; паралельність площини мікрометром або індикатором; величину кутів косинцем, кутоміром і шаблонами; заданий профіль деталі шаблоном; лінійні розміри штангенциркулем, мікрометром і плоскопаралельними плитами; перпендикулярність робочих поверхонь лекальним косинцем; шорсткість дзеркальної поверхні — на око.

У машинобудуванні притиранню піддають гідравлічні пари, пробки і корпуси кранів, клапани і їх сідла в двигунах внутрішнього згорання, робочі поверхні вимірювальних інструментів і тому подібне.

Оброблені доведенням поверхні краще протистоять зносу і корозії, що важливо при експлуатації вимірювального і перевірного інструменту і дуже точних деталей.

Притиральні матеріали. Абразивні матеріали (абразиви) — це дрібнозернисті, кристалічні, порошкоподібні, а також і масивні тверді тіла, які використовуються для механічної обробки різних матеріалів.

Абразиви поділяються на природні (натуральні) і штучні. Розрізняють також тверді абразивні матеріали, що мають твердість, більшу за твердість загартованої сталі, і м'які, такі, що мають меншу твердість.

До твердих природних абразивних матеріалів відносять мінерали, що містять оксид алюмінію (природний корунд, наждак) і оксид кремнію (кварц, кремій, алмаз).

Тверді штучні абразивні матеріали, що отримують в електропечах, характеризуються високою твердістю, однорідністю складу і властивостей. До штучних абразивних матеріалів відносять: електрокорунд нормальний (1А); електрокорунд білий (2А); електрокорунд хромистий (3А); монокорунд (4А); карбід кремнію (карборунд) зелений (6С); карбід кремнію чорний (5С); карбід бору (КБ); кубічний нітрид бору (КБН); ельбор (Л); алмаз синтетичний (АС).

Для притирання (доведення) сталі застосовують порошки електрокорунду нормального, білого і хромистого, а також монокорунду; для обробки чавуну і крихких матеріалів — карбід кремнію; для обробки твердих сплавів і інших важкооброблюваних матеріалів — порошки карбіду бору і синтетичних алмазів.

М'якими абразивними матеріалами притирають (доводять) відпалену сталь, чавун, мідні і алюмінієві сплави.

Для грубого притирання використовують абразивний шліфувальний порошок з номерами зернистості 3 і 4, для попереднього притирання —

мікропорошок *M28*, *M20* і *M14*, а для остаточного - *M10*, *M7* і *M5*. Номер зернистості вказує величину зерна в мікронах.

З м'яких абразивних матеріалів найбільше застосовують пасти ГОИ (Государственного оптического института). Їх випускають у тюбиках циліндричної форми (діаметром 36 мм і заввишки 50 мм) або брусками. Паста широко застосовується для остаточних доводочних робіт, коли окрім високої точності і малої шорсткості потрібно отримати дзеркальну поверхню.

Застосування паст забезпечує також підвищення зносостійкості оброблених деталей, оскільки на поверхні не залишається включень твердих абразивних матеріалів, які сприяють більш активному зносу спряжених поверхонь.

Розрізняють три сорти пасти ГОИ — грубу, середню і тонку.

Грубу пасту (ясно-зеленого кольору) застосовують для зняття шару металу завтовшки в декілька десятих доль міліметра, наприклад для видалення слідів обробки обпилюванням, грубим шабруванням, струганням, шліфуванням. Деталі після притирання (доведення) цією пастою мають матову поверхню.

Середньою пастою (зеленого кольору) знімають шар металу, що вимірюється сотими долями міліметра, отримуючи більш чисту поверхню, без штрихів.

Тонка паста (чорного кольору із зеленуватим відтінком) служить для остаточної обробки і надає поверхні дзеркального блиску. Тонкою пастою знімають припуски в тисячні долі міліметра.

Кожному виду пасти привласнюють номер, відповідний її абразивній здатності, наприклад грубій пасті — № 50, 40, 35, 30, 25 і 20, середній — № 15 і 10, тонкій — № 7, 4 і 1. Розміри зерен грубої пасти — 40...17 мкм, середньої — 16...8 і тонкої — менше 8 мкм

Алмазні пасти (пасти з природних і синтетичних алмазних порошоків) набули широкого застосування у машинобудуванні. Алмазні пасти Інституту надтвердих сплавів випускаються дванадцятьма типів (по зернистості). Їх умовно ділять на чотири групи — крупної, середньої, мілкої і тонкої зернистості. Пасти кожної групи мають свій колір: крупної — червоний (АП100, АП80 АП60); середньої - зелений (АП40, АП28, АП20); мілкої — блакитний (АП14, АП10 і АП7); тонкої — жовтий (АП5, АП3 і АП1).

Крім того, усередині кожної групи пасту найкрупнішої зернистості позначають чорною смужкою, середньої, — сірою, а дрібної — білою (цими кольорами позначають тюбики і упаковку пасти).

Алмазні пасти випускають світлими для того, щоб по зміні кольору можна було судити про знімання оброблюваного матеріалу. При правильному виборі притиру і пасти після нетривалої роботи алмазна паста набуває темного кольору. Це є ознакою безперервного знімання матеріалу.

Літера А означає, що порошок виготовлений з алмазу, П — паста, цифри, після літер — розмір зерна (наприклад, АП100 вказує на розмір зерна в межах 100...80 мкм; АП80 - 80...60 мкм; АП3 - 3...1 мкм; АП1 - 1 мкм і менше).

Алмазні пасти застосовують для притирання і доведення виробів з твердих сплавів, сталей різних марок і неметалевих матеріалів (скла та кераміки). Випускають пасти різних характеристик з природних і синтетичних алмазів з розміром зерна від 60 до 1 мкм. Процентний вміст порошку в пасті по масі складає 1...23%. До складу паст входять високомолекулярні поверхнево-активні речовини, які добре змочують зерна алмазу.

По консистенції алмазні пасти ділять на *тверді, мазеподібні і рідкі*. *Крупнозернисті пасти* виготовляють твердої і мазеподібної (густої) консистенції. *Дрібнозернисті пасти* виготовляють всіх вказаних консистенцій.

При обробці виробів найбільше застосовують пасту рідкої консистенції, яка, нанесена тонким шаром на притир, забезпечує високу якість поверхні і точність обробки до 6-го квалітету.

Для підвищення продуктивності при притиранні (доведенні) спочатку застосовують грубозернисті пасти, поступово переходячи на дрібнозернисті.

Застосування алмазних паст забезпечує отримання шорсткості оброблюваної поверхні $Ra\ 0,04...0,05$ і підвищення продуктивності праці в порівнянні із застосуванням інших абразивних паст.

Якщо продуктивність алмазного порошку прийняти за одиницю, то відповідно продуктивність інших абразивних матеріалів буде:

- карбіду бору- 0,63;
- карбіду кремнію- 0,29;
- пасти ГОИ- 0,28;
- корунду- 0,18;
- наждаку- 0,3.

Змащувальні матеріали для притирання і доведення сприяють прискоренню процесів фінішної обробки, зменшують шорсткість, а також охолоджують поверхню деталі. Найчастіше у якості змащувальних матеріалів використовують змащувально-охолоджуючі рідини — гас, бензин, легкі мінеральні масла, содову воду. Для притирання (доведення) сталі і чавуну частіше застосовують гас з добавкою 2,5 % олеїнової кислоти і 7 % каніфолі, що дозволяє значно підвищити продуктивність процесу.

Види притирів. Доведення виконують спеціальним інструментом — притиром, форма якого повинна відповідати формі оброблюваної поверхні. За формою притири поділяються на плоскі, циліндричні (стрижні і кільця), різьбові і спеціальні (кульові, асиметричні і неправильної форми).

Притири можуть бути рухомими і нерухомими. Рухомий притир при доведенні переміщається, а деталь залишається нерухомою або переміщається відносно притиру. Такими притирами є циліндри, диски, конуси і ін.

При використанні нерухомого притиру переміщається тільки оброблювана деталь. Такими притирами є бруски, плити і ін.

Плоскі притири є чавунними плитами, на яких доводять площини. Плоский притир для *попередньої обробки* має канавки глибиною і шириною

1...2 мм, розташовані на відстані 10... 15 мм (Рис. 13.11, а), в яких збираються залишки абразивного матеріалу. Притири для остаточного доведення роблять гладкими (Рис. 13.11, б).

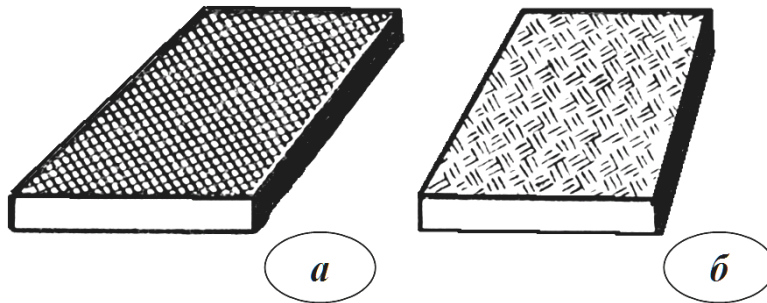


Рис. 13.11 Плоскі притири:
а - з канавками,
б - гладкий

Циліндричні притири застосовують для доведення циліндричних отворів. Такі притири бувають нерегульованими (Рис. 13.12, а) і регульованими (Рис. 13.12, б); останні представляють собою розрізну втулку 3, насаджену на конічну оправку 2. Регулювання діаметру притира здійснюють гайками 1 і 4.

Конічні отвори доводять конічними притирами, виготовленими у вигляді чавунних (рідше — мідних) оправок.

Притир для попередньої обробки має спіральну канавку, що утримує абразивно-притиральний матеріал.

Притир для обробки зовнішньої конічної поверхні представляє собою конічну втулку.

Спеціальні притири (складної форми) застосовують для доведення поверхонь різної форми і важкодоступних поверхонь невеликих розмірів.

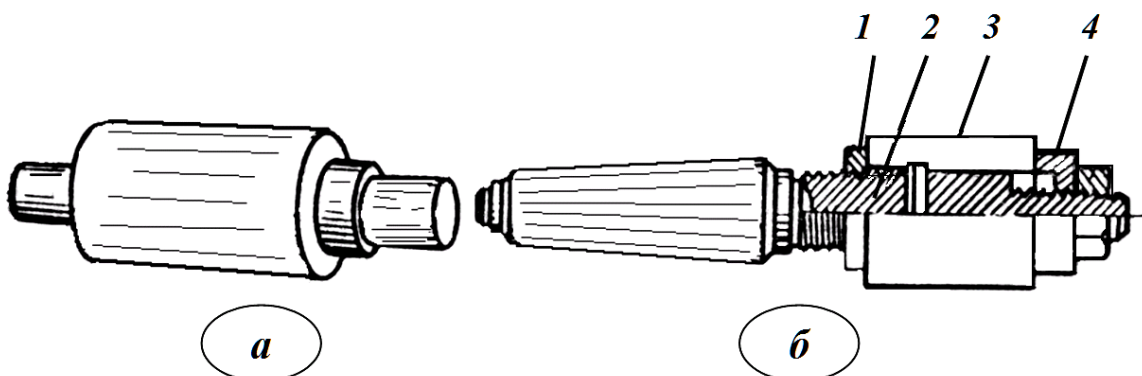


Рис. 13.12. Циліндричні притири: а - нерегульовані, б - регульовані

Матеріали притирів. Притири виготовляють з чавуну, бронзи, міді, свинцю, скла, фібри і твердої деревини (дуба, клена і т. п.).

Найчастіше притири виготовляють з чавуну і міді, які мають необхідні якості для задовільного втискування абразивів, — середню твердість, густину, хорошу зносостійкість. Мідь важче обробляється і є дорогим матеріалом, тому

для доведення сталевих деталей рекомендується виготовляти притири з чавуну середньої твердості ($HB\ 100\ldots 200$). Для тонких і довгих притирів використовують сталі $Cm2$ і $Cm3$ ($HB\ 150\ldots 200$).

На початку фінішної обробки, яка починається з попереднього доведення, знімається товстий шар металу, тому потрібно застосовують притири з м'якого металу (міді). Вони утримують крупний абразив набагато краще, ніж сірий чавун. Для остаточного доведення, коли знімається невеликий шар металу, застосовують чавунні притири. Вони утримують в основному найдрібніші зерна і завдяки твердості полегшують обробку. Сталеві притири зношуються швидше, ніж чавунні.

Для остаточного доведення пастами ГОИ з метою отримання дзеркальної поверхні слід застосовувати притири, виготовлені з скла "пирекс" або дзеркального литого скла, яке не повинне мати бульбашок, глибоких подряпин і раковин.

Шаржування притирів твердим абразивним матеріалом. Існують два способи покриття притирів абразивним порошком — прямий і непрямий.

При прямому способі абразивний порошок вдавлюють в притир до роботи. Плоский притир шаржують за допомогою сталевого загартованого бруска або валика (Рис. 13.13, а). Круглий притир діаметром більше 10 мм шаржують на твердій сталевій плиті, на яку насипають тонким, рівним шаром абразивний порошок. За допомогою іншої плити притир прокатують до тих пір, поки абразив не втиснеться в нього рівномірно по всій поверхні (Рис. 13.13, б).

Після шаржування з притиру волосяною щіткою видаляють залишок абразивного порошку, притир злегка змащують і застосовують для роботи без додавання абразивного матеріалу до тих пір, поки він не перестане обробляти деталь.

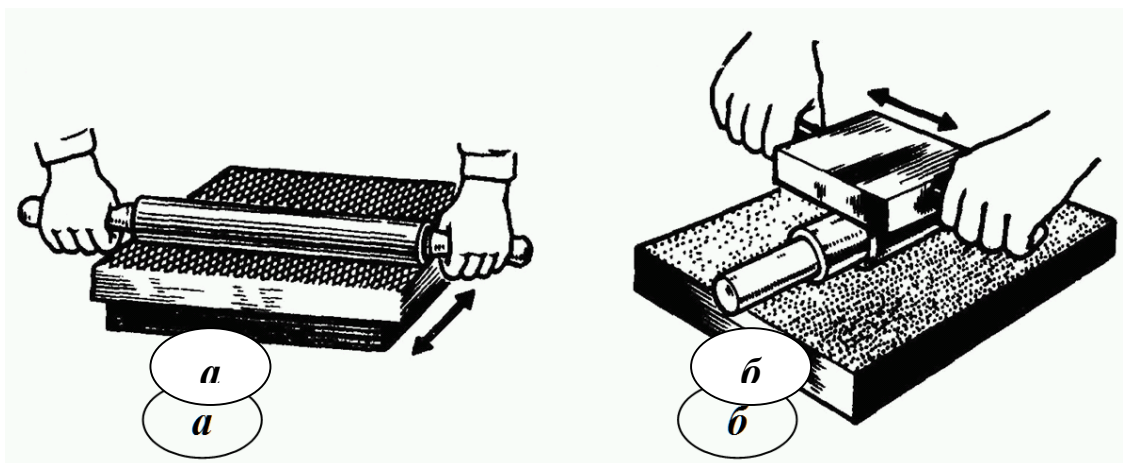


Рис. 13.13. Шаржування притирів: а - плоского, б - круглого

Прямий спосіб шаржування притирів має ряд переваг: притир шаржується більшою мірою; при доведенні крупніші зерна абразиву подрібнюються, або вдавлюються глибше в плиту; точність доведення притиром вище, ніж при непрямому шаржуванні.

Непрягий спосіб полягає в покритті притиру шаром мастила, на яке потім посипають абразивний порошок. В процесі шаржування зерна абразиву вдавлюються в матеріал притиру, оскільки він м'якший, ніж оброблювана деталь.

Працюють притиром до повного затуплення абразивних зерен. Додавати новий абразивний порошок під час роботи (особливо перед закінченням доведення) не слід, оскільки це веде до зниження точності обробки.

Механізація притирання і доведення. Притирання на доводочних верстатах є більш продуктивним, і також сприяє покращенню умов праці. Разом із спеціальними верстатами для механізованого притирання і доведення можуть бути пристосовані металоріжучі верстати — свердлильні, струтальні та ін.

Контроль якості доведення. Після доведення поверхні перевіряють на фарбу (на добре доведених поверхнях фарба розподіляється рівномірно). Площину при доведенні контролюють лекальною лінійкою з точністю 0,001 мм.

Паралельність плоских поверхонь перевіряють мікрометром, індикатором або іншими важільно-механічними приладами; заданий профіль — шаблонами, лекалами (на просвіт); кути — косинцями, кутомірами, кутовими плитками, шаблонами.

Слід мати на увазі, що щоб уникнути помилок при контролі всі виміри потрібно проводити при 20 °С.

Дефекти. При неправильному підборі крупнозернистих абразивних порошоків і змазки, отримана у результаті обробки поверхня може бути негладкою і нечистою. Застосування неточних за розмірами і формі притирів може привести до недотримання розмірів деталі, та спотворення її геометричної форми. Ті ж дефекти можуть виникнути при неправильній установці притира і деталі. Також, для уникнення короблення тонкостінних деталей слід не допускати нагріву деталей вище 50°С.

Безпека праці. При виконанні притиральних і доводочних робіт необхідно: оброблювану поверхню очищати не рукою, а ганчіркою; користуватися захисними пристроями для відсмоктування абразивного пилу; обережно користуватись пастами, оскільки вони містять кислоти; надійно встановлювати притири; виконувати вимоги безпеки при роботі механізованим інструментом, а також на верстатах.

Розділ 14. СКЛАДАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ

14. 1. Паяння металів

Паяння — це технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань металів нагріванням до розплавлення більш легкоплавкого присаджувального металу — припою, що заповнює зазор між з'єднувальними деталями. У результаті змочування, розтікання, проникнення в поверхневі шари й заповнення зазору між нагрітими поверхнями виробів розплавленим припоєм і наступної кристалізації припою при охолодженні утворюється паяльний шов, який і з'єднує в одне ціле два роз'ємних вироби.

Паяти можна сталі різного хімічного складу, кольорові метали та сплави на їх основі. Паяння від зварювання відрізняється тим, що кромки з'єднуваних матеріалів не розплавляють, а тільки нагрівають до температури плавлення припоїв, що дозволяє зберігати їх фізичні властивості. При паянні не виникає внутрішніх напружень і не відбувається короблення.

Паяння використовують у тих випадках, коли місця з'єднань не підлягають великим навантаженням. У ремонтній справі паяння використовують при відновленні тонкостінних резервуарів, радіаторів, баків, трубопроводів, з'єднанні електропроводів, оснащенні різального інструменту твердосплавними пластинами, відновленні молочного посуду (фляг, баків, луджених відер).

До переваг паяння належать: незначне нагрівання з'єднуваних частин, що зберігає структуру й механічні властивості металу; чистота з'єднання, яка не потребує найчастіше наступної обробки; збереження форм і розмірів деталі; міцність з'єднання.

Недоліком паяння є застосування переважно з'єднань внапусток і використання дефіцитних компонентів (срібла, олова, міді та ін.).

Відповідно ГОСТу 17327-80 розрізняють два основних види паяння: *високотемпературне* (температура плавлення припою вище 500°C) і *низькотемпературне* (температура плавлення припою нижче 500°C).

Основні матеріали для паяння — *припої і флюси*.

Припої випускають у вигляді дроту, прутків, смуг, порошкового дроту, порошків і пасти. Розрізняють паяння м'якими і твердими припоями.

Легкоплавкі (м'які) припої складаються з олова, свинцю, сурми, невеликої кількості (до 0,1 %) домішок міді, вісмуту і миш'яку (табл. 14.1).

У позначенні марки літери вказують: *ПОС* - припій олов'яно-свинцевий; *М* - мідь; *К* - калій; числа вказують: перше - на вміст олова у відсотках; наступні — на вміст міді й калію, % (решта - до 100% - свинець). При слюсарних роботах частіше застосовують припій *ПОС 40*.

Легкоплавкі припої застосовують при паянні тонких олов'яних предметів, скла з металевою арматурою, деталей, які особливо чутливі до нагрівання, а також тоді, коли припій має бути температурним запобіжником і в електричних теплових приладах тощо.

Чим більше олова, тим кращий припій. При паянні часто застосовують припій, що складається з однієї частини олова і двох частин свинцю.

Температура плавлення м'яких припоїв до 500° . Для одержання більш низької температури плавлення до них додають сурму, мідь і кадмій. Внаслідок цього утворюються особливо легкоплавкі припої, які використовуються для спеціальних робіт.

Паяння легкоплавкими припоями застосовують для паяння сталі, міді, цинку, свинцю, олова та їх сплавів, сірого чавуну, алюмінію, кераміки, скла тощо.

Таблиця 14.1 - Припої для низькотемпературного паяння

Марка або склад	Область застосування	Примітка
<i>Олов'яно-свинцеві (ГОСТ 21930-80)</i>		
ПОС-90	Лудіння і паяння внутрішніх швів харчової і медичної апаратури	-
ПОС-61	Лудіння і паяння електро- і радіоапаратури	Для паяння високогерметичних швів, що не допускають перегрівання
ПОС-40	Лудіння і паяння деталей з оцинкованого заліза, латуні та мідних дротів	-
ПОС-10	Лудіння і паяння контактних поверхонь електричних апаратів, приладів, реле	-
ПОССу-4-6	Лудіння і паяння заліза, латуні, міді, свинцю	При наявності клепаних замкових швів, вм'ятин у кузовах автомашин
<i>Олов'яно-цинкові</i>		
Олово 45 %, Цинк 50 %, Алюміній 5 %	Паяння алюмінію	Паяні шви схильні до корозії

Тугоплавкі (тверді) припої мають температуру плавлення $800...900^{\circ}\text{C}$, це сплав міді, цинку, нікелю, заліза, кадмію та інших металів (табл. 14.2). У марках цих припоїв прийняті такі позначення: ПМЦ — припій мідно-цинковий, Л — латунь. Цифри вказують на процентний вміст міді у сплаві. Припої дають добру герметичність і забезпечують порівняно високу міцність з'єднання.

Мідно-цинкові припої через підвищену крихкість постачають у вигляді зерен різної грануляції: *А* — 0,2...3 мм; *Б* — 3...5 мм.

Таблиця 14.2 - Припої для високотемпературного паяння

Марка або склад	Область застосування	Примітка
<i>Срібні (ГОСТ 19738-80)</i>		
ПСр-10	Паяння деталей, що піддаються нагріванню до 800°C	-
ПСр-12	Паяння міді та латуні з вмістом міді 58 %	-
ПСр-25	Паяння дрібних деталей	Для деталей, що потребують чистоти шва і високих пластичних властивостей
ПСр-45	Паяння відповідальних мідних і бронзових деталей	Для збереження високої електропровідності та пластичності шва
ПСр-65	Паяння стрічкових пил	-
ПСр-70	Паяння струмоведучих частин	-
<i>Мідно-цинкові (ГОСТ 21737-80)</i>		
ПМЦ-36	Паяння латуні Л59, легованих латуней	-
ПМЦ-48	Паяння латуні	-
ПМЦ-54, Л62	Паяння міді, бронзи, сталі	-
ЛОК 62-06-04	Паяння деталей зі сталі і чавуну	-
Л63, Л68	Паяння вуглецевих сталей і міді	-
МЦН 48-10 ЛК 62-05 ЛОК 59-1-03	Паяння сірого чавуну	-

<i>Мідно-фосфорні</i>		
ПМФОГІР 6-4-0,03	Паяння міді та її сплавів	Замінник на основі срібла тину ПСР-40 та ін.
<i>Кремній-мідно-алюмінієві</i>		
№ 34 (кремній 6 %, мідь 28 %, алюміній 66 %)	Для паяння алюмінію і його сплавів	Задовільна стійкість швів проти корозії

Флюси застосовують для захисту металу в процесі паяння від окислення: для *м'яких припоїв* — хлористий цинк, соляну кислоту, нашатир, каніфоль; *твердих* — зневоднену порошкову буру або її суміш з борною кислотою. Хлористий цинк застосовують при паянні сталей, латунних і мідних виробів. Соляну кислоту, розбавлену наполовину водою, використовують при паянні цинкових і оцинкованих виробів, на поверхні яких вона перетворюється у хлористий цинк.

При паянні *алюмінієвих сплавів* у якості флюсів застосовують складні за хімічним складом суміші: фтористого натрію, хлористих літію, калію, цинку та ін. Хлористі солі мають здатність розчиняти алюміній, тому їх роль у флюсах є основною. Хлористі літій і калій вводять до складу флюсів для зниження температури плавлення.

При паянні алюмінію м'якими припоями застосовують таку суміш: 3 мас. ч. деревного масла; 2 мас. ч. каніфолі; 1 мас. ч. кальцинованого хлористого цинку.

Для паяння алюмінію та його сплавів використовують також флюс 34А, що складається з 10% фтористого натрію, 8% хлористого цинку; 32% хлористого літію, 50% хлористого калію.

Одним із флюсів для паяння *нержавіючих сталей* є пастоподібна суміш бури і борної кислоти (порівну), замішана у насиченому розчині хлористого цинку. Застосовують також флюс 200, який складається із 70% борної кислоти, 21% бури і 9% фтористого калію; цей флюс підходить для паяння конструкційних і нержавіючих сталей, а також жароміцних сплавів латунню з твердими припоями.

Хімічний склад і застосування флюсів указані в *табл. 14.3 та 14.4.*

Флюси покращують умови змочування поверхні металу розплавленим припоєм, захищають метал і присадку від окиснення, розчиняють існуючі оксидні плівки.

Таблиця 14.3 - Флюси для низькотемпературного паяння

Склад флюсу	Застосування
Каніфоль	Паяння міді та її сплавів
Хлористий цинк 25...30% Хлористий амоній 5...20 % Вода 50...70 %	Паяння сталі, міді, мідних сплавів
Насичений розчин хлористого цинку в соляній кислоті	Паяння нержавіючої сталі
Хлористий цинк 85 % Хлористий амоній 10 % Фтористий натрій 5 %	Паяння алюмінію

Флюсом для паяння чавуну (сірого чи ковкого) служить бура (60%) з додаванням хлористого цинку (38%) і марганцевокислого калію (2%). До цього флюсу, крім того, входить перекис марганцю (або хлорат калію), який сприяє вигорянню графіту з поверхні металу і тим самим забезпечує одержання чистої, добре змочуваної припоєм поверхні.

Флюсом для паяння свинцевих сплавів може служити стеарин.

Таблиця 14.4 - Флюси для високотемпературного паяння

Флюс	Застосування	Примітка
Бура 100 %	Паяння міді, латуні, бронзи, сталі, чавуну	Припої мідно-цинкові та срібні
Бура 50 %, Борна кислота 50 %	Паяння нержавіючої сталі	Флюс у вигляді пасти
Бура 40 %, Борна кислота 40 %, Сода 20 %	Паяння латуні та міді	Припої срібні
Борна кислота 50...60 %, Вуглекислий літій 20...25%	Паяння чавуну	Припої латунні
Борна кислота 55...45 %, Калій фтористоводневий 45...55 %	Паяння надтвердих сплавів і високовугле-цевої інструментальної сталі	-
Борна кислота 80 %, Бура, фтористий калій, літій	Паяння міді з нержавіючими сталями	Флюс у вигляді пасти
Фтористий натрій 8...10 %, Хлористий барій 10...15 %, Хлористий натрій 15...20 %, Хлористий цинк 30...40 %, Решта — хлористий кальцій	Паяння алюмінієвого лиття	Для паяння тріщин
№ 34	Паяння алюмінію	-

Для паяння, крім припоїв та флюсів, необхідні паяльник, паяльна лампа, металева щітка, напилки, шабери, лещата, струбцини й різні затискачі.

Паяльники можуть бути звичайними і електричними. Вибір паяльника визначається формою і розміром деталей, що з'єднують, а також характером паяльних робіт.

Техніка паяння. Перед паянням деталі очищають від бруду, окалини, оксидів, жиру. Порошкові флюси насипають тонким шаром на кромки, причому часто застосовують попередній підігрів, щоб крупинки флюсу плавилась, прилипали до металу і не здувались полум'ям пальника. Крім того, порошкоподібний флюс наносять на кінець прутка припою. Пасти і розчини наносять помазками або обмочують у них припої.

При паянні використовують з'єднання (рис. 14.1): внапусток, стикові, з відбортовкою, втулочні, трубчасті, спеціальні. Зазор між поверхнями деталей повинен бути мінімальним.

Після очищення, поверхні деталей лудять, закріплюють у пристосуваннях, встановивши необхідний зазор (табл. 14.5).

При паянні м'якими припоями місця з'єднання виробів зачищають і підганяють одне до одного, потім лудять і покривають флюсом. Клин паяльника зачищають напилком під кутом $25...40^\circ$ і нагрівають до температури плавлення припою. Перегрітий паяльник сильно окислюється, і його важко облудити припоєм, а недогрітий облуджується нерівномірно.

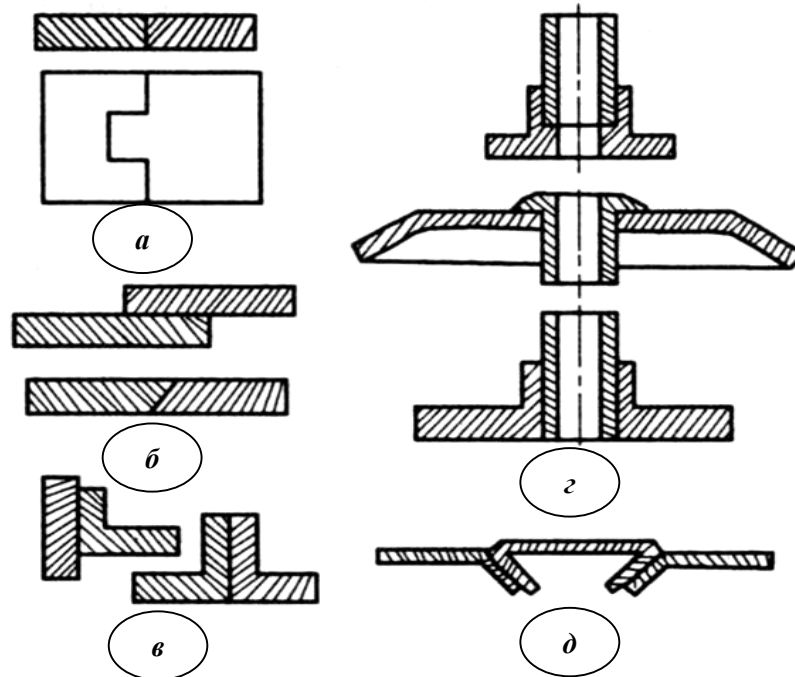


Рис. 14.1. Типи паяних з'єднань

a — стикові; б — внапуск; в — з відбортковою; г — втулочні; д — спеціальні

Зачищені поверхні виробів прогрівують напилком, одночасно вносячи розплавлений припій у шов. Зазор між з'єднуваними кромками повинен бути $0,2...0,4$ мм, тоді рідкий припій проникає в нього і краще їх скріплює. Після накладання припою шов зачищають, промивають і сушать.

Таблиця 14.5- Рекомендовані зазори при паянні металів

Припої	Зазор при паянні, мм		
	міді та її сплавів	сталі	алюмінію
Срібний	0,05...0,25	0,03...0,12	-
Мідно-цинковий	0,06...0,3	0,12	-
Латунний	0,075...0,3	0,12	-
Олов'яно-свинцевий (низькотемпературний)	0,05...0,15	0,05...0,15	-
Кремнійо-мідно-алюмінієвий (високотемпературний)	-	-	0,1...0,3

При паянні твердими припоями місце з'єднання готують так само, як і при паянні м'якими припоями. Потім вироби розміщують так, щоб припій після розплавлення затікав у шов. Місце з'єднання покривають флюсом і накладають припій, змішаний з бурою, після чого деталь розігрівають до температури, при якій припій розплавляється і затікає у шов. Готовий шов зачищають, деталь кип'ятять у водному розчині (на 1 л води 100 г каустичної соди і 50 г машинного масла), промивають у воді і насухо протирають.

Особливості паяння ємностей для зберігання горючих рідин. Паяння посудин (бочок, бідонів) для горючих рідин або газів, для запобігання вибуху, потребує особливих заходів безпеки.

Перш за все, їх ретельно промивають. Перед паянням їх повністю заповнюють водою і витримують деякий час для остаточного видалення випарів залишків пального. Зливши, воду починають паяння. Перед паянням можна також пропарити або промити бак гарячою водою до зникнення запаху пального (краще промити 6%-ним розчином каустичної соди). Непромику посудину до робочого місця підносити не можна, бо при паяльній лампі, що працює, найменша необережність може викликати вибух.

Коли паяння завершене і виріб повністю охолов, із шва знімають залишки припою, його промивають і висушують у сушарці сухою тирсою або стиснутим повітрям.

Паяння труб виконують у такій послідовності: очищають терпугом або шабером місце паяння; на місце спаю наносять пензлем флюс, прикладають нагрітий і полуджений паяльник і пруток до місця паяння, розплавляють припій, рівномірно, повільно, безперервно переміщують паяльник на лінії шва, даючи припою заповнити шов. Після завершення паяння й повного охолодження труби видаляють флюс і промивають трубу в теплій воді.

Особливості паяння деяких металів і сплавів. Низьковуглецеві сталі добре піддаються паянню як м'якими, так і твердими припоями. Як м'які припої – застосовують олов'яно-свинцеві, а як флюс – хлорид цинку або каніфоль.

Високовуглецеві та інструментальні сталі можна паяти мідно-цинковими і срібними припоями.

Паяння чавунних деталей виконують латунями і срібними припоями. Перед паянням деталі очищають від оксидів, масла, а оброблювану поверхню зачищають механічним способом. Потім у місці паяння киснево-ацетиленовим полум'ям з надміром кисню випалюють вільний графіт, деталі прогрівають, очищають від оксидів і покривають бурою. Нагрівання можна здійснювати паяльною лампою, не допускаючи нагрівання деталі понад 900°C .

Після завершення паяння чавунні деталі відпалюють, нагрівають до $700\ldots 750^{\circ}\text{C}$, витримують при цій температурі протягом $20\ldots 25$ хв., потім охолоджують на повітрі. Якісніший шов утворюється тоді, коли поверхні деталей, що паяються, до паяння були покриті міддю.

Паяння нержавіючих сталей пов'язане з деякими труднощами, бо внаслідок хімічного впливу кисню на легувальні елементи при нагріванні відбувається окислення поверхні сталі. З метою вилучення оксидів і подальшого запобігання їх утворенню застосовують різноманітні флюси (наприклад, буру). Нержавіючі сталі паяють припоєм ПСр45.

Мідь і її сплави добре паяються усіма способами.

Паяння алюмінію досить складна операція, бо алюміній швидко окислюється на повітрі, покриваючись дуже тонкою оксидною плівкою, яка важко піддається паянню.

Оксидну плівку видаляють у процесі паяння механічним, хімічним або ультразвуковим способами. Перед паянням поверхню виробу обезжирюють у бензині або гарячому 10% розчині каустичної соди, а потім протравлюють у розчині кислоти або зачищають. При механічному способі видалення оксидів місце шва нагрівають до температури плавлення припою, наносять розплавлений припій (цинк, олово або їхні сплави) і шабером або щіткою під шаром припою руйнують оксидну плівку. Припій змочує поверхню алюмінію і після охолодження утворює шов.

Для видалення залишків флюсу виріб після паяння промивають.

Основними дефектами при паянні є погане з'єднання припою з поверхнями деталей, утворення бульбашок і пор та незадовільне формування шва. Щоб запобігти браку, ретельно готують вироби до паяння, виконують їх при відповідних температурах, правильно підібраних флюсі та припої.

14. 2. Лудіння

Лудінням називається технологічний процес покриття поверхні металевих виробів тонким шаром сплаву (олова, сплаву олова зі свинцем тощо), який називається *полудою*.

Лудіння, як правило, застосовують в підготовці деталей до паяння, а також для захисту виробів від корозії, окислення.

Лудіння є підготовчою операцією при заливанні підшипників бабітом. Полуду виготовляють так, як і припій. Як полуду використовують олово і сплави на його основі.

Сплавами олова зі свинцем і цинку лудять металеві вироби з метою збереження їх від іржі. Красиву білу й блискучу полуду для лудіння художніх виробів дістають зі сплавів олова з вісмутом (відповідно 90 і 10%).

Процес лудіння складається з підготовки поверхні, виготовлення полуди та її нанесення на поверхню.

Підготовка поверхні для лудіння залежить від вимог, що ставляться до виробу і способу нанесення полуди. Перед покриттям оловом поверхню обробляють щітками, шліфують, обезжирюють і травлять.

Щітками обробляють звичайно поверхні, покриті окалиною або сильно забруднені. Перед обробкою вироби промивають чистою водою, а при обробці застосовують для прискорення процесу дрібний пісок, пемзу і вапно.

Нерівності на виробах видаляють шліфуванням абразивними кругами і шкурками.

Хімічне обезжирювання здійснюють у водному розчині каустичної соди (на 1 л води 10 г соди). Розчин наливають у металевий посуд і нагрівають до кипіння. У нагрітий розчин занурюють на 10...15 хв. деталь, потім виймають її, промивають у чистій, кілька разів змінений теплій воді й просушують. На добре обезжиреній поверхні краплі чистої води розтікаються.

Жирові речовини вилучають віденським вапном, мінеральні масла - бензином, гасом та іншими розчинниками. Мідні, латунні й сталеві вироби травлять протягом 20...23 хв. у 20...30% розчині сірчаної кислоти з підігріванням.

Способи лудіння. Лудіння здійснюють двома способами – зануренням у полуду (невеликі вироби) і розтиранням (великі вироби).

Лудіння зануренням здійснюють у чистому металевому посуді, до якого закладають, а потім розплавляють полуду, насипаючи на поверхню дрібні шматочки деревного вугілля для запобігання окисленню. Повільно зануливши виріб у розплавлену полуду (рис. 14.2, а), тримають його у ній до прогрівання, а потім виймають, швидко обтрушуючи. Залишки полуди знімають, протираючи клоччям, обсипаним порошкоподібним нашатирем. Потім виріб промивають у воді й сушать у тирсі.

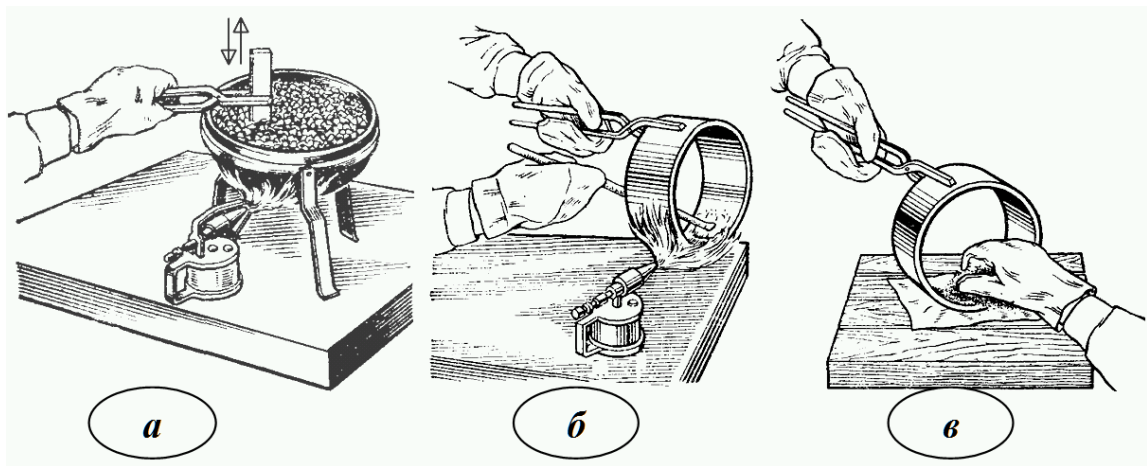


Рис. 14.2. Лудіння: а - занурення деталі у ванну з полудою (на розплавленій полуді шматочки деревного вугілля); б - нагрівання деталі; в - розтирання полуди

Лудіння розтиранням виконують, попередньо нанісши на очищене місце волосяною щіткою або клоччям хлористий цинк. Потім рівномірно нагрівають поверхню виробу до температури плавлення полуди, яка наноситься прутком (рис. 14.2, б). Обсипавши клоччя порошкоподібним нашатирем, розтирають ним нагріту поверхню так, щоб полуда розподілялася рівномірно (рис. 14.2, в). Після цього нагрівають і в тому самому порядку лудять інші місця.

Після лудіння охололий виріб протирають змоченим водою піском, промивають водою і сушать.

14. 3. Клепання

Клепанням називається з'єднання двох або кількох деталей за допомогою заклепок — циліндричних стержнів з головкою на одному кінці.

З'єднання деталей здійснюється внаслідок деформування виступаючого кінця заклепки, з якого утворюється друга головка (замикачка).

Цей вид з'єднання відноситься до групи нероз'ємних, через те, що роз'єднання склепаних деталей можливе тільки шляхом руйнування заклепки.

Заклепкові з'єднання застосовують для виготовлення конструкцій, що працюють в умовах ударних і вібраційних навантажень. Також для з'єднання деталей, які погано зварюються, не допускають нагрівання, тонкостінних, з листового матеріалу і тому подібне.

Розрізняють заклепкові з'єднання трьох видів: *міцні з'єднання* (мостобудування, вагонобудування, літакобудування); *міцнощільні* (котли, цистерни, корпуси пароплавів); *щільні* (резервуари малої місткості, димові труби).

За розподілом навантаження заклепки поділяють на однозрізні і двозрізні.

Залежно від розміщення заклепок шви бувають однорядні, дво- і трирядні. Найчастіше застосовують шахове розміщення заклепок.

За конструкцією заклепкові шви бувають: внапусток (рис. 14.3, а), з однією накладкою (рис. 14.3, б), та внапусток дворядний у шаховому порядку (рис. 14.3, в).

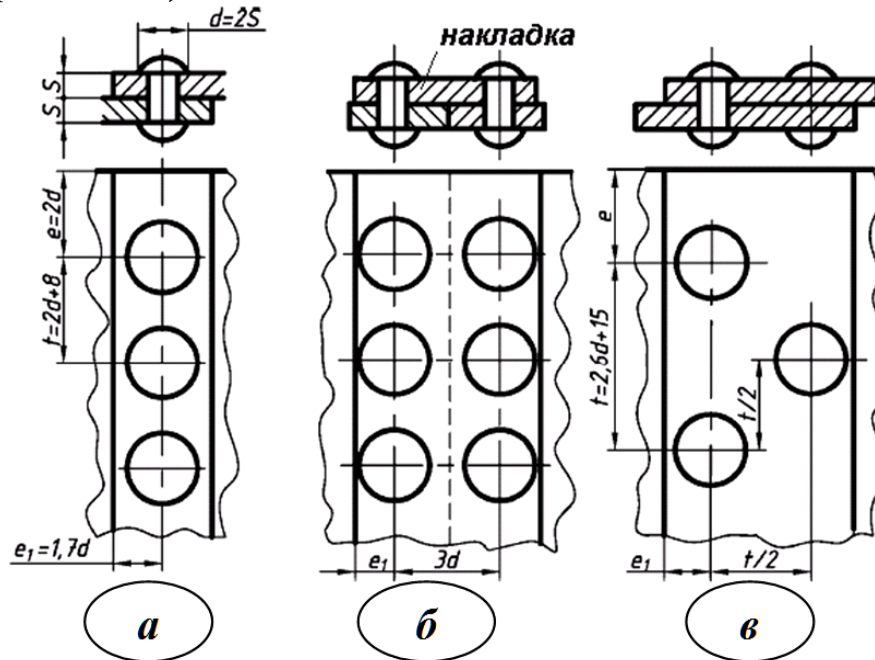


Рис. 14.3. Заклепкові з'єднання і шви: **а** — внапусток однорядний; **б** — стикове з накладкою дворядний; **в** — внапусток дворядний

Застосування заклепочних з'єднань поступово скорочується внаслідок удосконалення технології зварювального виробництва, паяння і склеювання.

Клепання дрібними заклепками (діаметром до 10 мм) виконують у холодному стані, а заклепками діаметром більше 10 мм — у нагрітому, при якому стрижень заклепки нагрівають до 1000...1100°C.

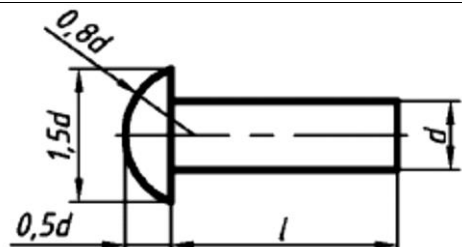
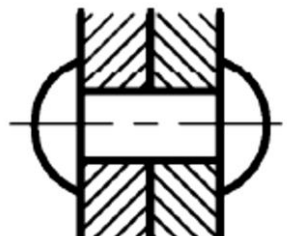
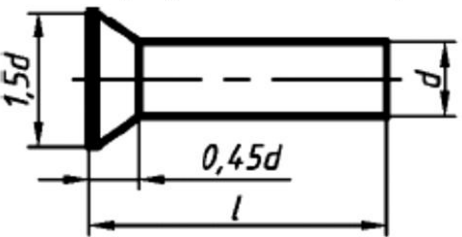
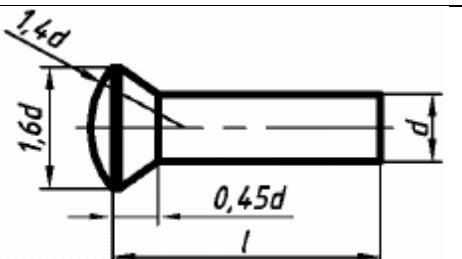
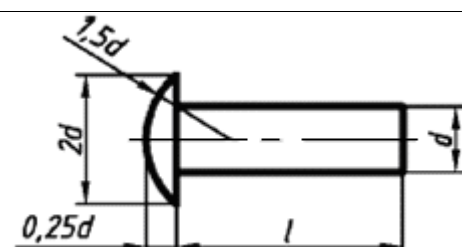
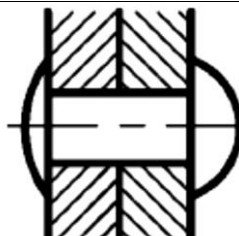
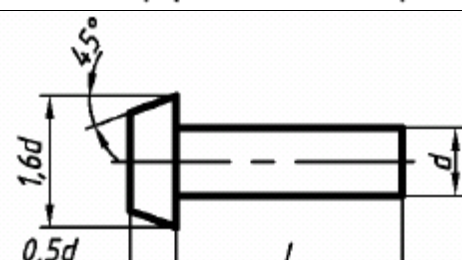
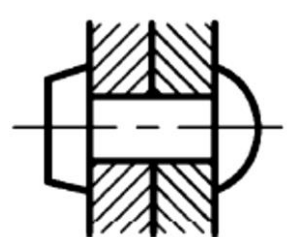
Холодне або гаряче клепання проводиться в залежності від діаметра заклепок: до $d = 8$ мм — тільки холодне; при $d = 8...12$ мм — як гаряче так и холодне; при $d > 12$ мм — тільки гаряче.

Заклепкові з'єднання мають ряд недоліків: збільшення маси клепаних конструкцій; ослаблення склепаного матеріалу в місцях утворення отворів під заклепки; збільшення технологічних операцій.

Типи заклепок. Заклепка, стрижень круглого перетину із заздалегідь виготовленою заставною голівкою на одному кінці і замикаючою голівкою на іншому, яка утворюється в процесі клепання.

Розрізняють заклепки з напівкруглою голівкою, потайною, напівпотайною, циліндричною і конічною. Розміри цих заклепок вказані в стандартах (див. таблицю 14.6).

Таблиця 14.6 – Типи заклепок

Зображення заклепки	Назва і номер стандарту	Зображення з'єднання
	Заклепка з напівкруглою головкою ДСТУ ГОСТ 14797:2008	
	Заклепка з потайною Головкою (кут 120°) ДСТУ ГОСТ 14799:2008	
	Заклепка з потайною головкою (кут 90°) ДСТУ ГОСТ 14798:2008	
	Заклепка с напівкруглою низькою головкою ГОСТ 10302–80	
	Заклепка с плоскою головкою ДСТУ ГОСТ 14801:2008	

Заклепки виготовляють із сталей 10кп, 20кп, 09Г2, ХІ8Н9Т; латуні Л62, міді МЗ, алюмінієвих сплавів АДІ, ДІ8П і ін. сплавів, достатньо пластичних для формування голівок. Матеріал заклепки вибирають однорідним з матеріалом з'єднуваних деталей для того, щоб уникнути електрохімічної корозії.

Окрім стандартних, застосовують спеціальні заклепки: вибухові, трубчасті і ін.

Вибухові заклепки (рис. 14.4) мають у вільному кінці стрижня поглиблення (камеру), заповнену вибуховою речовиною захищеною від вологи шаром лаку.

Клепку вибуховими заклепками здійснюють в тих випадках, коли неможливо зробити замикаючу головку.

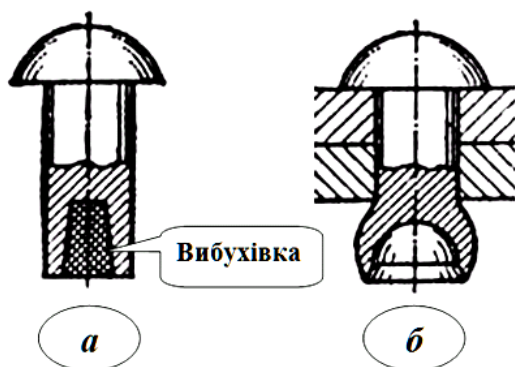


Рис. 14.4. Вибухова заклепка:

а — до установки;

б — після виконання з'єднання.

Клепання *трубчастими заклепками* полягає в установці заклепки з порожнистим стрижнем в отвір, потім заклепку осаджують, тим самим підтягуючи деталі одна до одної і розклепують.

Заклепки ЦАГИ складаються з двох часток – пістона і гартованого сердечника (із сталі 30ХМА).

Заклепки з сердечниками (витяжні) мають порожнистий стрижень (пістон) 2, в який поміщений сердечник 1 з потовщеною головкою 3 на кінці (див. рис. 14.5).

Процес клепки виконується за допомогою ручного преса 4 шляхом протягування сердечника 1 крізь пістон 2 і впресовування його в стінки отвору, а при подальшому протяганні замикаюча голівка 3 входить в пістон і розвальцьовує його.

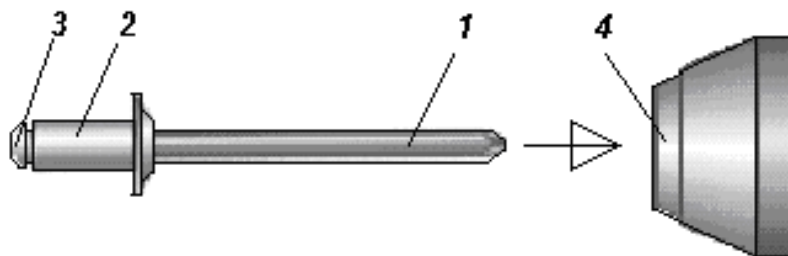


Рис. 14.5. Заклепка з сердечником (ВИТЯЖНА):

1 — сердечник; 2 — пістон; 3 — головка; 4 — головка преса

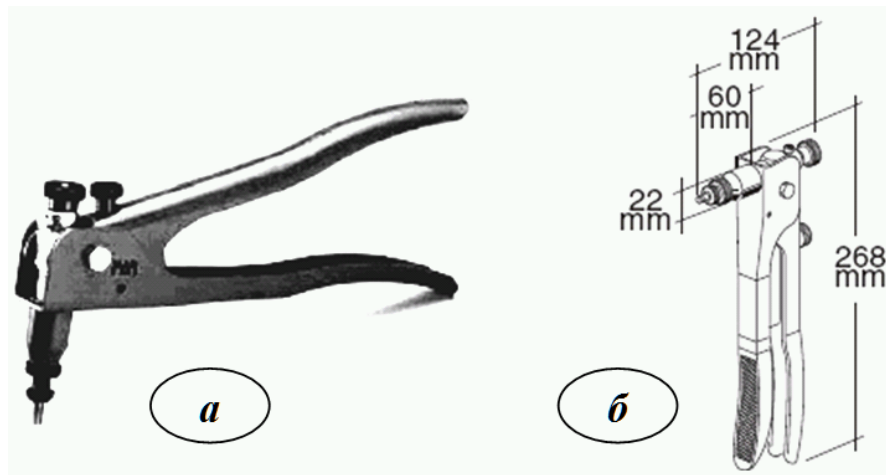
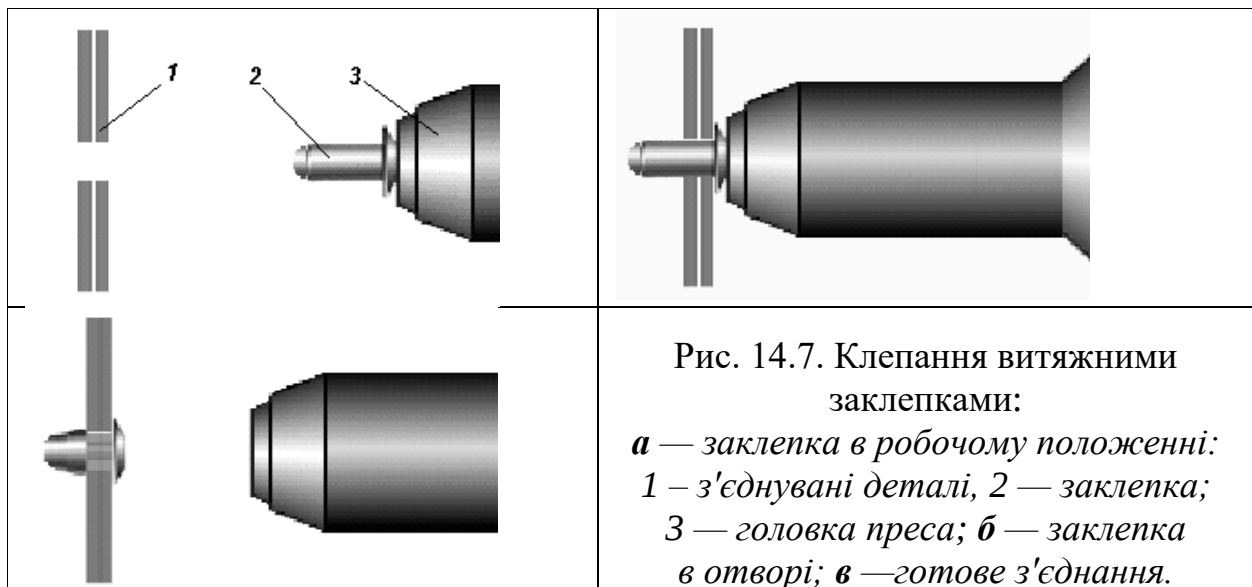
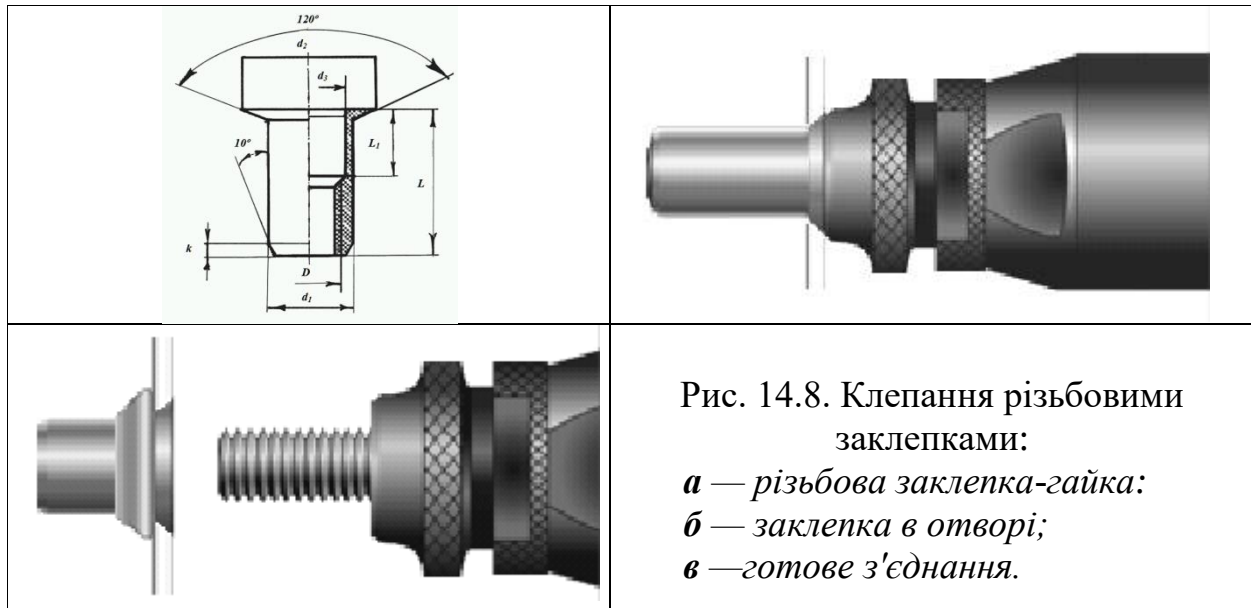


Рис. 14.6. Ручний прес:
а — загальний вигляд; **б** — габаритні розміри.

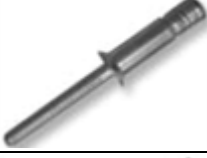
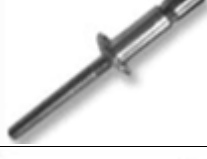
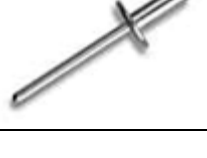




Різьбові заклепки-гайки поставляються у вигляді циліндричних, або шестигранних втулок із внутрішньою різьбою у потовщеному кінці (рис.14.8, а). Гайки можуть мати фланці у різному виконанні (потайні, потайні рифлені, широкі).

Процес з'єднання відбувається під час вгвинчування гвинта в розміщену в отворі заклепку (рис. 14.8, б). Зусилля, які виникають у різьбовому з'єднанні, викликають деформацію тонкостінної частини заклепки-гайки, яка зминаючись впресовується в стінки отвору і розвальцьовує його. Після установки залишається невеликий виступ (рис. 14.8, в).

Таблиця 14.7 – Типи заклепок (витяжних і різьбових)

Заклепки витяжні		Різьбові заклепки-гайки	
	тягова заклепка, стандартний буртик		різьбова заклепка-гайка, потайний фланець
	тягова заклепка глуха, стандартний буртик		різьбова заклепка-гайка, потайний рифлений фланець
	тягова заклепка пелюсткова		різьбова заклепка-гайка, потайний фланець
	тягова заклепка посилена, потайний буртик		різьбова заклепка-гайка шестигранна, потайний фланець
	тягова заклепка посилена, стандартний буртик		різьбова заклепка-гайка, шестигранна широкий фланець
	тягова заклепка, потайний буртик		різьбова заклепка-гайка, широкий фланець
	тягова заклепка збільшений буртик		різьбова заклепка-гайка, широкий рифлений фланець

Таблиця 14.8 - Товщина з'єднаних матеріалів і діаметр отвору під витяжну заклепку

Розмір	Товщина з'єднаних матеріалів	Діаметр буртика, мм	Діаметр отвору, мм
3.0 x 6	1.5 ... 3.5	6.5	3.1 ... 3.2
3.0 x 8	3.5 ... 5.5		
3.0 x 10	5.5 ... 7.0		
3.0 x 12	7.0 ... 9.0		
3.0 x 14	9.0 ... 11.0		
3.0 x 16	11.0 ... 13.0		
3.0 x 18	13.0 ... 15.0		
3.0 x 20	15.0 ... 17.0		
3.2 x 6	1.5 ... 3.5	6.5	3.3 ... 3.4
3.2 x 8	3.5 ... 5.0		
3.2 x 10	5.0 ... 7.0		
3.2 x 12	7.0 ... 9.0		
3.2 x 14	9.0 ... 11.0		
3.2 x 16	11.0 ... 13.0		
3.2 x 18	13.0 ... 15.0		
3.2 x 20	15.0 ... 17.0		
3.2 x 25	17.0 ... 22.0		
4.0 x 6	1.5 ... 3.0	8.0	4.1 ... 4.2
4.0 x 8	3.0 ... 5.0		
4.0 x 10	5.0 ... 6.5		
4.0 x 12	6.5 ... 8.5		
4.0 x 14	8.5 ... 10.5		
4.0 x 16	10.5 ... 12.5		
4.0 x 18	12.5 ... 14.5		
4.0 x 20	14.5 ... 16.5		
4.0 x 22	16.5 ... 18.0		
4.0 x 25	18.0 ... 21.5		
4.0 x 26	18.5 ... 22.5		
4.0 x 28	21.5 ... 24.0		
4.0 x 30	21.5 ... 26.0		
4.8 x 6	1.0 ... 3.0	9.5	4.9 ... 5.0
4.8 x 8	3.0 ... 4.5		
4.8 x 10	4.5 ... 6.0		
4.8 x 12	6.0 ... 8.0		

Розмір	Товщина з'єднуваних матеріалів	Діаметр буртика, мм	Діаметр отвору, мм
4.8 x 14	8.0 ... 10.0		
4.8 x 16	10.0 ... 12.0		
4.8 x 18	12.0 ... 14.0		
4.8 x 20	14.0 ... 16.0		
4.8 x 22	16.0 ... 18.0		
4.8 x 23	16.5 ... 19.0		
4.8 x 24	17.0... 20.0		
4.8 x 25	18.0 ... 21.0		
4.8 x 28	21.0 ... 23.5		
4.8 x 30	23.0 ... 25.0		
4.8 x 32	25.0 ... 27.0		
4.8 x 35	25.0 ... 30.0		
4.8 x 40	30,0 ...35.0		
4.8 x 50	40,0 ...45.0		
5.0 x 6	0.5 ... 2.5	9.5	5.1 ... 5.2
5.0 x 8	2.5 ... 4.5		
5.0 x 10	4.5 ... 6.0		
5.0 x 12	6.0 ... 8.0		
5.0 x 14	8.0 ... 10.0		
5.0 x 16	10.0 ... 12.0		
5.0 x 18	12.0 ... 14.0		
5.0 x 21	14.0 ... 17.0		
5.0 x 25	17.0 ... 20.0		
5.0 x 27	20.0 ... 23.0		
5.0 x 30	23.0 ... 25.0	12.0	6.1 ... 6.2
6.0 x 8	2.0 ... 4.0		
6.0 x 10	4.0 ... 6.0		
6.0 x 12	6.0 ... 8.0		
6.0 x 14	7.0 ... 9.0		
6.0 x 16	9.0 ... 11.0		
6.0 x 18	11.0 ... 13.0		
6.0 x 22	13.0 ... 17.0		
6.0 x 26	17.0 ... 20.0		
6.0 x 30	20.0 ... 24.0	13.0	6.5 ... 6.6
6.4 x 8	2.0 ... 4.0		
6.4 x 10	2.0 ... 5.0		
6.4 x 12	4.0 ... 6.0		

Розмір	Товщина з'єднуваних матеріалів	Діаметр буртика, мм	Діаметр отвору, мм
6.4 x 14	6.0 ... 8.0		
6.4 x 16	8.0 ... 11.0		
6.4 x 18	9.0 ... 13.0		
6.4 x 20	11.0 ... 15.0		
6.4 x 22	13.0 ... 16.0		
6.4 x 25	15.0 ... 19.0		
6.4 x 26	16.0 ... 20.0		
6.4 x 28	17.0 ... 22.0		
6.4 x 30	18.0 ... 24.0		
6.4 x 32	22.0 ... 26.0		
6.4 x 35	24.0 ... 30.0		
6.4 x 40	30.0 ... 35.0		
6.4 x 45	35.0 ... 40.0		

Процес клепання включає такі операції: виготовлення отвору і гнізда під заклепку (рис. 14.9, а); встановлення заклепки в отвір і ущільнення склепуваних листків за допомогою натяжки 1 і підтримки 2 (рис. 14.9, б); осаджування стержня заклепки (рис. 14.9, в); обробка молотком виступаючого кінця заклепки і формування другої головки (рис. 14.9 г); остаточне оформлення замикачки за допомогою обтискача (рис. 14.9, д). Також при ручному клепанні застосовують слюсарні молотки з квадратними бойками і карбівки. Клепання механізують за допомогою пневматичних і електричних клепальних молотків, спеціальних клепальних машин і пресів.

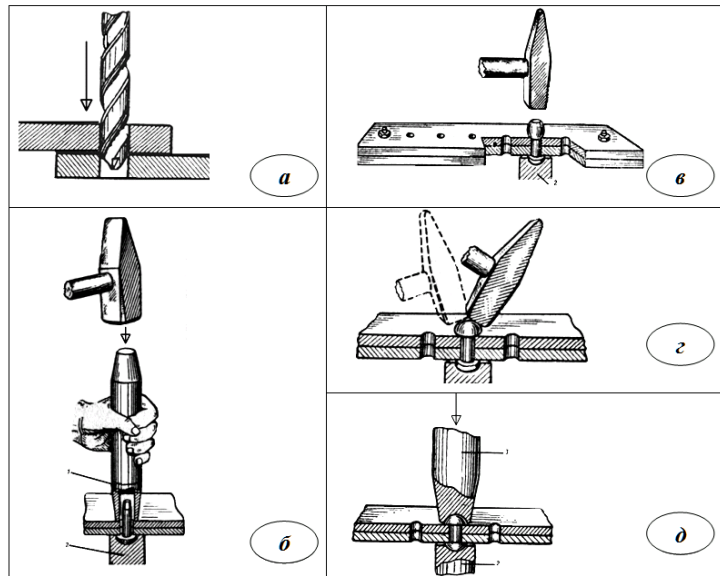


Рис. 14.7. Процес клепання:

а — свердління отвору; *б* — ущільнення склепуваних листків за допомогою натяжки; *в* — осаджування стержня заклепки; *г* — осаджування стержня заклепки; *д* — остаточне оформлення замикачки за допомогою обтискача;
1 — натяжка, 2 — підтримка, 3 — обтискач

Щоб одержати високу якість шва, заклепки потрібно правильно розмістити по довжині з'єднання. При близькому розміщенні заклепок виникає слабкість з'єднання деталей, при дуже рідкому — міцність і герметичність шва може бути недостатньою. Необхідну кількість заклепок, їх діаметр і довжину визначають за розрахунками.

Діаметр витяжних заклепок вибирають залежно від товщини з'єднуваних листів (деталей) за даними *таблиці 14.8*, а стандартних за формулою:

$$d_3 = 2S_{\text{тов}} \quad (14.1)$$

де d_3 — діаметр заклепки, мм;

$S_{\text{тов.}}$ — товщина з'єднуваних листів, мм.

Крок заклепок розраховують за формулою:

$$t_{\text{кр}} = 3d_3 + 2 \quad (14.2)$$

Відстань від центра заклепки до краю листа повинна бути не менше $1,5d_3$.

Довжина стержня заклепки при потайному клепанні повинна становити:

$$l_c = S_{\text{тов}} + (0,8—1,2)d_3 \quad (14.3)$$

а при утворенні напівкруглої головки:

$$l_c = S_{\text{тов}} + (1,2—1,5)d_3 \quad (14.4)$$

Міцність заклепок перевіряють постукуванням молотка по з'єднаних деталях. Якщо з'єднання слабке, звук буде деренчливим. Заклепки, що дають такий звук при ударі, мають тріщини або нещільно прилягають до склепуваних деталей, замінюють новими.

СПИСОК

РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуляев А. П. Металловедение. Москва.: Металлургия, 1977. 647 с.
2. Технология металлов и материаловедение / Под ред. Л. Ф. Усовой. Москва : Металлургия, 1987. – 800 с.
3. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. Москва : Машиностроение, 1990. 528 с.
4. Металловедение и технология металлов ; под ред. Ю. П. Солнцева. Москва: Металлургия, 1988. 512 с.
5. Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – К.: Вища школа, 1991. – 392 с.
6. Технологія конструкційних матеріалів / За ред. М. А. Сологуба. - 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.
7. Василь Попович. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга I (Частина I, II і III): Навчальний посібник для ВНЗ. – Львів, 2000. – 264 с.
8. Василь Попович, Володимир Голубець. Технологія конструкційних матеріалів. Книга II: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – Суми: ВДТ "Університетська книга", 2002. – 260 с.
9. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали: Переклад з російської. – К.: Вища школа, 1984. – 344 с.
10. Дальский А. А., Арутюнова Н. А., Барсукова Т. М. Технология конструкционных материалов / Под ред. А. А. Дальского. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
11. Технология конструкционных материалов. Учебное пособие для вузов / Под общей ред. А. А. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
12. Мозберг Р. К. Материаловедение: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 448 с.
13. Макієнко М. І. Загальний курс слюсарної справи: Підручник / Пер. з рос. В. К. Сидоренко. – К.: Вища шк., 1994. -311с.
14. Металловедение: Учебник для техникумов. Самохоцкий А. И., Кунявский М. Н., Кунявская Т М., Парфеновская Н. Г., Бистрова Н. А. – М.: Металлургия, 1990. – 416 с.
15. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів. Книга 1. Виробництво чорних і кольорових металів та основи металознавства: Навчальний посібник. – Вінниця: ДОВ "Вінниця", 2002. – 440 с.
16. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – Київ: Кондор, 2006. – 528 с.
17. Зуев В. М. Термическая обработка металлов: Учеб. для сред. ПТУ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с.

18. Технология металлов и конструкционные материалы / Под общ. ред. Б. А. Кузьмина. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
19. Жадан В. Т., Гринберг Б. Г., Никонов В. Я. Технология металлов и других конструкционных материалов. – М.: Высшая школа, 1970. – 704 с.
20. Драгун А. П. Режущий инструмент. - Л.: Лениздат, 1986. – 271 с.
21. Мохорт А.В., Чумак М.Г. Термічна обробка металів: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2002. – 512 с.
22. Збаравська Л.Ю., Гуцол Т.Д, Мельник В.А. Підвищення фахових знань студентів за допомогою використання міжпредметних зв'язків та прикладних фізичних завдань / Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти, 2014. – с. 230-237
23. Taras Gucol, Ivan Bendera, Janusz Nowak. Grounding the parameters of the pneumatic device for pests collecting Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. 2007. P. 35-40.
<http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot7a/Gucol.pdf>
24. Taras Gutcol, Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk. Theory of the ploughing mechanism of the sugar beet combine harvester Agricultural Engineering / Inżynieria Rolnicza. 2014. P. 23-44
[https://ir.ptir.org/artykuly/en/152/IR\(152\)_3606_en.pdf](https://ir.ptir.org/artykuly/en/152/IR(152)_3606_en.pdf)
25. Scientific achievements in agricultural engineering, agronomy and veterinary medicine: Polish-Ukrainian cooperation [Electronic resource]: scientific monograph. State Agrarian and Engineering University in Podilya, Agriculture University in Kraków. Vol. I. Kraków: Traicon,. 170.

ПРЕДМЕТНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Алотропія 13
Анізотропія 14
Аустеніт 42
Алюміній 69
Азбоволокніт 93
Азбестотекстоліт 94
Азотування 135
Абразивні матеріали 248

Б

Бронза 68
Бабіт 71
Барвник 87
Бороволокніти 98

В

Властивості металів:
 механічні 17
 фізичні 18
 хімічні 19
 технологічні 19
В'язкість ударна 18, 30
Вуглець 42
Волокніт 93
Відпалювання:
 рекристалізаційне 118
 дифузійне 119
 повне 119
 неповне 120
 сферодизуюче 120
 ізотермічне 121
Відпускання:
 низьке 127
 середнє 127
 високе 127
Взаємозамінність 163
Вибивання 206
Вороток 234

Г

Графіт 42
Гетинакс 94
Гума 99
Гартування:
 об'ємне 123
 поверхневе 123
 ізотермічне 123
 ступінчасте 123
Гнуття 208
Гострогубці 210

Д

Дефекти внутрішньої кристалічної будови металів:
 точкові 15
 лінійні 15
 поверхневі 16
Деформація:
 пружна 17
 пластична 17
Діаграма стану залізо-вуглець 43
Дюралюміній 69
Деревношаруватий пластик 94
Дифузійна металізація:
 хромування 139
 алітування 139
 силіціювання 139
 борування 140
Допуск 166
Доведення 247

З

Зварюваність 19
Залізо 41
Затверджувач 86
Загартовуваність 124
Зубило 200
Зенкерування 219, 226
Зенкування 220, 226

К

Критична точка 13
Кристаліт 15
Ковкість 19

Спечені порошкові матеріали:

- конструкційні 75
- антифрикційні 75
- фрикційні 75
- пористі 75
- композитні 75
- інструментальні 76
- мінералокерамічні 77
- електротехнічні 78

Каталізатор 87

Композитні матеріали:

- полімерні 96
- вуглецеві 96
- металеві 96

Карбоволокніти 97

Клей 102

Квалітет 172

Кернер 198

Крейцмейсель 201

Канавочник 201

Клуп 232

Клепання 268

Л

Ледебурит 43

Латуні:

- прості 68
- спеціальні 68

Лещата:

- стільцеві 149
- поворотні 149
- неповоротні 149
- паралельні 150
- пневматичні 150
- ручні 150

Лудіння 266

М

Матеріалознавство 9

Метал 11

Міцність 18

Міцність утомна 18

Макроструктура 33

Макроаналіз 33
Макрошліф 34
Мікроаналіз 35
Мікроструктура 35
Механічна суміш 39
Мідь 68
Магній 70
мартенсит 111
мікромметр 189
Мікрометричний нутромір 192
Мікрометричний глибиномір 194
Мітчик 232

Н

Наповнювач 85
Нормалізація 122
Нітроцементация 138
Натяг 169
Ножиці:
 ручні 210
 прямі 210
 криві 210
 пальцьові 210
 стільцеві 210
 важільні 210
Ножівка ручна 211
Напилок 215

О

Органоволокніти 99
Обпилювання 215

П

Поліморфізм 13
Полікристал 15
Пружність 17
Пластичність 18
Перліт 42
Полімери:
 органічні 80
 неорганічні 80
 просторові 81
 аморфні 82

кристалічні 82
термопластичні 82
термореактивні 82
Пластмаси 84
Пластифікатор 87
Поліетилен 90
Поліпропілен 90
Полівінілхлорид 90
Поліформальдегід 90
Поліамід 90
Поліакрилат 91
Полістирол 92
Пінопласт 95
Поропласт 95
Перліт 111
Прогартовуваність 124
Посадка 169
Плашка 232
Припасовування 239
Притирання 247
Паяння 257
Припої 258

Р

Решітка кристалічна просторова 12
— — об'ємноцентрована кубічна (ОЦК) 12
— — гранецентрована кубічна (ГЦК) 12
— — гексагональна щільноупакована (ГЩУ) 12
Рідкоплинність 19
Розмітка:
 лінійна 196
 площинна 196
 об'ємна 196
 за кресленням 196
 за шаблонами 196
 за зразком 196
 по місцю 196
Розмічальна плита 197
Рисувалка 197
Рейсмус 197
Рівень 198
Рубання 200
Рихтування 206
Різання 209

Розсвердлювання 219
Розточування 219
Розвертання 228
Розвертка 228
Різьба:
 метрична 230
 трубна 230
 дюймова 230
Розпилювання 238

С

Сплав 11, 38
Сплав твердий 52
Сплав антифрикційний 71
Сплав тугоплавкий 72
Система 40
Сталь :
 конструкційна 46
 кипляча 47
 напівспокійна 47
 спокійна 47
 звичайної якості 47
 якісна 47
 інструментальна 47
 інструментальна високоякісна 47
 легована 49
 низьколегована 50
 високолегована 50
 середньолегована 50
 перлітна 50
 мартенситна 50
 аустенітна 50
 карбідна 50
 феритна 50
 швидкорізальна 53
 будівельна 52
 з особливими тепловими властивостями 52
 поліпшувальна 52
 ресорно-пружинна 52
 підшипникова 52
 нержавіюча 52
 жаростійка 52
 жароміцна 52
 магнітна 52

цементована 52
Силумін 69
Стабілізатор 86
Скловолокніт 93
Скловолокнистий анізотропний матеріал 93
Склотекстоліт 94
Сорбіт 111
Свердління 219
Свердла:
 центрувальні 221
 перові 221
 з пластинками із твердих сплавів 221
 для глибокого свердління 221

Т

Твердість 18,27:
 за методом Брінелля 28
 за методом Роквелла 28
 за методом Віккерса 27
 за методом Шора 27
 за методом Пальді 27
Твердий розчин 39
Твердий розчин заміщення 39
Твердий розчин проникнення 39
Титан 70
Тверді сплави:
 вольфрамові 76
 титановольфрамові 76
 титанотанталовольфрамові 76
Текстоліт 93
тростит 111
Труборіз 213

У

Усадка 19

Ф

Фаза 40
Ферит 42
Фторопласт 91
Флюси 260

Х

Хімічна сполука 40
Хіміко-термічна обробка (ХТО) 129

Ц

Цементит 42
Цементация 131
– у твердому карбюризатор 133
– газова 133
Ціанування (нітроцементация) 136
Цекування 220

Ч

Чавун 43, 53
білий 54
сірий 54
ковкий 54
високоміцний 55

Ш

Шорсткість поверхні 176
Штангенциркуль 186
Штангенглибиномір 188
Штангенрейсмус 188
Шабрування 241
Шабер 241

Тлумачний термінологічний словник

INTERPRETATIVE TERMINOLOGY DICTIONARY

А

1. **Абразивна обробка**, *абразивная обработка, abrasive treatment* – процес обробки матеріалів різанням шляхом знімання шару металу абразивним інструментом. До А.о. належать шліфування, хонінгування, загострювання, доводка, полірування, віброабразивна, абразивно-рідинна обробка та ін. Полірування з застосуванням паст є поєднанням абразивної та хімічної обробки.
2. **Абразивний інструмент**, *абразивный инструмент, abrasive tool* – різ. інструмент, виготовлений з абразивних матеріалів, скріплених зв'язуючою речовиною, призначений для абразивної обробки виробів із металу, скла, пластмаси та ін. матеріалів. А.і. виготовляють об'ємним – у вигляді тіл різної форми /круги, бруски, головки, сегменти/ і площинним – у вигляді тонкого шару абразивних зерен, наклеєних на папір або тканину /шкурка, шліфувальні порошки, пасти/. А.і. характеризується формою та розмірами; видом абразивного матеріалу, його зернистістю; видом зв'язки і ступінню твердості та структурою. А.і. дозволяє отримати найменшу можливу шорсткість поверхні.
3. **Абразивні матеріали**, *абразивные материалы, abrasive material* – дрібнозернисті або порошкоподібні матеріали високої твердості /природні та штучні/, вживані для механічної обробки металів, сплавів, гірських порід, скла, дорогоцінних каменів та ін. Природні А.м. – алмаз, корунд, гранат, кварц, пемза та ін.; штучні – електрокорунд, карбід кремнію та бору, ельбор, синтетичний алмаз та ін. Алмаз за твердістю перевищує всі природні та штучні А.м.
4. **Абразивно-рідинна обробка**, *абразивно-жидкостная обработка, liquid polishing* – опоряджувальна /фінішна/ обробка об'ємно-криволінійних і фасонних поверхонь струменем антикорозійної рідини з суспендованими частками абразивного порошку. А.-р.о. регулюють видом та зернистістю порошку, швидкістю струменя та кутом атаки. А.-р.о. застосовують при обробці як зовн., так і внут. Пов-нь.
5. **Абсолютна похибка (вимірювання)**, *абсолютная погрешность измерения, (absolute) error of measurement* - різниця між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини
6. **Автоматні сталі**, *автоматные стали, free-cutting steel* – сталі, призначені для обробки на металоріз. верстатах-автоматах /напр., сталі АС11, АС40, А40Г та ін./. У них підвищений вміст сірки /до 0,2%/, а часто й фосфору /до 0,15%/, що сприяє утворенню короткої, ламкої, легко відокремлюваної стружки. Оброблені вироби мають гладку й чисту поверхню. А.с. мають знижені міцність, пластичність, в'язкість та корозійну стійкість.

7. **Агломерат**, *агломерат, agglomerate* – грудковий продукт агломерації /спікання/ концентрату збагаченої або пиловидної руди, вапна, коксик у при підготовці їх до плавки.

8. **Агрегатний верстат**, *агрегатный станок, transfer machine* – металорізальний верстат свердильної групи, що складається з кінетично-непов'язаних між собою агрегатів /силових головок/, взаємопов'язаність та послідовність рухів яких задаються єдиною системою управління. Застосовується у складі автоматичних ліній для обробки корпусних деталей складної конфігурації. На А.в. крім свердління виконують розточування, фрезерування, шліфування та інші роботи.

9. **Адгезія**, *адгезия, adhesion* – зчеплення приведених у контакт різнорідних тіл, обумовлених міжмолекулярною /міжатоною/ взаємодією між поверхневими шарами цих тіл. По одиноким випадком А. є когезія коли контактуючі тіла однакові. А. – результат проявлення Ван-дер-ваальсових сил, утворення іонних або металевих зв'язків. Найчастіше зустрічається А. тв. тіл та полімерів, наприклад, при склеюванні матеріалів та нанесенні полімерного покриття.

10. **Адсорбція**, *адсорбция, adsorption* – поглинання речовини з розчинів або газів поверхнею твердого тіла або рідини. А. – один з основних процесів будь-якого виду хіміко-термічної обробки, що виявляється у поглинанні оброблювальною поверхнею атомів насиченого елемента.

11. **Азбест**, *азбест, asbestos* – група мінералів волокнистої будови, здатних розщеплюватись на гнучкі та тонкі /товщ. до 0,5мкм/ волокна. За хімічним складом становить різні водні силікати магнезії, заліза, кальцію та натрію. А. теплостійкий до 550°C, луготривкий, поганий провідник теплоти, електрики та звуку. З А. виготовляють азбестоцементні вироби, папір, фільтри, картон, брезенти, вогнетривкий одяг, гальмівні сорочки, прокладки та інше.

12. **Азот (N)**, *азот, nitrogen* – хімічний елемент, газ без кольору та запаху. Вільний А. – речовина, хімічно досить інертна, вживається як захисний газ гол. ч. При зварюванні міді та її сплавів.

13. **Азотування**, *азотирование, nitriding* – дифузійне насичення азотом поверхневого шару /0,2-0,8 мм/ сталі, чавуну та сплавів тугоплавких металів при температурі 500-1200°C в середовищі аміаку. А. підвищує твердість поверхневого шару, його зносостійкість, границю витривалості та опір корозії у таких середовищах, як атмосфера, вода, пара і т.п. А. застосовують для виробів, що працюють при температурах до 500-600°C /шестерні, гільзи циліндрів потужних двигунів, колінчасті вали, деталі паливної апаратури та ін./.

14. **Алітування**, *алитирование, aluminizing* – дифузійне насичення поверхневого шару /0,02-1,2 мм/ виробів з нікелевих, мідних сплавів, сталі та чавуну алюмінієм для підвищення їх жаростійкості.

15. **Алмаз**, *алмаз, diamond* – поліморфна модифікація вуглецю. За твердістю А. перевищує всі відомі речовини. А. широко застосовується як абразивний матеріал для армування бурових коронок, різців, кульок для

вигладжування, волок, інденторів та ін. У промисловості використовують природні та синтетичні А.

16. Алмазне вигладжування, *алмазное выглаживание, diamond burnishing* – обробка поверхнево-пластичним деформуванням при ковзанні алмазного інструмента по локально контактуючій з ним пов-ні заготовки, А.в. ведуть на токарних верстатах з застосуванням мащення /веретенне масло/. Можлива обробка тонкостінних деталей складної конфігурації та твердих поверхнею з точними розмірами.

17. Алотропія, *аллотропия, allotropy* – див. Поліморфізм.

18. Алюмінієві сплави, *алюминиевые сплавы, aluminium alloys* – сплави на основі алюмінію з додатками міді, магнію, цинку, кремнію, марганцю та ін. А.с. мають високі механічні властивості і малу густину, високі електро- та теплопровідність і добру корозійну стійкість. Застосовуються в електротехніці, авіабудуванні, в багатьох галузях машинобудування, у виробництві побутових речей. За способом виробництва А.с. можна розділити на литі, спеклі на такі, що деформуються. За обсягом виробництва масштабами застосування А.с. займають друге місце після чорних металів.

19. Алюміній (Al), *алюминий, aluminium* – сріблясто-білий метал, легкий і ковкий, стійкий проти корозії, густина 2699 кг/м^3 , температура плавлення 661°C . Серед металів А. займає за поширеністю в природі перше місце, за практичним використанням – друге /після заліза/. А. отримують електролізом р-ну глинозему в розплавленому кріоліті.

20. Альфа-залізо (Fe), *альфа-железо, alpha-iron* – поліморфічна модифікація заліза, що має ОЦК кристалічну ґратку. Існує в двох інтервалах температур: до 991°C і від 1329 до 1539°C . Для інтервалу 1329 - 1539°C А.-з. іноді називають дельта-залізом.

21. Аморфний стан, *аморфное состояние, amorphous state* – стан твердої речовини, в якому, на відміну від кристалічного стану, молекули розташовані безладно. Така речовина ізотропна, тобто має однакові фізичні і механічні властивості по всіх напрямках. Крім того, у неї відсутня чітко виражена температура плавлення. До аморфних тіл належать силікатне і металеве скло, природні та штучні смоли, пластмаси, клеї, та ін.

22. Анізотропія, *анизотропия, anisotropy* – неоднаковість властивостей речовини у різних напрямках.

23. Анізотропні матеріали, *анизотропные материалы, anisotropic material* – матеріали, властивості, яких неоднакові у різних напрямках; напр., монокристали, волокнисті та плівкові матеріали, залізобетон, пластмаси з шаруватими наповнювачами /гетинакс, текстоліт, склопластики/, композиційні матеріали. Використання А.м. скорочує витрати матеріалів, поліпшує якість конструкцій. Напр., трансформатори з магніто проводами з анізотропної текстурованої сталі приблизно на 20-40% легші від трансформаторів з магніто проводами із звичайної гарячекатаної сталі.

24. **Антифрикційні матеріали**, *антифрикционные материалы, antifriction material* – матеріали для підшипників та ін. деталей, працюючих гол.ч. в умовах тертя ковзання. А.м. повинні мати низький коефіцієнт тертя, високу теплопровідність, добру припрацьовуваність до спряженої деталі. До А.м. належать: антифрикційні бронзи та чавуни, бабіти, /олов'яні, свинцеві, цинкові/, залізо та бронзо графітові порошкові матеріали, антифрикційні пластики /текстоліти, деревно-шаруваті пластики, амінопласти, фторопласти та ін./.
25. **Армування**, *армирование, reinforcing* – зміцнення матеріалу або конструкції інш. матеріалом. Застосовується при виготовленні виробів з металу, скла, пластмас, кераміки, композиційних та ін. матеріалів.
26. **Армуючий елемент**, *армирующий элемент, reinforcing element* – див. Зміцнював.
27. **Аустеніт**, *аустенит, austenite* – структурна складова залізовуглецевих сплавів, тв. розчин вуглецю /до 2,14%/ та легуючих елементів у гамма-залізі. У вуглецевих сталях та чавунах А. утворюється при нагріванні вище критичних температур. Деякі сталі, напр. з високим вмістом нікелю та марганцю, мають структуру А. при кімнатній температурі. Легований А. має при кімнатній температурі твердість 200-220НВ.
28. **Ацетон** (CH_3COCH_3), *ацетон, acetone* – найпростіший кетон, прозора горюча рідина з характерним запахом. При 20°C розчиняє в одному об'ємі до 24 об'ємів ацетилену. А. застосовують у зварювальній техніці як розчинник ацетилену, в лабораторній практиці – як розчинник при виготовленні гідро ізоляційних покриттів.

Б

29. **Бабіти**, *баббиты, babbitt* – антифрикційні сплави на основі олова або свинцю, леговані сурмою, міддю, кадмієм, натрієм та ін. елементами. Високі антифрикційні властивості забезпечуються гетерогенною структурою сплаву.
30. **База**, *база, datum surface* – поверхня або сполучення поверхонь, лінія /вісь/, точка, що належить заготовці /виробу/ і використовується для базування, тобто для надання їй потрібного положення відносно обраної системи координат. За призначенням розрізняють Б. конструкторські, технологічні, вимірювальні. Правильний вибір Б. має велике значення при обробці металів різанням.
31. **Барвники**, *красители, dyes* – кольорові органічні та неорганічні сполуки, що застосовуються для фарбування пластмаси, гуми, скла та ін.
32. **Безокислювальне нагрівання**, *безокислительный нагрев, nonoxidation heating* – див. Нагрівання в контрольованій атмосфері.
33. **Бейніт**, *бейнит, bainite* – структурна складова сталі, що утворюється при проміжному перетворенні аустеніту і складається з суміші часток пересиченого вуглецем фериту і карбиду заліза. Б., утворений з аустеніту і складається з суміші часток пересиченого вуглецем фериту і карбиду

заліза. Б., утворений з аустеніту в інтервалі температур 350-500°C, має перисту структуру і називається верхнім. Б., утворений в інтервалі 200-350°C, має голчасту /мартенситоподібну/ будову і називається нижнім. Останній має більш високу твердість.

34. Білий чавун, *белый чугун, white cast iron* – чавун в якому вуглець знаходиться в хім. зв'язаному стані, у вигляді цементиту. Відзначається матовим білим кольором злому, високими твердістю й крихкістю; як конструкційний матеріал має обмежене застосування /гальмівні колодки, кулі для млинів та ін./.

35. Біметал, *биметалл bimetal* – металевий матеріал, що складається з двох міцно з'єднаних між собою металів або сплавів. Б. застосовують з метою економії коштовних та дефіцитних металів або для створення матеріалу, що має сполучення різних властивостей. Б. бувають двох-, трьох- та багатошарові. Б. виготовляють одночасною прокаткою або пресуванням, дифузійним зварюванням двох, металів, заливкою, наплавленням гальванічними способами та ін.

36. Бойок, *боек, block head* – технологічний інструмент, яким проводиться деформація металу при куванні. За формою робочої пов-ні розрізняють Б. плоскі і вирізні. Б. кріпляться до падаючої баби молота або подушки шабета за допомогою спеціальних клинів.

37. Борна кислота H_3BO_3 , *борная кислота, boric acid* – слабка неорганічна к-та. Б.к. входить у склад багатьох флюсів для паяння та зварювання кольорових металів, у формувальні та стержневі суміші магнієвого литва як відновний присадок.

38. Бронзи, *бронзы, bronze* – сплав, на основі міді, в якому осн. легуючим компонентом, м.б. будь-який елемент, крім цинку. За легуючими елементами Б. поділяються на олов'яні, алюмінієві, берилієві та ін. Б. мають високі міцність корозійну стійкість, добрі ливарні та антифрикційні властивості та ін. цінні якості.

39. Буря ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), *бура, borax* – борно кислий натрій. Застосовують як компонент флюсів при паянні та зварюванні.

В

40. Вал, *вал, shaft* - термін, застосовуваний для позначання зовнішнього елемента деталі, включаючи елементи, які не є циліндричними

41. Ванна, ванна – 1. В металургії - розплавлений метал /металургійна В. - *metal pool* /або шлак над рідким металом /шлакова В. - *slag bath* / в металургійному агрегаті. 2. При термообробці - ємкість / *cooling vat* / з р-ном або розплавом солей, металів і т.п., в якій підтримується постійна темп-ра та відбувається ізотермічна обробка металів і сплавів. 3. Зварювальна В. (*weld pool*) –об'єм рідкого металу, що утворюється шляхом розплавлення осн. і /у деяких випадках/ присадного металів при зварюванні плавленням , для повного заповнення звареного шва. 4.

Електролізна В. (*electrolysis bath*) – ємкість з електролітом для проведення в ній електролізу, електролітичного рафінування або гальванічного процесу.

42. **Верстат**, *станок, machine* - машина для обробки різних матеріалів. Для обробки металів вживають металоріз. В.; мех. обробку деревини провадять на деревообробних В.; існують В. для обробки каменю та ін.

43. **Верхній відхил**, *верхнее отклонение, upper deviation* (ES, es) - алгебраїчна різниця між найбільшим граничним розміром і відповідним номінальним розміром

44. **Вибілювання чавунів**, *отбеливание чугунов, cast iron chilling* – утворення шару, білого чавуну на пов-ні відливків з сірого чавуну внаслідок прискороного охолодження /кокільне лиття/ і низького вмісту кремнію. Навмисне В.ч. здійснюють, отримуючи заготовки з високою поверх. твердістю та зносостійкістю /леміші плуга, ободи вагонних коліс, прокатні валки, та ін./ місцевим підвищенням швидкості охолодження відливків. Небажане В.ч. - ливарний брак /відливки не можна обробити лезовим різ. інструментом/ і м.б. усунутим високотемпературним тривалим відпалом., що призводить до подорожчання продукції.

45. **Виливниця**, *изложница, ingot mould* – 1. Металева форма, що заповнюється рідким металом і в якій він обертається в зливоч. Залежно від виду сплаву та призначення зливка розрізняють В.: пляшкову, глуходонну, наскрізну. 2. В. відцентрова - металева ливарна форма, в якій заливання розплавленого металу та формування відливка здійснюються під дією відцентрових сил.

46. **Вимірювальний прилад**, *измерительный прибор, indicating (measuring) instrument* - засіб вимірювань, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації

47. **Вимірювання**, *измерение, measurement* - відображення фізичних величин їхніми значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів

48. **Випал**, *обжиг, roasting* – нагрівання та витримка при високій темп-рі різних неметалевих матеріалів для надання їм необхідних властивостей /напр., твердості та міцності кераміці, покриттям при емалюванні/ або для виведення домішок. Окислювальний В. застосовується для виведення із залізної та мідної руд вологи, сірки, летючих р-н та ін. домішок, а відновний - для переведення слабомагнітних мінералів руди в магнітні з метою подальшого збагачення магнітною сепарацією.

49. **Випробовування матеріалів**, *испытания материалов, material testing* – визначення властивостей матеріалів на спец. машинах, приладах та пристроях при різних темп-рах. Види В.м.: мех. - на розтягання, стиск, вигин, твердість, удар та ін.; фіз. - визначення електро-, теплопровідності та ін.; хім. - визначення хім. складу, корозійної стійкості і т.п.; структурні - визначення макро- та мікроструктури, типу кристалічної ґратки і т.п.

50. **Виріб**, *изделие, item piece, article* – предмет праці /одиниця промислової продукції/, що підлягає виготовленню, на підприємстві, який є продуктом кінцевої стадії даного вир-ва /напр., поковка, двигун, верстат/.

51. **Вирубання**, *вырубка, cutting out* – роздільна операція листового штампування, призначена для повного відокремлення заготовки або виробу від вихідної заготовки по контуру шляхом зсуву.

52. **Висадка**, *висадка, upset* – операція, внаслідок якої відбувається збільшення поп. розмірів за рахунок зменшення висоти частини заготовки при куванні або штампуванні. На відміну від В. при куванні В. при штампуванні забезпечує заповнення деформованим металом порожнини рівчака штампу.

53. **Високоміцні матеріали**, *высокопрочные материалы, high strength material* – матеріали з границею міцності більше 1500 МПа. До В.м. відносяться високоміцні сталі /напр., мартенсито-старіючі сталі Н18К8МЗ, Н18К12М5Т/ та композиційні матеріали. Висока міцність сталей досягається збільшенням вмісту вуглецю, легуванням, подрібнюванням зерна та структурних складових за рахунок термічної обробки, а також зменшенням кількості неметалевих включень. Висока міцність композиційних матеріалів досягається за рахунок армування їх ниткоподібними кристалами /напр., вуглецю/ або тугоплавких матеріалів.

54. **Високоміцний чавун**, *высокопрочный чугуун, high-duty cast iron* – чавун з графітом кулястої форми. Отримують введенням в рідкий /сірий/ чавун присадок /модифікаторів/ - магнію, церію, кальцію, барію та ін. В.ч. відзначається високою міцністю та пластичністю часто використовують замість сталі.

55. **Витягування**, *вытяжка, drawing* – формозмінювальна операція листового штампування, яка полягає в утворенні порожнистої заготовки або виробу з пласкої або порожнистої листової заготовки.

56. **Відборткування**, *отбортровка, flanging* – 1. Формозмінювальна операція листового штампування, що призначена для утворення борта по внут. або зовн. контуру заготовки. 2. Загин кромки металевого листа для з'єднання його в ін. листом.

57. **Відливки**, *отливка, casting* – заготовка або деталь, отримана заливкою розплавлених металу, гірської породи, шлаку, скла, пластмаси т.п. в ливарну форму виготовляють з сірого, ковкого, високоміцного і легованих чавунів /до 75% всіх В. за масою/, вуглецевих та легованих сталей /понад 20%/ і кольорових сплавів /алюмінієвих, мідних, магнієвих, титанових та ін./.

58. **Відновний процес в металургії**, *восстановительный процесс в металлургии, reduction process* – фіз.-хім. процес одержання металів з їх оксидів відібранням і зв'язуванням кисню відновником - р-ною, здатною сполучатися з киснем. Типовим В.п. в м. є доменний процес, в якому залізо відновлюється з руд гол. ч. вуглецем або його оксидом.

59. **Відносна похибка** (вимірювання), *относительная погрешность, relative error*, - відношення абсолютної похибки вимірювання до умовно істинного значення вимірюваної величини

60. **Відносне вимірювання**, *относительное измерение, relative measurement* - вимірювання відношення величини до іншої однорідної величини

61. **Відносне звуження**, *относительное сужение, reduction of area* – характеристика пластичності матеріалу – відношення зменшення поп. перерізу, розірваного при випробуванні зразка до первісної площі перерізу, виражене у відсотках.

62. **Відносне здовження**, *относительное удлинение, elongation* – характеристика пластичності матеріалу – відношення збільшення довж. зразка після випробування на розтягування до його первісної довж., виражене у відсотках.

63. **Відносний обтиск**, *относительное обжатие, percent reduction* показник деформації, який чисельно дорівнюється відношенню абсолютного обтиску до вихідної /або кінцевої/ висоти /площі поп. перерізу/ виробу.

64. **Відпал**, *отжиг, annealing* – вид термічної обр-ки, що полягає в нагріванні до темп-р, що перевищують темп-ру фазових або структурних перетворень та в наступному повільному охолодженні для одержання структурно усталеного стану сплаву, В. піддають заготовки, що мають нестійкий стан внаслідок попередньої обр-ки /відливки, поковки, прокат/ для поліпшення оброблюваності різанням, підвищення пластичності, зменшення залишкових напружень і т.н. Темп-ра нагрівання В. залежить від складу сплаву та від його різновиду. /

65. **Відпуск**, *отпуск, tempering* – вид термічної обробки, що здійснюється після гартування і полягає в нагріванні до темп-ри нижче критичної з наступним охолодженням /як правило, на повітрі або в воді /. В. забезпечує одержання більш рівноважної структури і оптимальне сполучення службових властивостей: у загартованій сталі зменшується крихкість та підвищується пластичність. Розрізняють низький /120-250°C/, середній /300-400°C/ та високий /450-650°C/ В. сталі. В. кольорових сплавів звичайно називають штучним старінням.

66. **Відрізка**, *отрезка, thread* – відділення однієї металевої частини від другої /напр., додатка від відливки, сортового або листового, металу/ різ. інструментом на ножівкових, круглопилкових, токарно-відрізних верстатах і ножицях, а також способами газового, дугового, електрохім., електроерозійного та ін. видів різання. Під час листового штампування В. - повне відділення частини заготовки по незамкненому контуру шляхом зсуву.

67. **Відрубання**, *отрубка, chopping* – операція кування та об'ємного штампування, за якої відбувається повне відокремлення частини заготовки по незамкненому контуру шляхом заглиблення інструменту.

68. Відцентрове лиття, центробежное литье, centrifugal casting – лиття металу, що здійснюється заливкою його в обертову виливницю. Розплавлений метал під дією відцентрових сил відкидається до стінок форми і твердіє, утворюючи відливки. В.л. широко застосовують для одержання порожнистих відливоків з вільною пов-нею - чав. та ст. труб, кілець, втулок і т.п. Залежно від пояснення осі обертання форми розрізняють горизонтальні та вертикальні машини. Гол. перевага, В.л.: економія металу /нема додатка та ливників/, – відсутність формування та формувальних матеріалів, підвищення щільності та дрібнозернистості відливоків, висока т.п. Залежно від пояснення осі обертання форми розрізняють горизонтальні та вертикальні машини. Гол. перевага, В.л.: економія металу /нема додатка та ливників/, – відсутність формування та формувальних матеріалів, підвищення щільності та дрібнозернистості відливоків, висока продуктивність та ін.

69. Вініпласт, винипласт, viniplast – продукт суміщення полівінілхлориду, стабілізатора, змашуючих реч-н та невеликої кількості /менше 10 %/ пластифікатора. Матеріали на основі В. мають високі електроізоляційні власт. В. використовують для вир-ва корозійностійких труб, листів, плівок та ін. профілів, а також зварювального прутка для зварювання В.

70. Втомленість, усталость, fatigue – процес поступового нагромадження пошкоджень матеріалів під дією змінних напружень, що призводить до зміни власт. утворення і розвитку тріщин та зруйнування матеріалу. Опір В. характеризується границею витривалості, тобто максимальним за абсолютним значенням напруженням циклу, при якому ще не відбувається руйнування від В. до бази випробування /заздалегідь заданої тривалості випробування на В./.

71. Вуглекислий газ, (діоксид вуглецю - CO₂) углекислый газ /диоксид углерода/, carbon dioxide – продукт повного згоряння вуглецю. Безбарвний газ з ледь відчутним запахом. В.г. активно взаємодіє з рідким металом і в зварювальному вир-ві використовується як засіб захисту. В ливарному вир-ві використовується для продувки ливарних форм та стержнів на зв'язці з рідкого скла з метою прискорення затвердіння.

72. Вуглецеві вогнетриви, углеродистые огнеупоры, carbonic refractory – цегла, блоки та ін. вироби, що містять не менш як 92 % С; вогнетривкість вище 2000°C. Застосовуються для кладки поду доменних печей, електролізних ванн для одержання алюмінію, тиглів для плавлення мідних сплавів, деяких видів ливарних форм та ін.

73. Вуглець (С), углерод, carbon – хім. елемент. Густина 2500 кг/м³, темп-ра плавлення біля 3500°C; має дві алотропічні модифікації. В залізобетонних сплавах В. присутній в розчиненому вигляді, а також у вигляді графіту або цементиту. Широко використовується в металургії як паливо або відновник.

74. Вулканізація, вулканизация, vulcanization – процес перетворення каучуку в гуму. В. підвищує міцність, пружність, стійкість каучуку проти теплових впливів, зменшує розчинність і набухання. Ці зміни обумовлені

сполученням макромолекул каучуку в так зв. Вулканізаційну сітку, що утворюється поп. хім. зв'язками. В їх утворенні беруть участь вулканізуючі агенти /сірка, селен та ін./, прискорювачі вулканізації /органічні сульфіді та ін./, активатори вулканізації /ZnO, MgO та ін./. Найчастіше В. провадять при підвищених темп-рах /140-200°C/.

75. „Вуса”, „усы”, „whiskers” див. Ниткоподібні кристали.

Г

76. **Газова пористість**, *газовая пористость, gas porosity* - дефект відливка у вигляді дрібних пор, що утворилися в ньому внаслідок виділення газів з металу при його твердінні.

77. **Газополуменева обробка**, *газопламенная обработка, flame machining* – технологічні процеси теплової обр-ки металів та деяких ін. матеріалів полум'ям горючих газів за допомогою зварювальних пальників для сполучення, поділу, зміни форми і фіз.-мех. вл-стей, напилення порошкоподібних матеріалів та крапель рідкого металу на поверхню виробів для отримання захисних і декоративних покриттів та ін.

78. **Галтель**, *галтель, fillet* – скруглення внут. та зовн. кутів на деталях машин, в ливарних формах і т.п. Г. підвищує міцність, знижує залишкові напруження в матеріалі в місці різкого переходу перерізів, конфігурації і т.п.

79. **Гальванічні покриття**, *гальванические покрытия, electroplating* – металеві шари товщ. від тисячних до десятих часток мм, нанесені на повню виробу методом електролітичного осадження для захисту його від корозії, мех. зносу, декоративної обробки, а також надання пов-ні спец. фіз. і хім. вл-стей. Найбільш поширені гальванічні нікелювання, хромування, лудіння, міднення, цинкування.

80. **Гамма-залізо**, *гамма-железо, gamma-iron* – алотропічна модифікація заліза; характеризується ГЦК кристалічною ґраткою, немагнітна, існує в інтервалі темп-р 911-1392°C.

81. **Гартування**, *закалка, hardening* – вид термічної обробки металів і сплавів, полягаючий в нагріванні вище темп-ри фазового перетворення в твердому стані з наступим досить швидким охолодженням для одержання нерівноважних структур /мартенсит, тростит, сорбіт/. Застосовуючи при Г. різні охолодники, можна отримати потрібні структури та вл-сті. Конструкційні сталі і сплави піддають Г. з метою зміцнення. Розрізняють повне і неповне; ступінчасте і ізотермічне; об'ємне, поверхнєве та місцеве.

82. **Гаряча обробка тиском**, *горячая обработка давлением, hot-pressure shaping* – обробка металів тиском при темп-рі, яка перевищує темп-ру рекристалізації /кування прокатка і т.п./, коли одночасно протікають два процеси - наклеп і рекристалізація, тобто знеміцнювання. При Г. о. т. деформація може продовжуватися безперервно, оскільки рекристалізація знищує зміцнення, утворене деформацією.

83. **Гелій** (He), *гелий, helium* – хім. елемент з групи інертних газів, легше повітря. Отримують з природних газів та повітря. Застосовують як захисний газ при зварюванні.

84. **Геометрія різального інструменту**, *геометрия режущего инструмента, cutting-tool geometry* – сукупність кутів та пов-онь, обумовлюючих положення в просторі пов-онь та ліній різ. частини інструменту Від Г.р.і. залежать продуктивність обр-ки, якість обробленої пов-ні та стійкість інструменту. /

85. **Гетинакс**, *гетинакс, micarta* – шаруватий пластик, що отримують гарячим пресуванням кількох шарів паперу, попередньо просякнутих фенолформальдегідною смолою; застосовується як електроізоляційний та декоративний матеріал. /

86. **Гідравлічний прес**, *гидравлический пресс, hydraulic press* – машина статичної дії, яка приводиться в дію рідиною під тиском звичайно 20-45 МПа. На Г.п. відбуваються кування, штампування, пресування та ін. операції ковальсько-штампувального вир-ва. /

87. **Глибина різання**, *глубина резания, cutting depth* – відстань між оброблюваною і обробленою пов-нями заготовки, виміряна по перпендикуляру до останньої. Г.р. -один з найважливіших параметрів режиму різання.

88. **Глибоке свердління**, *глубокое сверление, deep drilling* – свердління отворів глибиною більш як 10 діаметрів свердлами для Г.с. горизонтально-свердлильних верстатах.

89. **Гнуті профілі**, *гнутые профили, roll-formed shape* – прокат, одержаний профілюванням гаряче - та холоднокатаних листів, штаб і стрічок товщ. 0,5- 20 мм і шир. до 2000 мм в холодному стані на профілезгинальних станах. При вир-ві Г.п. можна отримати вироби з більш раціональним розподілом металу по перерізу, ніж при прокатці. Б з'язку в цим економія металу становить 10-70% /в середньому 25%/. На профілезгинальних станах можна отримати вироби, вир-во яких прокаткою неможливе або дуже утруднене. Г.п. широко застосовуються в авіаційній, автотранспортній пром-сті, в загальному машинобудуванні, будівництві та ін. галузях нар. госп-ва.

90. **Гнуття**, *гибка, bending* – операція кування, об'ємного та листового штампування, полягаюча в утворенні або змінненні кутів між частинами заготовки або наданні їй криволінійної форми. До Г. відносять: власне Г., профілювання /гофрування/, скручування /при виробництві зварених труб/, навивання пружин, правка, тощо.

91. **Головна січна площина**, *главная секущая плоскость, orthogonal plane* – координатна пл., перпендикулярна до лінії перетину осн. площини і пл. різання.

92. **Головний рух різання**, *главное движение резания, primary motion* – рух заготовки або різ. інструменту, який відбувається з найбільшою швидкістю в процесі різання. Г.р.р. може бути прямолінійним поступальним, зворотно-поступальним або обертовим, а також може

входити до складу складного формоутворюючого руху, напр, при точінні різьб.

93. **Горно**, *горн, hearth* – 1. Найпростіша металургійна піч. 2. Нижня циліндрична частина робочого простору шахтної печі /вагранки, доменної печі/ в якій відбувається горіння палива й збирається рідкий метал. 3. Піч, що використовується для нагрівання ковальських заготовок і поковок в одиничному вир-ві.

94. **Границя допустимої похибки (засобу вимірювальної техніки [засобу вимірювань])**, *предел допускаемой погрешности средства измерений, limits of (permissible) error (of a measuring instrument)* - найбільше значення, без урахування знаку, похибки засобу вимірювальної техніки [засобу вимірювань], за яким цей засіб ще може бути визнаний придатним до застосування

95. **Границя міцності**, *предел прочности, tensile strength* – умовне напруження, яке відповідає найбільшому навантаженню, що передуює зруйнуванню зразка позначається δ .

96. **Границя пружності**, *предел упругости, limit of elasticity* – максимальне умовне напруження, при зніманні якого величина залишкової деформації не перевищує тисячної частки процента; позначається $\sigma_{\text{п}}$.

97. **Границя текучості**, *предел текучести, yield strength* – напруження, що відповідає нижньому положенню площадки текучості на діаграмі розтягування для матеріалів, які мають таку площадку; позначається $\sigma_{\text{т}}$. Для матеріалів, які не мають на діаграмі розтягування площадки текучості, приймають умовну Г.т.: напруження, при якому залишкова деформація зразка досягає певного значення /звичайно, 0,2% /. Умовна Г.т. позначається $\sigma_{0.2}$.

98. **Графен**, *графен, graphene* – плоский шар sp^2 –гібридних атомів вуглецю товщиною в один атом, які утворюють гексагональну решітку; двомірна форма вуглецю; найбільш тонкий із існуючих матеріалів (товщина – один атомний шар), міцний, прозорий, провідник електричного струму і тепла.

99. **Графіт**, *графит, graphite* – одна з кристалічних модифікацій вуглецю. Колір від чорного до сірого. Вогнетривкий, має електричну провідність. Штучний Г. отримують нагріванням антрациту до темпри 2200°C без доступу повітря. Використовується у вир-ві плавильних тиглів, електродів дугових печей та зварювального вир-ва, вогнетривів, антифрикційних матеріалів, хім. стійких виробів, протипригарних матеріалів при виготовленні ливарних форм як мащення, сировина для виготовлення синтетичних алмазів, тощо. 2. Структурна складова чавуну. Форма, розмір і розподіл Г. суттєво впливають на вл-сті чавуну.

100. **Гума**, *резина, rubber* – продукт вулканізації гумової суміші, основу якої становить каучук. Г. - конструкційний матеріал, який має комплекс унікальних вл-стей, серед яких герметичність та висока пружність в широкому інтервалі темп-р. До осн. вл-стей Г. відносять: тепло-, масло-, бензо-, морозостійкість, стійкість до дії радіації, агресивного середовища,

газонепроникність та ін. За складом Г. поділяється на: Г. загального призначення, яка застосовується в вир-ві шин, виробів побутового призначення та ін.; Г. спец, призначення, яка використовується для вир-ва різноманітних виробів, які повинні мати одну /або кілька одночасно/ зі згаданих вище спец. вл-стей.

101. **Гумова суміш**, *резиновая смесь, rubber compound* – суміш каучуку з вулканізатором та ін. інгредієнтами, яка внаслідок вулканізації перетворюється в гуму. У склад Г.с. входять: каучук /натуральний або синтетичний/, вулканізатори /сірка, металевий натрій та ін./; прискорювачі вулканізації /діфенілгуанідін, кайтакс та ін./, активні та пасивні наповнювачі/ сажа, вуглекислий марганець, регенерат, кордова тканина та ін./, пластифікатори /стеаринова та олеїнова к-ти, парафін/, барвники /вохра, ультрамарин та ін./, протистарителі /ароматичні аміаки, діаміни, вазелін/ та ін. Міняючи кількість сірки в Г.с., можна отримати гуму з різними ступенями пружності. При 2-8 % S - одержують м'яку гуму, при 12-20% S - напівтверду й при 25-50% S - тверду /ебоніт/.

Д

102. **Дегазація**, *дегазация, degassing* – виділення з рідких металів і сплавів розчинених в них газів. При плавці сталі Д. відбувається при її кипінні, розкисленні та устоюванні в процесі плавки та розливки. Особливо ефективним способом Д. перед розливкою металу або сплаву є вакуумування.

103. **Дезинтегратор**, *дезинтегратор, disintegrator* – пристрій, в якому матеріал подрібнюється і активується за рахунок ударів стержнів, закріплених на двох концентричних роторах, що обертаються назустріч один одному з великою швидкістю. Служить для попередньої переробки відпрацьованої формувальної суміші з метою її повторного використання.

104. **Дендрит**, *дендрит, dendrite* - кристал деревовидної форми, що виникає при кристалізації внаслідок відмінностей у швидкостях росту кристалів в різних кристалографічних напрямках. Д. характерні для литих сталей та ін. металів і сплавів. Дендритна будова сталі усувається наступною термічною обр-кою та обр-кою тиском.

105. **Деревні матеріали**, */деревина/, древесные материалы /древесина/, wood material /wood/* - конструкційний виробний матеріал, який отримують із стовбурової частини дерев різних порід /сосни, ялини, дуба, берези, липи, кедр та ін./. Д.м. мають значну міцність, добру оброблюваність різанням, низьку звуко- та теплопровідність, низьку гус. Застосовують для виготовлення різних деталей в с.-г. машинобудуванні, моделей в ливарному вир-ві, шестерень, вкладишів підшипників, тари та ін.

106. **Деревношаруваті пластики**, *древеснослоистые пластики, wood laminates* – матеріали, які отримують з деревного шпону, просоченого

синтетичними термореактивними смолами. З Д.п. виготовляють підшипники, зубчасті колеса, електроізоляційні деталі та ін.

107. **Десульфурация**, *desulphurization* – фіз.- хім. процеси, що сприяють виділенню сірки з розплавленого металу /напр., чавуну; сталі/. Сірка міцно зв'язується в сульфіди /напр., в сульфіди марганцю, кальцію/ та переходить в шлак.

108. **Деталь**, *деталь, part* – складова частина машини, приладу, пристрою, виготовлена з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій. Д. називають також вироби, піддані захисним або декоративним покриттям або виготовлені з одного шматка матеріалу за допомогою паяння, склеювання, зварювання і т.п.

109. **Дефектоскопія**, *дефектоскопия, flaw detection* – неруйнуючий контроль якості матеріалів, напівфабрикатів та виробів з метою виявлення їх дефектів.

110. **Дефекти кристалічної ґратки**, *дефекты кристаллической решетки, lattice defect* – порушення суворої періодичності розташування атомів в кристалічній ґратці. Осн. Д.к.г. металів поділяються на точкові /вакансії, дислоковані атоми/, лінійні /дислокації/ і поверхневі /плівки, границі блоків/. Характер та ступінь порушення досконалості будови кристалів, тобто будова реальних кристалів, значною мірою визначають властивості металів.

111. **Дефекти виробів**, *дефекты изделий, piece defects* – відхилення від передбаченої технічними умовами якості виробів за хім. складом, структурою, суцільністю, мех. та ін. властивостями, якими визначається їх споживацька цінність. Д.в. виникають через недосконалість або порушення тех. процесів при плавленні металів та отриманні відливків /неметалеві включення, усадочна пористість, раковини, газова пористість тощо/, при обр-ці тиском /розшарування, закуви, закати тощо/, при термічній, хім.-термічній, електрохім. і мех. обр-ці /тріщини, припик, знеуглецьовування тощо/, при зварюванні, паянні /непровар, непропай, тріщини, корозія тощо/.

112. **Дефосфорация**, *defosphorization* – фіз.-хім. процеси, сприяючі виділенню фосфору з чавуну і сталі за ходом плавки. Д. звичайно досягається окисленням фосфору до оксиду P_2O_5 , який міцно зв'язується в шлаку в тетракальцієвий фосфат $4CaO \cdot P_2O_5$.

113. **Джерело зварювальної дуги**, *источник питания сварочной дуги, welding /power/ source* – пристрій, що дає робочий струм для зварювання, різання і т.п. Як Д.ж. використовуються зварювальні трансформатори, генератори, перетворювачі й випрямлячі.

114. **Діапазон вимірювань**, *диапазон измерений, specified measuring range* - інтервал значень вимірюваної величини. в межах якого прономовані похибки засобу вимірювань

115. **Ділильна головка**, *делительная головка dividing head* – пристрій металоріз, верстатів /перев. фрезерних/, який служить для періодичного повороту при діленні на рівні або нерівні частини або для безперервного

обертання оброблюваних і установлених на Д.г. заготовок. Застосовується для виготовлення зубчастих коліс або гвинтових канавок /напр., при вир-ві спіральних свердел/.

116. **Довбання**, *долбление, slotting, shaping* – стругання інструментом, установочна база якого паралельна напрямку головного руху, різання. Останній здійснюється зворотно-поступально, як правило, в вертикальній пл. при прямолінійному або коловому періодичному русі подачі. Для Д. застосовуються довбальні верстати.

117. **Доводка**, *доводка, finishing* – опоряджувальна /фінішна/ обр-ка заготовок після їх чистової /гол. ч. абразивної/ обр-ки для отримання низької шорсткості пов-онь і точних розмірів, що здійснюється вручну або на доводочних верстатах дрібнозернистими порошками або пастами, які наносяться на пов-ню спец. інструменту - притира /

118. **Допуск розміру**, *допуск размера, size tolerance* - різниця між найбільшим граничним розміром і найменшим граничним розміром, тобто різниця між верхнім і нижнім відхилами.

119. **Дріт**, *проволока, wire* – металевий виріб або напівфабрикат великої довж. з малим, звичайно круглим перерізом діам. до 10мм. Виготовляється перев. прокаткою /на дротових станах/ і волочінням; випускається у вигляді мотків або прутків. Гарячекатаний Д. діам. 5 мм і більше - гол. ч. вихідний матеріал для отримання холоднотягнутого /виготовленого волочінням/ Д. діам. 10 мкм...5 мм. Д, використовують для вир-ва електричних проводів, канатів, сіток, цвяхів, шурупів, пружин та ін. /

120. **Дугове зварювання**, *дуговая сварка, arc welding* – зварювання плавлінням, за яке нагрівання здійснюється електричною дугою, що горить між зварюваними частинами і електродом. Розрізняють Д.з. плавким /металевим/ електродом, при якому електрод, розплавляючись, дає додатковий /електродний/ метал для повного заповнення шва, і неплавким /вугільним, графітовим, вольфрамовим/, при якому потрібний додатковий присадний метал, що подається в зону дуги. Осн. способи Д.з.: ручне, механізоване, автоматичне, під флюсом, в захисному разі та ін.

Е

121. **Електроіскрова обробка**, *электроискровая обработка, electric spark machining* – різновидність електроерозійної обробки; розмірне формоутворення відбувається в діелектричній рідині /гас або низьков'язке масло, що подається під тиском/. Па пов-ні заготовки відбуваються дуже короткі іскрові розряди, під час яких виділяється велика кількість теплоти, що йде на оплавлення, частково випаровування та вибухоподібний вихід, часток з пов-ні заготовки /анода/. Катодом є інструмент, який виготовляється найчастіше з латуні або спеціальних сплавів. Катоду

надається форма заданої пов-ні виробу. Е.с. застосовують при обр-ці отворів та пазів, виготовленні виробних штампів твердосплавних філь'єр, при гравірувальних роботах, прошиванні криволінійних отворів, зміцненні поверхонь різ. частини металоріз. інструментів та ін. Знос латунних електродів при обр-ці сталі та тв. сплавів становить відповідно 100 і 300%.

122. Електроконтактна обробка, электроконтактная обработка, electric resistance machining – різновид електроерозійної обр-ки розмірне руйнування поверх. шарів металу відбувається внаслідок його плавлення джерело теплоти в зоні обр-ки - імпульсні дугові розряди та контактне нагрівання. Електрод-інструмент /катод/ - металевий диск, другий електрод /анод/ - оброблювана заготовка /при живленні пост. струмом/. Використовують пост. та змінний струм. Е.о. застосовують для очистки чав. і ст. відливків, обдирки зливків, розрізки прокату, чорнової обр-ки пов-онь/ а також для наплавлення деталей з метою їх поверх. зміцнення. При Е.о. витрата електроенергії становить 4,3-36 МДж/кг, знос інструменту - 1-5%.

123. Електроконтактне нагрівання, электроконтактный нагрев, electrocontact heating – електричне нагрівання при безпосередньому проходженні електричного струму через тіло, що нагрівається. Застосовується для нагрівання перед куванням, штампуванням та при паянні.

124. Електрокорунд, электрокорунд, manufactured (synthetic) corundum – штучний абразивний матеріал на основі кристалічного оксиду алюмінію Al_2O_3 , який отримують в електропечах. Залежно від хім. складу розрізняють білий, нормальний та легований Е. Застосовують для обр-ки матеріалів з високим опором на розрив.

125. Електротехнічні сталі, электротехнические стали, electrical sheet steel – група легованих кремнієм сталей., що застосовуються як магніто-м'які матеріали в конструкціях електричних машин і апаратів. Розрізняють динамну та трансформаторну.

126. Елементарна кристалічна комірка, элементарная кристаллическая ячейка, lattice cell – найменший комплекс атомів, який при багаторазовому повторенні у просторі дозволяє відтворити просторову кристалічну ґратку. Найбільш поширені три типи кристалічних ґраток металів: об'ємно центрована кубічна /ОЦК/, гранецентрована кубічна /ГЦК/, гексагональна щільно упакована /ГЦУ/. Кристалічна ґратка характеризується найменшою відстанню між сусідніми атомами по ребру кристалічної ґратки та координаційним числом - кількістю атомів, що знаходяться на найбільш близькій та однаковій відстані від даного атома. /

127. Ельбор, эльбор, borazon – фірмова назва технічного кубічного нітриду бору (BN), який синтезується при високих темп-рах та тиску. В Е. сполучаються висока твердість, близька до алмазу, теплостійкість, майже в два рази вища від теплостійкості алмазу, та хім. інертність до сплавів на основі заліза. Е. отримують у вигляді кристалів різної крупності та лезового інструменту. За рахунок варіювання технологічних факторів на

основі нітриду бору отримують дек. відмінних один від одного матеріалів: ельбор-Р, кубоніт, белбор, гексаніт-Р та ін.

128. **Емалювання**, *эмалирование, enamelling* – покривання металевих, керамічних та скляних виробів емаллями для захисту їх від корозії стирання, високих темп-р, а також надання декоративного вигляду. Емаль наносять на пов-ню виробу у вигляді шлікеру та закріплюють випалом.

129. **Емаль**, *эмаль, enamel* – 1. Сплавлена склоподібна суміш силікатів, боратів та фтористих сполук, які твердіють в прозорому або непрозорому вигляді. 2. Фарба, отримана диспергуванням /перетиранням/ пігментів в лаках. Залежно від типу плівкоутворюючої р-ни розрізняють Е, олійні, ефіроцелюлозні, алкідні та ін.; за умовами сушіння покриття - холодного та гарячого сушіння. /

130. **Емульсія**, *эмульсия, emulsion* – дисперсна система, яка складається з двох рідин, що не розчиняються одна в одній та одна з яких /дисперсна фаза/ розподілена в ін. /дисперсне середовище/. Прикладом може служити Е., що застосовується як мастильно-охолоджуюча рідина при обробці різанням.

131. **Епоксидні смоли**, *эпоксидные смолы, epoxy resin* – синтетичні смоли, продукти поліконденсації епіхлоргидрина з фенолом. Е.с. стійкі до дії хлору, к-т, мають добру адгезію до металів. З Е.с. готують клеї, пластмаси, електроізоляційні лаки.

132. **Ерозія металів**, *эрозия металлов, metal erosion* – поступове руйнування пов-ні металевих виробів потоці газів, газоабразивного середовища, рідини, а також електричних розрядів. На явищі Е.м. засновані деякі технологічні процеси /піско- та дробоструминна, ультразвукова обр-ка/. Підвищують опірність металів ерозії, підбираючи високотв., тугоплавкі та достатньо пластичні матеріали.

Є

133. **Єдність вимірювань**, *единство измерений, uniformity of measurement* - стан вимірювань, за якого їхні результати виражаються в узаконених одиницях вимірювань, а похибки вимірювань відомі та із заданою ймовірністю не виходять за встановлені межі

Ж

134. **Жароміцні матеріали**, *жаропрочные материалы, high-temperature material* – матеріали, які мають високу жароміцність при заданій темп-рі експлуатації. За робочою темп-рою Ж.м. поділяються на сплави для котлобудування /робочі темп-ри 350-550°C/, турбобудування /500-650°C/, газових турбін та ракетної техніки /понад 650°C/. До першої групи відносяться перлітні і мартенситні сталі 12МХ, 12ХМФ, 12Х2МФБ/; до другої - сталі типу 15Х11МФ, 1Х12В2МФ, Х6СМ; до третьої -

аустенітні сталі 12Х14Н16Б, 12Х18Н10Т, а також сплави на основі нікелю /ніхроми, німоніки/ та кобальту /віталіум/.

135. **Жароміцність, жаропрочность, high-temperature strength** – здатність матеріалів, гол. ч. металевих сплавів зберігати необхідну тривалу міцність при високих темп-рах.

136. **Жаростійкі матеріали, жаростойкие материалы, heat-resisting material** – сталі та сплави, які мають високу жаростійкість. Для її підвищення у склад Ж.м. вводять легуючі елементи, які утворюють на поверхні в процесі окислення щільні оксиди / Cr_2O_3 , Al_2O_3 або SiO_2 , здатні затримати процес подальшого окислення. До Ж.м. відносяться сталі 12Х17, ІОХ23НІ8, І2Х25НІ6Г7АР, сплави ХН45Ю, ХН78Т та ін. /.

137. **Жаростійкість, жаростойкость, heat-resistance** – здатність металів і сплавів протистояти хім. руйнуванню пов-ні під дією повітря або ін. окислювального середовища за високих температур.

138. **Жеребійка, жеребейка, chaplet** – металева розпірка, що вславляється між стінками ливарної форми та стержнем для його фіксації в ливарній формі. Ж. забезпечує необхідну товщ, стінки відливка. Після заливання форми металом Ж. залишається в тілі відливка. Звичайно Ж. виготовляється з металу, однорідного з відливком.

139. **Жерсть, жесть, sheet metal** – холоднокатана м'яка сталь у вигляді тонкої стрічки або листів товщ, звичайно 0,2-0,5мм. Виробляється також особливо тонка І. подвійної прокатки товщ. 0,08-0,10мм. Ж. без покриття називається нелудженою /чорною/, з покриттям з шару олова - лудженою /білою/. Застосовується гол. ч. для виготовлення консервних банок, різноманітної тари та як даховий матеріал – цинковане дахове залізо та ін.

140. **Жолоблення, коробление, distortion** – дефект у вигляді порушення конфігурації відливка або поковки під впливом напружень, що виникають при охолодженні, а також внаслідок неправильної конфігурації ливарної моделі.

141. **Жорсткість, жесткость, stiffness** – здатність елемента конструкції опиратися деформації, що обумовлюється геометричними характеристиками перерізу та модулем пружності матеріалу.

3

142. **Загострювання інструменту, заточка инструмента, tool sharpening** – операція, що забезпечує одержання інструменту з оптимальною геометрією різ. частини; заключна операція при вир-ві нового інструменту; повторна операція відновлення різ. вл-стей після затуплення різ. частини внаслідок експлуатації. З.і. провадиться на універсальних та спец, заточувальних верстатах, а також із застосуванням електрофіз. та електрохім. методів обр-ки.

143. **Заготовка, заготовка, blank** – предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, вл-стей пов-ні або матеріалу виготовляють деталь. За конструкцією розрізняють 3. штучні, профільні та комбіновані;

за способом виготовлення - литі, ковані, штамповані, зварені, порошкові та ін.

144. **Задирка, заусенец, burr** – гострий задертий виступ на пов-ні металу в місцях виходу інструменту при обр-ці різанням. Віддаляється абразивними або різ. інструментами, а також електрохім, обр-кою і в галтовочних барабанах.

145. **Задня поверхня, задняя поверхность, flank** – поверхня інструменту, яка в процесі різання контактує з пов-нями заготовки. Розрізняють головну та допоміжну З.п., що примикають відповідно до головної та допоміжної різ. кромки. Звичайно головна З.п. звернена до пов-ні різання на деталі, а допоміжна - до обробленої пов-ні.

146. **Зазор, зазор, clearance** - додатна різниця між розмірами отвору і вала, перед складанням, коли діаметр вала менший ніж діаметр отвору

147. **Залишкові напруження, остаточные напряжения, residual stress** – напруження, що зберігаються після кристалізації або різних видів темп-но-силового впливу та врівноважуються всередині тіла. Причинами З.н. м.б.: неоднорідні та різної інтенсивності в різних точках деталі деформації, спричинені ливарною усадкою, зварюванням, термічною та хім.-термічною обробкою, нерівномірність пластичної деформації при дробоструменевому зміцненні та ін. Розрізняють З.н. корисні, які напр., сприяють підвищенню стійкості проти втомленості /цементация, дробоструменевий наклеп/, і шкідливі, які призводять до прискорення корозії, виникнення тріщин, жолоблення деталей.

148. **Залізні руди, железные руды, iron ores** – природні мінерали, що містять залізо в таких сполуках і в такій кількості, що добування його к.б. економічно вигідним за даного рівня техніки. Найважливіші З.р. - це залізняки: бурі /гідрооксиди заліза/ $m\text{FeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ /містять до 55% Fe/; червоні /гематит/ Fe_2O_3 /50-65% Fe/; магнітні /магнетит/ Fe_3O_4 /до 60% Fe/ шпатові /сидерит/ FeCO_3 /до 40% Fe/.

149. **Залізні сплави, железные сплавы, ferrous alloys** – металеві сплави на основі заліза. З.с. містять звичайно домішки /Mn Si, S, P та ін./, а також легуючі елементи. Важливішими З.с. є залізовуглецеві сплави /сталь, чавун/. До З.с. відносять також спец. сплави на залізній основі /з високим електричним опором, магнітні, жароміцні та ін./ і феросплави.

150. **Залізо (Fe), железо, iron** – хім. елемент. Гус. 7874 кг/м^3 , темп-ра плавлення 1539°C . З. – сріблясто-білий метал має алотропічні модифікації, які відрізняються за кристалічною будовою та магнітними властивостями З. пластичне, легко піддається куванню, прокатці, штампуванню та волочінню. Здатність З. розчиняти вуглець та ін. елементи є основою для отримання різноманітних залізних сплавів. У природі З. широко поширене, займаючи друге місце /після алюмінію/ серед металів. До сплавів на базі З. належить близько 95% /за масою/ всієї металевої продукції.

151. **Затверджувачі, отвердители, curing agent** – р-ни, які в процесі переробки взаємодіють з полімером /смолою/ і переводять його в

неплавкий та нерозчинний стан /напр., уротропін, параформ та ін./ З. вводять у склад тих пластмас, зв'язуючі яких твердіють тільки внаслідок реакції з З.

152. **Затвердіння**, *отверждение, curing* – утворення полімерів тримірної будови з полімерів лінійної або розгалуженої структури. Внаслідок З. полімери втрачають здатність розчинятися й плавитися при нагріванні. З. можна проводити за участю затверджувача або без нього, Розрізняють холодне /при кімнатній темп-рі гаряче /при підвищених темп-рах/ З.

153. **Зварне з'єднання**, *сварное соединение, welded joint* – нерознімне з'єднання, виконане зварюванням. За конструкцією розрізняють З.З.: стикові, кутові, таврові, напускові.

154. **Зварний шов**, *сварной шов, weld* – ділянка зварного з'єднання, що утворилася внаслідок кристалізації розплавленого металу в результаті пластичної деформації при зварюванні тиском або сполученням кристалізації та деформації. Має структуру й вл-сті, що залежать від способу зварювання, та вл-стей основного і присаджувального металів. В поп. перерізі З.ш. розрізняють зони: металу шва, сплавлення та термічного впливу.

155. **Зварювальний дріт**, *сварочная проволока, welding wire* – дріт, який використовується як плавкий електрод або присаджувальний метал при зварюванні плавленням. Крім звичайного металевого дроту як З.д використовують порошковий дріт, який складається з металевої оболонки та порошкоподібного наповнювача, та самозахисний дріт – різновид порошкового дроту, що містить реч-ни, які захищають розплавлений метал від впливу повітря при зварюванні.

156. **Зварюваність**, *свариваемость, weldability* – вл-сть металу або сполучення металів утворювати при заданій технології зварювання з'єднання, яке відповідає вимогам, обумовленим конституцією та умовами експлуатації виробу. З. оцінюється зіставленням вл-стей зварного з'єднання з відповідними вл-стями основного металу або з їх нормативними значеннями. З. залежить від хім. складу металу, способу і технології зварювання.

157. **Зварювання**, *сварка, welding* – технологічний процес отримання нерознімних з'єднань шляхом устанавлення міжатомних /міжмолекулярних/ зв'язків між частинами, що з'єднуються, при їх нагріванні та /або/ пластичному деформуванні. Застосовується понад 60 видів З., які за фіз. ознаками /тобто за формою енергії, яка використовується для утворення зварного з'єднання/ поділяється на три класи: термічні /дугове, електрошлакове, електронно-променеве, газове та ін./; термомеханічні /контактне, дифузійне, газопресове та ін./, та механічні /ультразвукове, холодне, вибухом та ін./ За характером утворення зварного з'єднання способи З. поділяються на З. плавленням, що здійснюється шляхом місцевого сплавлення зварюваних частин, /дугові, газове, електрошлакове та ін./ та З. тиском /контактні, газопресове,

ковальське та ін./ Зварюються практично всі метали і сплави, скло, деякі пластмаси; а також різномірні матеріали, напр. скло з металом.

158. **Зворот, возврат, recovery** – процес часткового відновлення структурного стану і властей деформованого металу при його нагріванні нижче темп-ри рекристалізації. В результаті з. знижуються твердість і міцність металу і підвищується його пластичність.

159. **Зенкер, зенкер, counterbore** – багатолезовий металоріз, інструмент для зенкерування циліндричних отворів в металевих пластмасових та ін. деталях. Різновидом з. є зенківка – інструмент для знімання фасок, виконання конічних, циліндричних та фасонних поглиблень та ін. робіт.

160. **Зенкерування, зенкерование, counter boring** – чистова обр-ка отворів після свердління, у відливках після гарячого або холодного пробивання отворів в поковках, циліндричних поглиблень під головки гвинтів і т.п. з. застосовують також перед розвертанням отворів. з. виконують на свердлильних, токарних, розточувальних верстатах за допомогою зенкерів.

161. **Зерно, зерно, grain** – окремі кристаліти полікристалічного конгломерату, розділені між собою границями. На власті металу впливають розмір з., його форма, просторова орієнтація кристалічної ґратки.

162. **Злом, излом, fracture** – поверхня руйнування зразка або виробу. Розрізняють з. в'язкий, крихкий, від втомленості та ін. Пов-ня в'язкого з. має характерні "волокна", витягнуті в напрямі навантаження під дією пластичної деформації зерен, розірваних під час руйнування. Крихкий з. утворюється без видних слідів пластичної деформації і має характерний блиск ділянок, утворених фасетками сколювання кристалітів. з. від втомленості виникає під дією знакозмінних або циклічних навантажень; має дві зони – зону розвитку тріщини /зону втомленості/ і зону доламу.

163. **Зміцнення, упрочнение, hardening** – підвищення міцності матеріалу або виробу в результаті технологічного процесу або експлуатації. Для з. металевих деталей машин застосовують термічні, хім.-термічні, термо-механічні та механічні методи. До термічних та хім.-термічних методів відносять гартування, цементацію, азотування, ціанування та ін. Для з. сталі деяких ін. сплавів застосовують термомеханічну обробку. Для поверх. з. застосовують дробоструминну обр-ку та об-і катку, внаслідок яких пов-ні отримують наклеп. Для з. деталей застосовують також наплавлення, електроіскрову обр-ку, нанесення захисного /зміцнюючого/ покриття, тощо.

164. **Зміцнювач, упрочнитель, reinforcer** – один із компонентів композиційних матеріалів, що визначає їх міцнісні власті. Як з. застосовують скляні, вуглецеві, борні волокна, ниткоподібні кристали /з оксидів, карбідів, нітридів і т.п./, а також металевий дріт. з. м.б. у вигляді волокон, джгутів, ниток, стрічок, багатопарових тканин і т.п.

165. **Зміцнююча обробка поверхонь, упрочняющая обработка поверхностей, strengthening superficial treatment** – зміцнення шляхом

нанесення ударів по поверхні деталі кульками, роликами, різними бойками або струменем дробу. Міцність конструкційних матеріалів - підвищується завдяки виникненню в поверхневих шарах значних напружень стиску. Шорсткість оброблюваної пов-ні збільшується. З.о.п. застосовується для виробів, які працюють зі знакозмінними навантаженнями /пружини, лопатки турбін, штоки і т.п./.

166. **Змішувачі**, *смесители, mixers* – машини для змішування різних реч-н. В ливарному вир-ві застосовують лопаточні З. і бігуни; в порошковій металургії - кульові млини, барабанні, шнекові, лопатеві, відцентрові, планетарні та ін.; при вир-ві пластмас - барабанні, лопатеві, відцентрові, валкові, шнекові та ін. при вир-ві пластмас - валкові, роторні та ін.

167. **Знос**, *износ, wear* – 1. Зміна розмірів, форми, маси або стану пов-ні виробу внаслідок руйнування /зносу/ поверхневого шару виробу. Розрізняють абразивний, кавітаційний, окислювальний, захоплюванням та ін. види З. 2. Кількісна оцінка процесу зношування /спрацьовування/.

168. **Зносостійкі матеріали**, *износостойкие материалы, wear-resistant materials* – матеріали, здатні чинити опір зношуванню В певних умовах експлуатації /тертя ковзанням, зношування потоком рідини або газу, абразивне зношування/. До З.м. відносяться зносостійкі сталі та чавуни, тверді сплави, наплавочні матеріали. Зносостійкість З.м. залежить від їх хім. складу, структури термічної обр-ки твердості структурних складових та здатності зміцнюватися в процесі експлуатації. До З.м. відносяться сталі: інструментальні /УІО, Р6М5/ графітізовані /ЭИ293, ЭИ336, ЭИ366/, хромисті ледебуритні /типу ХІ2ФІ/ високомарганцевисті /типу ПОГІЗ/; чавуни типу ЗООХ28Н2, 250ХІ7Г5 та ін. Як З.м. використовують тверді сплави типу ВК8. Зносостійкість м.б., підвищена поверхневим гартуванням, хім.-термічною обр-кою, нанесенням гальванічного покриття, наплавленням і т.п. Як наплавочні матеріали використовують литі прутки /із сплавів типу "сормайт", "реліт"/, порошкові дроти /ПП АН-І07, ПП АН-120/, металокерамічні стрічки /ЛМ-703МН ЛМ - 00Х21Н9Г/ та ін.

169. **Зносостійкість**, *износостойкость, wear resistance* – опір матеріалів, деталей машин та ін. виробів зносу. Характеризується тривалістю роботи до гранично заданої величини зносу.

170. **Зовнішня характеристика джерела живлення**, *внешняя характеристика источника питания, external characteristic of welding source* – графік залежності між напругою на клеммах джерела живлення і струмом, що їм віддається. Розрізняють крутопадаючу, пологопадаючу, жорстку і зростаючу З.х.д.ж. При ручному дуговому зварюванні найбільш широко використовують джерела живлення з крутопадаючою З.х. Зростаюча З.х., як правило, використовується при дуже великій силі зварювального струму /напр., автоматичне зварювання/.

171. **Зона деформації**, *очаг деформации, deformation zone* – зона, в якій в процесі обр-ки тиском відбувається переважно пластична деформація;

З.д. обмежена контактною поверхнею інструменту та зоною пружної деформації.

172. **Зона термічного впливу**, *зона термического влияния, heat affected zone* – нерозплавлена ділянка основного металу, структура та вл-сті якої змінилися в результаті нагрівання при зварюванні або наплавленні. Характер зміни вл-стей в З.т.в. залежить від способу і технології зварювання, хім. складу металу та процесу охолодження зварного шва.

173. **Зразок**, *образец, specimen* – виріб конкретної форми і розмірів, який використовується для визначення вл-стей даного матеріалу. Стандартизовані З. застосовують для визначення міцності, пластичності, ударної в'язкості, стійкості проти утворення тріщин та ін.

I

174. **Інгредієнт**, *ингредиент, ingredient* – складова частина якого-небудь складного сполучення або суміші.

175. **Індентор**, *индентор, indenter /penetrator*, – тв. тіло /алмаз, загартована сталь/ певної геометричної форми /куля, піраміда, конус/, яке вдавлюється в пов-ню зразка при визначенні твердості матеріалу.

176. **Інструмент**, *инструмент, tool* – будь-яке знаряддя для праці; напр., І. ковальський, слюсарний, різ. і т.п. Розрізняють І. ручний, верстатний і механізований, в т.ч. з електричним, гідравлічним або пневматичним приводом. До І. відносять також деякі пристрої, штампи. ливарні моделі кокilі. Особливу групу складають контрольно-вимірювальні І.

177. **Інструментальні матеріали**, *инструментальные материалы, tool material* – матеріали, що застосовуються для виготовлення різ. частини інструменту. До І.м. пред'являють вимоги: високі твердість теплостійкість та зносостійкість. До І.м. відносяться інструментальні сталі /вуглецеві, леговані та швидкоріжучі/, тверді сплави, мінералокераміка та абразивні матеріали.

178. **Інструментальні сталі**, *инструментальные стали, tool steel* – сталь з високими показниками твердості, теплостійкості, зносостійкості та міцності для виготовлення різ., вимірювального, штампового та ін. інструментів, або їх робочих частин. Для різ. інструменту, який працює при темп-рах до 200°C, найчастіше застосовують вуглецеву сталь /0,65-1,35%С/, при більших темп-рах – леговані І.с., які містять добавки хрому, вольфраму, молібдену, ванадію та ін., в т.ч. швидкоріз. сталь з 6, 9 або-18% W і теплостійкістю 600-640 °C. .Вимірювальний інструмент виготовляють з тих самих сталей, що й різ., який працює при легких режимах різання. Штампова сталь, крім високої міцності, повинна мати високі границю текучості, в'язкість, зносостійкість при підвищених темп-рах. Цим умовам відповідають сталі, що містять 0,5-0,6% С, леговані хромом, молібденом та нікелем.

179. **Інтерметаліди** /інтерметалеві сполуки/, *интерметаллиды /интерметаллические соединения/, intermetallic compounds* – хім. сполука

двох та більше металів між собою, напр., CuAl_2 , MgZn_2 , Al_2CuMg . І. входять у структуру великого числа промислових металевих сплавів, забезпечуючи їм зміцнення. Найчастіше не підкоряються правилу нормальної валентності.

180. **Іонізація**, *ионизация*, *ionization* – відрив від атома або молекули газу одного або кількох електронів. В результаті І. В газі виникають вільні носії заряду /електрони та позитивно заряджені іони/, і він набуває здатності проводити електричний струм. І. Газу здійснюється під дією ультрафіолетового, рентгенівського та гамма-випромінювання, при високій темп-рі і т.п. Останній вид І. має місце на першому етапі при запалюванні електричної зварювальної дуги. І. може відбутися також в тв. тілах та електролітах.

К

181. **Каландрування**, *каландрование, calendering* – технологічний процес одержання гумових деталей у вигляді листів, прогумованих стрічок, а також для з'єднання /дублювання/ листів гуми. К. виконують на багатовалкових машинах - каландрах. К. застосовують також при виготовленні полімерних плівок та виробів з пластмас.

182. **Калібр**, *калибр, gauge* – 1. В метрології - безшкальний вимірювальний інструмент для контролю розмірів, форми та взаємного розташування частин виробів. 2. В прокатному вир-ві - профіль отвору, утвореного рівчаками, які проточують на поверхні прокатних валків для надання відповідної форми і розмірів перерізу виробу, що прокатується.

183. **Калібровка**, *калибровка, calibration* - див. Калібрування.

184. **Калібрування**, *калибрование* – 1. *rool pass design* - у прокатному вир-ві: визначення розмірів, форми, кількості й характеру розташування калібрів в прокатних валках. 2. *calibration* - у волочильному вир-ві: волочіння з невеликим обтиском металевих прутків, дроту та ін. прокатаних профілів у холодному стані через волоку волочильного стану для надання їм точних розмірів, зменшення шорсткості пов-ні та підвищення міцності за рахунок наклепу. 3. *calibration* - К. отворів - продавлювання ст. кульки або оправки з кількома полірованими стовщеннями через отвір для підвищення його точності та якості пов-ні після обр-ки різанням. 4. *coining* - обробка операція при об'ємному штампуванні. Розрізняють площинне та об'ємне К. 5. *sizing* - опоряджувальна обр-ка тиском порошкової формовки або спеченої заготовки для покращання заданих форми, розмірів та якості пов-ні.

185. **Кальцинація**, *кальцинация, calcination* – обезводнювання гідрооксиду алюмінію $Al(OH)_3$ шляхом випалу, що відбувається при температурі 1200.°C з метою його розкладання. Здійснюється у трубчастих печах, що обертаються, на заключній стадії отримання глинозему Al_2O_3 у виробництві алюмінію.

186. **Каніфоль**, *канифоль, gosin* – нелетуча частина смоли – хвойних дерев /сосни/. К. застосовується як осн. компонент безкислотних флюсів при паянні легкоплавкими припоями; для виготовлення /лаків, пластмас каучуків, для усунення проковзування приводних ременів; .входить у склад зв'язуючих матеріалів та модельної маси /витоплюваних моделей/ ливарного вир-ва.

187. **Каолін**, *каолин, kaolin* – біла глина основу якої складає мінерал каолінит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Застосовують для електротермічного вир-ва кремнеалюмінієвого сплаву - силікоалюмінію, при виготовленні паперу, фарфору, вогнетривів /шамот/, гуми, пластмас, покриття зварювальних електродів та ін.

188. **Карбід кальцію** (CaC_2), *карбид кальция, calcium carbide* – сполучення кальцію з вуглецем, використовується в зварювальному вир-ві

для отримання ацетилену, а також при плавці чавуну в вагранці з метою підвищення його темп-ри.

189. **Карбід кремнію**, *карбид кремния, carborundum* – синтетичний абразивний матеріал, який отримують нагріванням суміші вугілля з кварцовим піском в спец. печах. Розрізняють К.к. зеленого та чорного кольору. За твердістю К.к. поступається тільки алмазу, ельбору, карбиду бору. Застосовують як абразивний матеріал для виготовлення шліфувальних кругів, шкурот та ін. Зелений К.к. застосовують при шліфуванні тв. сплавів, загострюванні твердосплавних інструментів; чорний К.к. - при обр-ці матеріалів із малою границею міцності на розрив /чавуни, мідні сплави тощо/. -З К.к. виготовляють нагрівальні елементи печей.

190. **Карбування**, *чеканка, coining* – 1. Спосіб обр-ки металів тиском, при якому відбувається утворення на пов-ні заготовок рельєфних зображень за рахунок перерозподілу металу. Застосовують для виготовлення монет, медалей, написів на карбувальних пресах 2. Застаріла назва обробної операції об'ємного штампування - калібрування.

191. **Карбюризатор**, *карбюризатор, carburiser* – вуглецевиста реч-на /тв., рідка або газоподібна/, здатна в певних умовах віддавати вуглець ін. реч-ні. Застосовують, напр., для поверхневого науглецювання /цементациї/ виробів зі сталі.

192. **Катанка**, *катанка, wire rod* – гарячекатаний дріт звичайно круглого перерізу діам. 5-10 мм. Осн. маса К. йде. на вир-во холоднотягнутого дроту діам. до 0,01 мм.

193. **Каучук**, *каучук, rubber* – див. Натуральний каучук. Синтетичний каучук.

194. **Кварц**, *кварц, quartz* – мінерал складу SiO_2 , складова частина багатьох, руд та сировинних матеріалів. Див., також - Кремнезем.

195. **Кераміка**, *керамика, ceramics* – неорганічний матеріал, який отримують з відформованої мінеральної маси в процесі високотемпературного випалу. Залежно від застосування К. розділяють на будівельну, вогнетривку, хім. стійку, побутову, технічну та ін. У машинобудуванні К. застосовують для виготовлення металоріз. різців, молотильних тіл кульових млинів, деяких деталей машин, футерівки ємностей, фільтрів для очистки повітря та різних газів, води, кислих та лужних суспензій, труб для пневмотранспорту, звукобірних матеріалів, жаростійкого та хім. стійкого покриттів.

196. **Кермети**, *керметы, cermet, metal ceramics* – гетерогенні порошкові композиційні матеріали, які складають з однієї чи кількох керамічних фаз 15-85% за об'ємом/ та металевих фаз і мають ряд властивостей, притаманних як кераміці, так і металу. В складі К. використовуються оксидна, карбідна, нітридна і боридна кераміка та будь-які метали і сплави. К. застосовуються в різних галузях техніки для роботи як жароміцні, високовогнетривкі, жаро-, зносостійкі матеріали; напр., при виготовленні прес-форм, калібрів,

металоріз. інструментів і т.п. Вироби з К; отримують методами порошкової металургії.

197. **Кипіння металу**, *кипение металла, metal riming* – виділення з розплавленого металу бульок розчинених в ньому газів. У сталеплавильних процесах використовується для дегазації сталі.

198. **Кипляча сталь**, *кипящая сталь, rimmer, rimmed steel* – сталь, неповністю розкислена при виплавці. Така сталь при застиганні зливку в виливниці "кипить", тобто з неї виділяються бульки газу, гол, ч. оксиду вуглецю. В зливку К.с. нема зосередженої усадочної раковини, по всьому зливку розташовані пузирі, що заварюються при прокатці. З К.с. виготовляють м'які сорти листового металу, який використовуються для глибокого витягування при штампуванні.

199. **Кисень (O_2)**, *кислород, oxugen* – хім. елемент, в нормальних умовах - газ. Отримують методом вибірного випаровування з повітря. Широко використовується в металургії для інтенсифікації металургійних процесів, для рафінування металів, а також для газового зварювання та різання.

200. **Класифікація**, *классификация, sizing* – 1. В металургії - розподілення порошків або подрібнених руд на групи, відносно однорідні за розмірами, формою, гус. тощо. Проводиться на грохотах /колосникових, вібраційних, барабанних/ та класифікаторах /рейкових, спіральних, конусних/. 2. У сталей - розподіленім сталей на класи за хім. складом, ступенем легування, розкислення, за якістю, призначенням.

201. **Кластер**, *cluster* – компактна обособлена група зв'язаних один з одним атомів, молекул або іонів, яка володіє властивостями, що в тій іншій мірі відрізняються від властивостей її елементів.

202. **Клей**, *клей, glue* – природні або синтетичні реч-ни, які застосовуються для з'єднання різних матеріалів за рахунок утворення адгезійних зв'язків клейової плівки з пов-нями склеюваних матеріалів.

203. **Ковальський інструмент**, *кузнечный инструмент, blacksmiths tool* – осн. та допоміжні знаряддя. що застосовуються при операціях кування: обтискач, намітка, сокира, прошивень та ін. Служить для переміщення, захоплення, підтримки, вимірювання заготовок.

204. **Ковкий чавун**, *ковкий чугун, malleable cast iron* – чавун з графітом пластівчастої форми /графіт відпалу/, який отримують відпалом з білого чавуну. К.ч. має підвищену пластичність, використовується для виготовлення дрібних, тонкостінних відливок для с.-г. машин, автомобілів, тракторів, арматури, фітінгів та ін. деталей масового вир-ва.

205. **Когезія**, *когезия, cohesion* – зчеплення твердих тіл, обумовлене силами міжмолекулярної /міжатомної/ взаємодії, яке призводить до об'єднання їх в єдине тіло. Явище К. має місце при уварюванні термопластичних однорідних пластмас без присаджувального матеріалу, При холодному зварюванні металів і т.п.

206. **Коефіцієнт використання матеріалу /КВМ/**, *коэффициент использования материала /КИМ/, material utilization factor* – показник технологічності, який характеризує ступінь витрати матеріалу на вир-во

виробу. Для деталі К.в.м. визначають як відношення маси готової деталі до нормативних витрат матеріалу на заготовку.

207. Коефіцієнт витяжки, коэффициент вытяжки, drawing coefficient –

1. Показник деформації, який чисельно дорівнюється відношенню довж. виробу після деформування до його довж. до деформування або відношення поп. перерізу виробу до деформування до його поп. перерізу після деформування. 2. При випробуваннях на штампованість листових матеріалів, відношення діам. заготовки до діам. пуансона.

208. Кокіль, кокиль, iron mould – металева форма з природним або примусовим охолодженням, яка використовується багаторазово і заповнюється розплавленим металом під дією гравітаційних сил. Розрізняють рознімні та нерознімні /витрушні/. К. застосовуються в серійному і масовому вир-вах.

209. Кольорова металургія, цветная металлургия, nonferrous metallurgy – галузь металургійних науки і техніки, охоплюючи вир-во кольорових металів та їх сплавів, починаючи від добування та переробки рудної сировини і кінчаючи готовою продукцією у вигляді зливків, прокату, труб, дроту та ін. виробів.

210. Кольорові метали, цветные металлы, non-ferrous metals – пром. назва всіх металів, за виключенням заліза. За фіз. і хім. вл-стями, характером залягання в земній корі К.м. поділяються на: легкі /алюміній, магній, титан, берилій та ін./, важкі /мідь, нікель, кобальт, свинець, олово, цинк та ін./, тугоплавкі /вольфрам, молібден, ніобій, тантал, хром, цирконій та ін./, благородні або дорогоцінні, розсіяні, рідкоземельні, радіоактивні. метали, які виробляються та використовуються в обмежених масштабах, називають рідкісними. До них відносяться всі розсіяні, рідкоземельні та радіоактивні метали, більшою частиною тугоплавкі, а також деякі легкі.

211. Композиційні матеріали, композиционные материалы, composite material – штучні конструкційні матеріали, що їх отримують сполученням хім. різнорідних компонентів, які утворюють новий ефект за рахунок підсумовування або взаємного підсилення вл-стей. К.м. складаються з двох компонентів: матриці та зміцнювача армуючого елемента/ Вл-сті К.м залежать від складу компонентів, їх сполучення, кількісного співвідношення та. щільності зв'язків між ними. За характером матриці К.м. поділяються на полімерні, вуглецеві, металеві; за зміцнювачем на карбоволокніти /зміцнювач - вуглецеві волокна/, бороволокніти /борні волокна/, органоволокніти /синтетичні волокна/, метали, армовані волокнами з молібдену, вольфраму, ниткоподібними кристалами і т.п.

212. Компонент, компонент, component – складова частина, елемент чого-небудь. В металознавстві К. називають речовини, які утворюють систему /сплав/. К. можуть бути як чисті елементи, так і стійкі хім. сполуки.

213. Конвертор, конвертор, converter – металургійний агрегат для отримання сталі з розплавленого чавуну, а також для переробки мідних,

нікелевих та мідно-нікелевих штейнів шляхом продувки повітрям або киснем. К. - посудина грушовидної або циліндричної форми. Способи продувки К. - донний, бічний та верхній. К. для вир-ва сталі за характером технологічного процесу поділяються на кисневі, бесемєрівські та томасівські.

214. Конструкційні матеріали, конструкционные материалы, structural materials – матеріали, які застосовуються для виготовлення деталей машин, механізмів, споруд, транспортних засобів, приладів та ін. технічних об'єктів. За складом К.м. поділяються на металеві /метали та їх плави / та неметалеві /пластмаси, скло, кераміка, деревина і т.п./. Проміжне положення займають композиційні матеріали, до складу яких можуть входити як металеві, так і неметалеві компоненти. За експлуатаційними властивостями К.м. розділяються на матеріали загального призначення /напр., вуглецеві конструкційні сталі, бетон, деревина/ і матеріали зі спец. властивостями: високоміцні, зносо-, кавітаційностійкі, антифрикційні, фрикційні, з високими пружними властивостями, малою гус. і високою пит. міцністю, корозійно-, тепло-, жаростійкі, жароміцні, надпровідники, резистивні /з високим омичним опором/, магнітом'які, магнітотверді, напівпровідникові, діелектричні, лазерні та ін.

215. Контроль якості, контроль качества, quality control – контроль всіх параметрів і властей виробів /або їх складових частин/ з метою визначення їх відповідності тех. умовам. К.я. складається з перевірки розмірів і форми виробів; хім. складу, фіз.-мех. властей матеріалу; якості поверхні; функціональних хар-к і т.п.

216. Копер, копер, impact machine – 1. Пристрій для ударних мех. випробувань /більшою частиною надрізаних зразків на вигин/. Складається із станини, на якій підвищений вантаж /маятник"/, що б'є по досліджуваному зразку і руйнує його, та пристрою для вимірювання роботи, яка поглинається зразком. 2. Установка для розбивки на дрібні куски великого металевого брухту.

217. Копір, копір, master form – деталь копіювального пристрою, яка має фігурний профіль /фасонна лінійка, кулачок, шайба і т.п./.

218. Корозійно-стійкі матеріали, коррозионно-стойкие материалы, corrosion-resistant material – матеріали, що мають стійкість проти електрохім. корозії /атмосферної, ґрунтової, кислотної, морської і т.п./. Осн. група К.м. - нержавіючі сталі, що містять більше 12-14% хрому та ін. легуючі елементи /напр., 20Х13, І4ХІ7Н2, 12ХІ8Н10Т, 08Х22Н6Т/. До К.м. також відносяться титанові, мідні сплави /бронзи, латунні/ та деякі алюмінієві сплави.

219. Корозія, коррозия, corrosion - руйнування металів внаслідок хім. або електрохім. взаємодії їх із зовнішнім /корозійним/ середовищем.

220. Кремнійорганічні полімери, кремнийорганические полимеры, silicon polimere – синтетичні високомолекулярні сполуки, які містять атоми кремнію та кисню у складі елементарної ланки макромолекули. К.п. відзначаються підвищеною термостабільністю /деякі покриття на основі

К.п. працездатні до 500°C, клеєві з'єднання /до 1000°C/, доброю холодостійкістю /до -100 °C/, високими діелектричними показниками та ін. Застосовуються у вир-ві електроізоляційних матеріалів, пластмас, клеїв, лаків, гум спец. призначення.

221. **Кристали**, *кристаллы, crystal* – тв. тіло, яке має упорядковане взаємне розташування утворюючих їх частин - атомів, іонів, молекул. В ідеальному К. частини розташовуються суворо періодично, у трьох вимірах, утворюючи кристалічну ґратку. Деякі реч-ни /залізо, вуглець та ін./ в різних інтервалах темп-р та тиску мають різну кристалічну структуру/ /поліморфізм/. Окремий К., частки якого розташовані одноманітно по всьому його об'єму, називається монокристалом. Ряд кристалічних зерен довільно орієнтованих один відносно одного, утворюють полікристал. Метали і сплави, які застосовуються в техніці, звичайно мають полікристалічну структуру.

222. **Кристалізація**, *кристаллизация, crystallization* – утворення кристалів з реч-ни, яка знаходиться в рідкому, газоподібному або твердому аморфному стані. Процес К. визначається виникненням центрів кристалізації та лінійною швидкістю кристалізації. Регулюючи, наприклад тепло відводу, можна отримати спрямовану К.

223. **Кристаліт**, *кристаллит, crystallite* – поодинокий кристал /монокристал/ неправильної форми, який не має характерної кристалічної огранки. До К. відносять дендрити, кристалічні зерна металевих зливків, мінералів тощо.

224. **Кристалічна ґратка**, *кристаллическая решетка, crystal lattice* – притаманне тв. кристалічним тілам розташування атомів /іонів, молекул/, яке характеризується їх періодичною повторністю у просторі. Уявлення про К.г. реч-ни дає розташування атомів в його елементарній кристалічній комірці. Найбільш поширені К.г. у металів: об'ємно центрована кубічна /ОЦК/, гранецентрована кубічна /ГЦК/ і гексагональна щільно упакована /ГЦУ/.

225. **Критичні точки**, *критические точки, critical points* – темп-ри, за яких змінюються агрегатний стан, кристалічна будова або фазовий склад в металах і сплавах при нагріванні та охолодженні.

226. **Крихкість**, *хрупкость, brittleness* – здатність матеріалу руйнуватися без помітної пластичної деформації внаслідок низької енергомісткості процесу руйнування. К. залежить від структурного стану тіла та умов випробування; збільшується при збільшенні швидкості навантаження і при зниженні темп-ри, при підвищенні ступеня концентрації напружень та запасу, пружної енергії. К. матеріалу, яка спостерігається тільки при ударних навантаженнях, називається ударною К. цього матеріалу. К., що проявляється при низьких темп-рах, називається холодноламкістю.

227. **Кування**, *ковка, hammering (forging)* – процес обробки металів тиском місцевим прикладенням деформуючих навантажень за допомогою універсального підкладного інструменту або бойків. В результаті послідовного деформування заготовки поступово набуває заданої форми

і розмірів. При К. використовують ковальський інструмент. Осн. операції К.: осадка, висадка, протяжка, розкочування, гнуття, прошивка, відрубка та ін. Застосовується в одиничному та серійному вир-вах.

Л

228. **Лаки**, *лаки, varnish* – р-ни плівкоутворюючих реч-н в органічних розчинах, які застосовуються для отримання прозорих захисних та декоративних покриттів або електроізоляційного просочення різних матеріалів, а також виготовлення емалевих фарб /емалей/. Залежно від призначення розрізняють Л., стійкі до агресивних середовищ, термостійкі електроізоляційні та ін.

229. **Лакофарбові покриття**, *лакокрасочные покрытия, varnish-and-paint coating* – покриття, які утворюються після твердіння /висихання/ лакофарбових матеріалів /лаків, фарб, ґрунтовок, шпаклівок/, нанесених на підготовлену пов-ню виробу для його зовнішньої обр-ки та захисту від корозії /метали/ або гниття /деревина/. Розрізняють осн. шари Л.п.: ґрунтувальний, шпаклювальний та криючий.

230. **Латекс**, *латекс, latex* – водні дисперсії полімерів. Розрізняють Л.: натуральні, синтетичні, штучні. Використовують для просочування шинного корду, виготовлення різномірних гумових виробів - губча-. отих, тонкостінних та ін.; емульсійних фарб; клеїв і т.п.

231. **Латуні**, *латуни, brass* – сплави міді з цинком /до 50% з масою/, часто з додатками алюмінію заліза, марганцю, нікелю, свинцю та ін. елементів /в сумі до 10 % /. Л. добре оброблюються тиском, характеризуються достатньою міцністю та стійкістю проти корозії.

232. **Легування**, *легирование, alloying* – цілеспрямована зміна складу сплаву шляхом введення в нього ін. легуючих елементів для зміни його структури і власт-стей; напр., введення в сталь хрому, нікелю, вольфраму та ін.

233. **Ледебурит**, *ледебурит, ledeburite* – структурна складова залізовуглецевистих сплавів /гол. ч. чавунів/ - евтектична механічна суміш аустеніту і цементиту в інтервалі темп-р нижче 727 °С та перліту і цементиту при темп-рі нижче 727 °С. Містить 4,3% С, твердість на рівні 700 НВ.

234. **Лезова обробка**, *лезвийная обработка, edge treatment* – процес обробки різанням шляхом зняття шару металу лезовим інструментом /тобто таким., що має одну або кілька різальних кромок. Лезовий інструмент виготовлюється з інструментальних сталей, твердих сплавів, мінералокераміки, алмазів. До Л.о. відносяться точіння, свердління, фрезерування розточування, протягування та ін.

235. **Ливарний чавун**, *литейный чугун, foundry pig iron* – 1. Чушковий чавун, що виплавляється в доменних печах і призначається для переплавки в вагранках, індукційних і електродугових печах як шихтовий матеріал при вир-ві відливків. 2. У ливарному вир-ві – сірий, ковкий, високо міцний

чавун з графітом пластинчастої, кулястої та пластівчастої форми, що використовуються як конструкційний матеріал.

236. Ливарні властивості металів, литейные свойства металлов, casting properties – сукупність вл-стей, що характеризують здатність металів і сплавів утворювати відливки без дефектів. Найважливіші Л.в.: рідкотекучість, об'ємна та лінійна усадка, ліквация, які залежать гол. ч. від хім. складу та темп-ри металу, що заливаться.

237. Ливарні напруження, литейные напряжения, casting stress – напруження у відливках. Розрізняють Л.н.: термічні - результат нерівного та різної інтенсивності охолодження в різних перерізах відливка; фазові - наслідок проходження в різний час в різних перерізах відливка фазових перетворень усадочні - результат мех. гальмування усадки. Перешкоджати нормальній течії усадки можуть стержні, виступаючі частини ливарної форми і т.п. Сума всіх трьох напружень складає Л.н.

238. Лігатура, лигатура, foundry alloy – допоміжний сплав з підвищеним вмістом легуючих елементів, що застосовуються для введення їх у рідкий метал. Л. застосовується, коли важко отримати сплави заданого складу безпосереднім введенням у рідкий метал чистих легуючих елементів.

239. Ліквация, ликвация, segregation – неоднорідність хім. складу сплаву, яка виникає за його кристалізації, зумовлена збагаченням рідкої частини розплаву, що кристалізується, елементами, розчинність яких в рідкій фазі більша, ніж в тв. В сталі особливо сильно ліквують фосфор, сірка та вуглець. Розрізняють мікро- та макроскопічну Л. Мікроскопічна Л. спостерігається в межах зерна або дендрита /дендритна Л./; при макроскопічній Л. неоднорідність складу видно неозброєним оком /зональна Л./; спостерігається по перерізу зливка /відливка/ або його частини.

240. Ліквідус, ликвидус, liquidus – графічне відображення залежності темп-р початку рівноважної кристалізації /або закінчення розплавлення/ сплавів від їх хім. складу.

241. Лінійна швидкість кристалізації, линейная скорость кристаллизации, linear velocity of crystallization – лінійна швидкість росту кристалів, які утворюються в розплаві. На величину Л.ш.к. впливає ступінь переохолодження розплаву і тепловіддачі в пов-ню ливарної форми

242. Лудіння, лужение, tinning – покривання оловом металевих, гол. ч. ст. та мідних виробів або напівфабрикатів /стрічки, листа, дроту/ для захисту їх від корозії або для підготовки до паяння. Л. здійснюють зануренням металевого виробу в розплавлене олово, електролітичним осаджуванням, натиранням та ін. способами.

М

243. Магnezит, магнезит, magnesite – мінерал складу $MgCO_3$ Застосовують в металургійній пром-сті для вир-ва магнію осн. вогнетривів

/вогнетривкість не нижче 2000°C/, в паперовому, гумовому, зварювальному та ін. вир-вах.

244. **Магнієві руди**, *магниеые руды, magnesium ores* - природні мінерали та реч-ни, що містять магній у вигляді різних солей. Найбільш придатні для вир-ва магнію - карналіт ($KCl, MgCl_2 \cdot 6H_2O$), магнезит ($MgCO_3$) і доломіт ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$). Біля 80% магнію отримують з карналіту та 20% - з магнезиту.

245. **Магнієві сплави**, *магниеые сплавы, magnesium alloys* - ливарні та деформівні сплави на основі магнію з додатками алюмінію, цинку, марганцю, цирконію, рідкісноземельних та ін. елементів. Густ. /1760-1810 кг/м³/ в 4 рази менша, ніж у сталі і в 1,5 рази менша, ніж у алюмінію та його сплавів. Мають відносно високі мех. ; вл-сті, добре обробляються різанням. М.с. застосовують в авіа-, ракетобудуванні, автомобільній та ін. галузях пром-сті. /

246. **Магній (Mg)**, *магний, magnesium* – блискучий сріблясто-білий дуже легкий метал; гус. 1739 кг/м³, темп-ра плавлення - 651°C. Одержують М. електролізом розплаву карналіта в суміші з ін. солями, металотермічним відновленням доломіту та ін. способами. Застосовують гол. ч. у вир-ві магнієвих сплавів; в металургії – для розкислення та десульфурації деяких металів та сплавів для металотермічного вир-ва титану, урану, цирконію та ін.; у ливарному вир-ві - як модифікатор для отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом.

247. **Магнітна дефектоскопія**, *магнитная дефектоскопия, magnetic-field testing* – виявлення дефектів у виробах або заготовках з феромагнітних матеріалів намагнічуванням виробів та фіксуванням потоків розсіяння, які утворюються в місцях розташування дефектів. М.д. застосовують для виявлення поверхневих дефектів та деяких дефектів, розташованих на порівняно невеликій глибині. Контроль може здійснюватися методом магнітного порошку або магнітографічним методом./

248. **Магнітні матеріали**, *магнитные материалы, magnetic material* – матеріали, які мають високу магнітну проникність. М.м. поділяються на магнітотв. і магнітом'які. Магнітотв. М.м. характеризуються високими значеннями коерцитивної сили і застосовуються для виготовлення пост. магнітів. До них відносяться хромисті /EX3/ та кобальтові /EX9K15M/. сталі, сплави типу "альніко"(Fe – Ni - Al). Магнітом'які М.м. :характеризуються малими втратами на гістерезис і застосовуються для виготовлення деталей, що піддаються змінному намагнічуванню /напр., осердя трансформаторів/. До них відносяться технічне залізо, електротехнічна сталь з 3-5% Si, залізонікелеві сплави /пермалої/, які містять бл.78,5% Ni.

249. **Мазут**, *мазут, mazut* – залишок від перегонки нафти. Нижча теплота згоряння біля 40 МДж; містить підвищену кількість сірки. В металургії застосовується як паливо; у ливарному вир-ві - як паливо та протипригарний додаток /1-1,5%/ в формувальних сумішах при отриманні чав., бронзових та латунних відливок.

250. **Макроструктура**, *макроструктура, macrostructure* – будова металу, видна неозброєним оком або при невеликому збільшенні за допомогою лупи на шліфованій та протравленій пов-ні металевих зразків та при зломі. Процес дослідження М. називається макроструктурним дослідженням або макроаналізом. М. характеризує розташування волокон у поковках, величину та розташування зерен литого металу, а також наявність дефектів.

251. **Макрошліф**, *макрошлиф, macrosection* – полірована /іноді й протравлена/ пов-ня перерізу металу, підготовлена для візуального дослідження.

252. **Мартенівська піч**, *мартеновская печь, open-hearth furnace* - полуменева регенеративна відбивна піч для вир-ва сталі з чавуну та ст. брукту.

253. **Мартенсит**, *мартенсит, martensite* - осн. структурна складова загартованої сталі - пересичений тв. р-н вуглецю в α - залізі. Мартенситній структурі відповідає найбільш висока твердість сталі /біля 550 НВ/.

254. **Мастильно-охолодна рідина /МОР/**, *смазывающе-охлаждающая жидкость /СОЖ/, cutting fluid* - рідина, яка зменшує шкідливий вплив сил тертя та високої темп-ри на різання металів. На процес різання М.-о.р. справляє впливи: охолоджуючий - відведення теплоти; змащуючий - зниження сил зовн. тертя; руйнівний - полегшення різання за рахунок адсорбції та збільшення крихкості в зоні різання поверхнево-активними реч-нами. Як М.-о.р. застосовують емульсії та масла /рослинні, тваринні, компаундовані, осірчені/. До складу емульсій входять вода, олія, інгібітор корозії, поверхнево-активні реч-ни, емульгатор. При чорнових методах обр-ки найчастіше використовують емульсії, при чистових - масла.

255. **Матриця**, *матрица*, - 1. *matrix* - осн. структурна або фазова складова сплаву. 2. *die* - технологічний інструмент з одним або кількома каналами, через які видавлюються пресовані вироби або напівфабрикати. Контур отвору М. відповідає профілю виробу. Виготовляють із сталей типу 3Х2В8, 5ХНМ, 7Х3. 3. *die* - робочий елемент штампа, що охоплює матеріал і залишається нерухомим. У порожнину М. при формуванні поковки входить пуансон штампа. За конструкцією М. поділяються на суцільні, рознімні, секційні. 4. *matrix* один з компонентів композиційних матеріалів, виконуючих роль зв'язуючої реч-ни. Розрізняють М.: полімерні - епоксидні смоли, поліаміди /напр., корпуси автомобілів, суден/, вуглецеві - осаджений на зміцнювач піролітичний вуглець /напр., плити теплового захисту, гальмівні диски/, металеві - корозійно-, жаростійкі метали та сплави /напр., деталі ракет, авіадвигунів/.

256. **Машинобудування**, *машиностроение; machines-building* – пром-сть, зайнята вир-вом машин, включаючи комплекс галузей важкої пром-сті, які виготовляють знаряддя праці, предмети вжитку та продукцію оборонного призначення. Доля продукції М. в загальному об'ємі промислової продукції перевищує 1/4.

257. **Метали**, *металлы, metals* – реч-ни, які мають електро-та теплопровідність, пластичність, блиск. Ці вл-сті М. обумовлені наявністю в кристалічній ґратці рухомих електронів. Всі. М. і сплави поділяються на чорні /залізо та сплави на його основі; становлять за масою приблизно 95% світової металопродукції/ та кольорові /решта М. та сплавів/. Кольорові /незалізні/ М. умовно поділяються на легкі, важкі, тугоплавкі, благородні /дорогоцінні/, розсіяні, рідкоземельні, радіоактивні, рідкі. М. в сучасній техніці використовуються найчастіше у вигляді сплавів, яких зараз налічується біля 10 тис. В зв'язку з розвитком напівпровідникових приладів і ядерної техніки інтенсивно розвивається вир-во особливо чистих М.

258. **Металізація**, *металлизация, metalization* – 1. М. розпаленням - нанесення металевого покриття на пов-ню виробу осадженням на ній рідкого металу, що розпилюється газовим струменем. Залежно від джерел нагрівання, які використовуються, розрізняють електродугову, газову та плазмову М. Використовується в декоративних цілях, для відновлення пов-онь металевих виробів, підвищення їх зносостійкості та корозійної стійкості. 2. М. дифузійна - насичення поверхневих шарів металевих виробів /гол, ч. сталевих/ різними елементами, переважно металами /алюмінієм, хромом, берилієм, кремнієм, бором та ін./ шляхом дифузії їх із зовн. середовища при високій темп-рі.

259. **Металічні порошки**, *металлические порошки, metal powders* – сукупність часток металу, сплаву або металоподібних сполук розмірами до 1 мм, що знаходяться у взаємному контакті та не зв'язанні між собою. М.п. отримують відновленням з оксидів та ін. сполук, електролізом, сублімацією та конденсацією, електроерозійним методом, дробленням розпиленням та ін. Застосовують для виготовлення деталей методом порошкової металургії, покриттів зварювальних електродів, порошкового дроту, нанесення покриттів наплавленням або напиленням, як пігменти тощо.

260. **Металознавство**, *металловедение, physical metallurgy* – наука, що вивчає зв'язок між складом, будовою /структурою/ і вл-стями металів і сплавів та закономірності змін при теплових, хім., електромагнітних та ін. впливах.

261. **Металопласт**, *металлопласт, metalloplastic* – сталевий лист з полімерним покриттям. Покриття надає Н. цінних якостей: високої стійкості в деяких агресивних середовищах, декоративного вигляду та ін. М. в багатьох випадках ефективно замінює нержавіючу сталь та кольорові метали.

262. **Металопровід**, *металлопровод, metal pipe-line* – вогнетривкий або футерований вогнетривами трубопровід для заливання ливарних форм рідким металом застосовується для виготовлення відливків з кольорових сплавів в масовому та крупносерійному вир-ві.

263. **Металорізальний верстат**, *металлорежущий станок, metal cutting machine* – верстат для розмірної обр-ки металевих або неметалевих

виробів, гол. ч. знімання стружки різ. інструментом, За техн. ознакою та інструментом, що застосовується, розрізняють М.в.: токарні, свердлильні, розточувальні; шліфувальні та доводочні; комбіновані та протяжні; розрізні; різні. За ступенем спеціалізації є М.в.: універсальні, широкого призначення, спеціалізовані, спец. Залежно від ступеню автоматизації розрізняють: автоматичні лінії, верстати-автомати, верстати з ручним управлінням.

264. **Металургія**, *металлургия, metallurgy* – комплекс наук та галузь пром-сті, зайняті процесами вир-ва металів з руд та ін. матеріалів, а також надання металам вл-стей, обумовлених їх призначенням.

265. **Метод вимірювання**, *метод измерения, method of measurement* - сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації

266. **Метод зіставлення**, *метод сопоставления, direct-comparison method* - метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням вимірюваної величини з усіма вихідними величинами багатозначної нерегульованої міри

Приклади 1. Вимірювання довжини лінійкою з поділками. 2. Вимірювання інтервалу часу годинником

267. **Метрологія**, *метрология, metrology* - наука про вимірювання

268. **Механічна суміш**, *механическая смесь, mechanical mixture* – вид структурної складової металевих сплавів; утворюється тоді, коли вихідні компоненти не схильні до взаємного розчинення у тв. стані та не вступають в хім. реакцію між собою.

269. **Механічні властивості**, *механические свойства, mechanical properties* - характеристики поведінки матеріалів під дією зовн. мех. сил. До М.в. відносяться: пружність, міцність, пластичність, в'язкість, опір втомленості та повзучості та ін. М.в. становлять у більшості випадків осн. показник для визначення можливості застосування того чи ін. матеріалу в конструкції.

270. **Мідні руди**, *медные руды, copper ores* - природні мінерали, які містять мідь у вигляді сульфідів або оксидів. Головні мінерали сульфідних руд - борніт (Cu_5FeS_4), халькопірит (CuFeS_2), ковелін (Cu_2S), халькозин (Cu_2S), окислених руд - куприт (Cu_2O), тенорит (CuO). В природі зустрічається також і самородкова мідь. Найбільше пром. значення мають сульфідні М.р.

271. **Мідні сплави**, *медные сплавы, copper alloys* – сплави на основі міді з додатками Sn, Zn, Pb, Al, Ni, P, Si та ін. елементів. М.с. поділяються на латуні /головний додаток - цинк/, бронзи /головні додатки - олово та ін. елементи, крім цинку та нікелю та мідно-нікелеві сплави. Залежно від легуючих елементів М.с. можуть мати високі електро- та теплопровідність, зносостійкість, пластичність, міцність, корозійну стійкість тощо.

272. **Мідь** (Cu), *медь, copper* – рожево-червоний метал гус. 8960 кг/м³, темп-ра плавлення - 1083 °C. В природі зустрічається в самородковому стані та у вигляді сполук із сіркою /сульфіди/ або киснем /оксиди/. М. отримують гол. ч. із збагачених сульфідних руд пірометалургійним

методом із наступним електролітичний рафінуванням. Високі електро- та теплопровідність, пластичність корозійна стійкість М. обумовлюють її галузь застосуванням бл. 50% М., що добувається, використовують в електротех. пром-сті /чиста М./, понад 30% М. – у вигляді мідних сплавів.

273. Мікроструктура, *микроструктура, microstructure* – структура металів або металічних сплавів, яка виявляється при значному збільшенні на шліфованих та полірованих зразках /мікрошліфах/ або на репліках та фольгах /в електронних мікроскопах/.

274. Мікротвердість, *микротвердость, microhardness* – твердість окремих елементів мікроструктури матеріалу, яка визначається шляхом вдавлювання індентора при малих навантаженнях /0,019-4,905 Н/ з використанням мікроскопа для вимірювання розмірів відбитка. М. визначають, вдавлюючи в досліджувану пов-ню алмазні наконечники у формі пірамід: 4-гранної, 3-гранної, ромбічної, а також біциліндра. Рідше М. визначають дряпанням. Випробуванню на М. піддають як дуже м'які, так і надзвичайно тв. матеріали.

275. Мікрошліф, *микршлиф, microsection* – зразок з плоскою полірованою та протравленою пов-нею для виявлення мікроструктури.

276. Мінералокераміка, *минералокерамика, minegal ceramics* – синтетичний інструментальний мінерал на основі глинозему (Al_2O_3), підданий спіканню при темп-рі 1720-1750 °С. Високі твердість та теплостійкість М. забезпечують високі різ. вл-сті. Проте через високу крихкість та чутливість до перепаду темп-р М. застосовують лише в умовах безударного різання та рівномірного припуску.

277. Мітчик, *метчик, tap* – інструмент у вигляді циліндричного нарізного стержня з різ. кромками дія нарізання внут. різей. Розрізняють М. ручні, машинні /для нарізання різей на свердлильних, токарних та агрегатних верстатах/ автоматні /для роботи на гайконарізних автоматах/ та іп.

278. Міцність, *прочность, strength* – 1. Здатність матеріалів чинити опір руйнуванню або пластичному деформуванню під дією зовн. навантажень. Осн. хар- ки М.: короткочасна М. /границя міцності на розтягання на стиск/; довгочасна й динамічна М., М. на втомленість. 2. В ливарному виробництві - здатність форми /стержня/ не руйнуватися під дією зовн. зусиль - власної ваги, поштовхів, динамічного впливу струменю металу і т.п. М. вогкої суміші визначається вл-стями рідких плівок, що покривають зерна піску /пісна, вогка глина, р-н рідкого скла та ін./.

279. Молот, *молот, hammer* – машина для обробки металів тиском за допомогою ударів падаючих частин. Розрізняють М. для кування /кувальні/, об'ємного та листового штампування /штампувальні/. За способом приводу розрізняють М.: пароповітряні - працюють від дії пари або стиснутого повітря від компресора, пневматичні - працюють за рахунок розрідження та стиску повітря, який знаходиться між робочим та компресорним поршнями; фрикційні - передача руху до баби здійснюється тертям; кривошипні та ін. За способом роботи розрізняють М. прості

/баба падав під дією гравітаційних сил/ та подвійної дії, коли падаючи, частини додатково розганяються робочим тілом /найбільш поширені/. Осн. хар-ка М. - маса падаючих частин.

280. **Монель-метал**, *монель-металл, Monel metal* – корозійностійкий сплав на основі нікелю, якій містить 27-29% міді, 2-3% заліза, 1,2-1,8% - марганцю. Відрізняється високими міцністю та пластичністю.

281. **Монокристал**, *монокристалл, monocrystal* – одиничний кристал з безперервною кристалічною ґраткою. М. вирощують штучно з розплавів, роз-нів, пароподібної фази, в тв. фазі. Існують також природні М. кварцу, кам'яної солі та ін. М. застосовують в оптиці, радіо-, напівпровідниковій та лазерній техніці.

282. **Муфельна піч**, *муфельная печь, muffle furnace* – полуменева або електрична нагрівальна піч, в якій вироби, що нагріваються, знаходяться в муфелі. В М.п. речі, що нагріваються, захищені від безпосереднього впливу пічного середовища; в муфель можна подавати захисний або ін. гази. М.п. застосовують, напр., при хім.-термічній обробці металів.

Н

283. **Нагрівання в контрольованій атмосфері**, *нагрев в контролируемой атмосфере, controlled atmosphere heating* – нагрівання в захисному газовому середовищі /нейтральному або відновному/ для запобігання утворенню на пов-ні сталевих виробів окалини або знеуглецьовування при нагріванні під термообр-ку або обр-ку тиском.

284. **Нагрівання металу**, *нагрев металла, metal heating* – при обробці тиском - підвищення енергії заготовки в результаті підводу до неї теплоти. Н.м. служить для зниження опору деформації, підвищення пластичності, зменшення витрат енергії на обр-ку та збільшення обтиску. Якість Н.м. справляє значний вплив на продуктивність устаткування, розмір зерен, механічні власт-сті металу, строк служби деформуючого інструменту. Розрізняють Н.м. на повітрі безокислювальне, вакуумне, полуменеве, плазмове, електричне; пряме і посереднє та ін.

285. **Нагрівний колодязь**, *нагревательный колодец, pit furnace* – вертикальна піч з верхнім завантаженням - розвантаженням для нагрівання сталевих зливоків перед їх прокаткою на блюмінгу або слябінгу; розташований нижче рівня підлоги цеху. Як паливо застосовують доменний або коксо-доменний газ.

286. **Нагрівні пристрої**, *нагревательные устройства, heater* – печі та ін. агрегати, які передають теплоту матеріалу, що обробляється. Н.п. розрізняють: за характером нагрівання - полуменеві та електричні; за конструкцією - періодичної /камерні печі/ та безперервної дії /методичні, напівметодичні та ін. подібні печі/. При обробці металів тиском як Н.п. застосовують полуменеві, муфельні печі, нагрівні колодязі та ін.

287. **Надрізання**, *надрезка, incomplete cut* – роздільна операція листового штампування, яка полягає в неповному відокремленні частини заготовки

шляхом зсуву. Після Н., як правило, провадиться гнуття /напр., при виготовленні кнопки/.

288. **Найбільший зазор**, *maximum clearance* - додатна різниця між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала у посадці з зазором або перехідній посадці

289. **Найбільший натяг**, *наибольший натяг, maximum interference* - у разі посадки з натягом або перехідній від'ємна різниця, перед складанням, між найменшим граничним розміром отвору і найбільшим граничним розміром вала

290. **Найменший зазор**, *наименьший зазор, minimum clearance* - додатна різниця між найменшим граничним розміром отвору і найбільшим граничним розміром вала у посадці з зазором

291. **Найменший натяг**, *наименьший натяг, minimum interference* - від'ємна різниця, перед складанням, між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала у разі посадки з натягом

292. **Накатка**, *накатка, knurl, knurling* – утворення на поверхні металевих деталей в холодному /рідше - гарячому/ стані різьби або дрібних поглиблень /рихлень/ безперервним впливом інструменту. Н. називають також пов-ню, отриману Н. Інструмент, що застосовується для Н., - накатні ролики та плашки. Крім формуютьоючої застосовують зміцнюючу Н. – поверх. пластичну деформацію виробів, які мають форму тіл обертання /вали, осі, диски, втулки та ін./, з метою підвищення їх міцності при втомленості, зносостійкості та ін. вл-стей.

293. **Наклеп**, *наклеп, strain hardening* – зміцнення металу при пластичній деформації при темп-рі, нижче темп-ри рекристалізації. Н. знижує пластичність та ударну в'язкість, але збільшує границю текучості та твердість. Поверх. Н. викликає стискуючі залишкові напруження, що сприяє підвищенню міцності деталей при втомленості. Н. виникає при обробці різанням, обкатці роликами, вигладжуванні твердосплавними або алмазними кульками, спец. обр-ці шротом. Для знімання Н. застосовують рекристалізаційний відпал.

294. **Нано-**, *нано- nano-* – 10^{-9} м (від грецького nanos – карлик), приставка для позначення порядку величини.

295. **Нанодіагностика**, *нанодиагностика, nanodiagnostics* – сукупність методів дослідження структурних, фізико-хімічних, механічних та інших характеристик наноматеріалів, аналіз складу і метричних параметрів наноречовин.

296. **Нанодріт**, *нанопровод, nanowire* – дріт діаметром порядку нанометра, який виготовлений із металу, напівпровідника чи діелектрика.

297. **Наноелектроніка**, *нанoeлектроника, nanoelectronics* – область фізики напівпровідників, що оперує пристроями, розміри яких, чи період їх надструктури, дорівнюють чи менше 100 нм.

298. **Наноіндустрія**, *наноиндустрия, nanoindustry* – вид діяльності із створення продукції на основі технологій, наноматеріалів і наносистемної техніки.

299. **Нанокластер**, *нанокластер, nanocluster* – утворення із невеликої кількості атомів розміром 0,1 – 1 нм.
300. **Наноккомпозити**, *наноккомпозиты, nanocomposites* – об'єкти, що отримані введенням наночасток в будь-які матриці, у яких між часткові взаємодії стають сильними і маскують властивості ізольованих часток.
301. **Нанокристал**, *нанокристалл, nanocrystal* – аналог наночастки, який має кристалічну будову.
302. **Нанокристалічні матеріали**, *нанокристаллические материалы, nanocrystalline materials* – компактні і дисперсні матеріали, які складаються із нанокристалів.
303. **Наноматеріали**, *наноматериалы, nanomaterials* – матеріали, які містять структурні елементи, розміри яких хоч би в одному вимірюванні менше 100 нм, та мають якісно нові властивості, функціональні і експлуатаційні характеристики.
304. **Нанометали**, *нанометаллы, nanometals* – метали, що відрізняються від звичайних металів малим розміром «зерен» їх кристалічної структури.
305. **Нанонаука**, *нанонаука, nano-science*, – система знань, що оснований на описанні, поясненні і передбаченні властивостей матеріальних об'єктів з нанометричними характеристичними розмірами.
306. **Нанооб'єкти**, *нанообъекты, nanoobjects* – багаточасткові системи, які складаються із індивідуальних, ізольованих наночасток.
307. **Нанопори**, *нанопоры, nano-pores* – пори з розмірами, що знаходяться у нанодіапазоні (~1-100 нм).
308. **Нанопорошок**, *нанопорошок, nanopowder* – тверда порошкоподібна речовина штучного походження, яка містить нанооб'єкти, агрегати, агломерати нанооб'єктів чи їх суміш.
309. **Наносистема**, *наносистема, nanosystem* – об'єкт у вигляді впорядкованих і пов'язаних між собою елементів з нанометричними розмірами, кооперація яких забезпечує виникнення у об'єкта якісно нових властивостей, пов'язаних з проявом наномасштабних факторів.
310. **Наносистемна техніка**, *наносистемная техника, nanosystems technics* – повністю чи частково утворені на основі наноматеріалів і нанотехнологій функціонально завершені системи і пристрої, характеристики яких кардинально відрізняються від аналогічних систем і пристроїв, які утворені за традиційними технологіями.
311. **Наноструктура**, *наноструктура, nanostructure* – сукупність наночасток певного розміру і складу з наявністю функціональних зв'язків.
312. **Нанотехнологія**, *нанотехнология, nanotechnology* – сукупність методів і прийомів маніпулювання речовиною на рівні атомів і молекул з метою отримання матеріалів з якісно новими властивостями.
313. **Нанотрубка вуглецева**, *нанотрубка углеродная, carbon nanotube* – порожниста циліндрична структура діаметром від десятих до декількох десятків нанометрів та довжиною від одного до декількох сотень мікрометрів і більше, яка утворена атомами вуглецю і являє собою згорнуту в циліндр графенову площину.

314. **Наночастки**, *наночастицы, nanoparticles* – проміжні утворення із атомів (молекул) між малими молекулярними кластерами і макроскопічними твердими тілами. Наночастки складаються із атомів одного чи декількох елементів і мають характеристичні розміри <100 нм.

315. **Наношар**, *нанослой, nano-layer* – двомірна структура, шар чи плівка нанорозмірної товщини на поверхні твердого тела чи рідини. Парамагнітна речовина – речовина, відносна магнітна проникненість якої декілька більше одиниці.

316. **Напилення**, *напыление, spraying* – нанесення на пов-ню деталі покриттів в рідкому або газоподібному стані. Н. можна наносити різноманітні покриття /метали та їх сплави, оксиди, силіциди, карбіди та ін./ на деталі з різних матеріалів. За типом джерела енергії апарати для Н. поділяються на газополуменеві, плазмові, електродугові, для детонаційно-газового Н. та для Н. у вакуумі. Окремий випадок Н. – металізація напиленням.

317. **Напівспокійна сталь**, *полуспокойная сталь, semkilled steel* – сталь, отримана при частковому розкисленні рідкого металу в печі або ковші. Така сталь додатково розкислюється в виливниці вуглецем, розчиненим у металі. В результаті нижня половина зливка утворюється щільною, а в верхній залишаються газові бульки та невелика усадочна раковина. Н.с. має вл-сті, близькі до вл-стей спокійної сталі.

318. **Наплавлення**, *наплавка, surfacing bulding-up welding* – нанесення на пов-ню виробу шару металу за допомогою зварювання плавленням. Н. застосовують і для відновлення розмірів зношених деталей, і при виготовленні нових. У першому випадку наплавляють метал з підвищеними експлуатаційними вл-стями /зносостійкістю, корозійною стійкістю, високими антифрикційними вл-стями та ін./. Розрізняють ручне дугове Н., яке здійснюється наплавочними електродами, і механізоване Н. наплавочними дротом або стрічкою під шаром флюсу, в захисному газі або відкритою дугою. Іноді Н. здійснюють електродним дротом Св-08 під шаром легуючого флюсу. Крім електродугового Н. застосовують плазмове, вібро-дугове, електрошлакове Н. та ін.

319. **Наплив**, *наплыв, overlap* – дефект у вигляді натікання металу шва на пов-ню осн. металу або раніше виконаного валика без сплавлення з ним.

320. **Наповнювачі**, *наполнители, filler* – реч-ни, що вводяться в гумову суміш або латекс /сажа, крейда, тальк, оксид магнію, кремнезем, кордова тканина та ін./, в пластмаси /тирса, азбест, каолін та ін./ та фарби /каолін, важкі та легкі шпати та ін./ з метою полегшити переробку, надати потрібні вл-сті, здешевити їх. Н., які поліпшують будь-які вл-сті полімерного матеріалу, називають активними; Н., які не змінюють вл-стей, - інертними. Волокнисті Н. називають також армуючими.

321. **Напряга**, *напряжение, tension* – різниця потенціалів між двома точками електричного кола.

322. **Напруження**, *напряжение, stress* – міра внут. сил, що виникають в тілі під впливом зовнішніх дій; чисельно дорівнюється відношенню величини діючої сили до площі її прикладання.

323. **Напуск**, *напуск, lap* – надмірна частина об'єму поковки або відливка, що додається для спрощення технологічного процесу їх виготовлення. У більшості випадків Н. віддаляється механічною обр-кою, рідше - залишається у виробі /штампувальні або ливарні уклони, збільшені радіуси заокруглень та ін./.

324. **Нарізання різі**, *нарезание резьбы, thread cutting* – утворення гвинтової різі /різьби/ шляхом зняття стружки на зовн. або внут, пов-нях деталей. Н.р виконують на різе-, гайко- та болтонарізних, різефрезерних, різешліфувальних, токарно-гвинторізних та вручну. Інструмент для Н.р. – різці, плашки, фрези, гребінки та ін.

325. **Наріст**, *нарост, built-up edge* – нашарування на передній пов-ні різ. інструменту частин оброблюваного металу. Його структура та вл-сті суттєво відрізняються від вл-стей оброблюваного металу. Наростоутворення залежить від фіз.-мех. властивостей оброблюваного металу, швидкості різання, геометрії різ. інструменту та ін. факторів. Н. суттєво впливає на процес різання та якість обробленої поверхні заготовки.

326. **Натуральний каучук**, *натуральный каучук, natural rubber* – природний високомолекулярний полімер (C_5H_8); міститься в молочному соку /латексі/ гевеї, кок-сагізу та ін. рослин. Осн. область застосування Н.к. - виробництво шин. Значну частину Н.к. застосовують у вигляді латексу.

327. **Натяг**, *натяг, interference* - від'ємна різниця між розмірами отвору і вала, перед складанням коли діаметр вала більший ніж діаметр отвору

328. **Нерознімне з'єднання**, *неразъемное соединение, permanent joint* – з'єднання деталей при якому розбирання вузла можливе лише з руйнуванням кріплення /з'єднання/ або самих деталей. До Н.з. відносять заклепочні, зварні, пресові, клейові з'єднання.

329. **Неруйнуючі методи контролю**, *неразрушающие методы контроля, nondestructive testing* – визначення хар-к матеріалів без руйнування виробу. Засновані на залежності деяких фіз. величин /акустичних, електричних, мех., магнітних та ін./ від певних вл-стей матеріалу, Осн. переваги Н.м.к.: простота випробувань, можливість 100% -го , контролю відповідальних виробів, можливість багаторазово повторювати випробування і т.п. До Н.м.к. відносять: рентгенографічну, гаммаграфічну, магнітну, люмінесцентну, ультразвукову та ін. дефектоскопії.

330. **Нижній відхил**, *нижнее отклонение, lower deviation (EI, ei)* - алгебраїчна різниця між найменшим граничним розміром і відповідним номінальним розміром

331. **Ниткоподібні кристали**, *нитевидные кристаллы, filamentary crystals* – монокристали у формі волокон довж. 2-10 мм і товщ. 0,5-2,0 мкм; практично позбавлені дефектів кристалічної ґратки /дислокацій/, тому мають міцність близьку до теоретичної. Так, Н.к. заліза; мають опір

розриву /границю міцності/ 13360 МПа, міді - 3020 МПа, а технічні залізо - 300 МПа, мідь - 260 МПа. Осн. напрямки використання Н.к. - реалізація їх міцнісних властивостей в композиційних матеріалах, а також використання їх високої теплової і абразивної стійкості.

332. **Ніж**, *нож, knife* – технологічний інструмент, безпосередньо контактуючий з металом в процесі різання.

333. **Нітинол**, *нитинол, nitinile* – немагнітний корозійностійкий сплав па нікелевій основі, який містить 40-45% титану; володіє ефектом пам'яті форми.

334. **Нітроцементация**, *нитроцементация, carbonitriding* – різновид хім.-термічної обробки сталі та чавуну, яка полягає в одночасному дифузійному насиченні з газового середовища повні металу азотом та вуглецем при темп-рі 850-870 °С, Н. підвищує зносостійкість, контактну міцність та міцність при втомленості металу.

335. **Ніхром**, *нихром, nichrome* – хромонікелевий сплав /65-80%Ni; 15-30% Cr, іноді з додатками алюмінію, титану та ін. елементів/, який характеризується високими жаростійкістю та пит. електричним опором. Застосовується для виготовлення електронагрівних елементів для електричних печей опору.

336. **Ножиці**, *ножницы, shear* – машина для різання металу. Розрізняють Н. з паралельними та похилими ножами /гільйотинні/, дискові. Для фігурного різання листового металу застосовують висічні та вібраційні Н. Летючі Н. служать для поп. розрізання прокату металу під час його руху по рольгангу.

337. **Номинальний розмір**, *номинальный размер, basic size, nominal size* - розмір, від якого отримують граничні розміри під час застосовування верхніх і нижніх відхилів

а. *Примітка.* Номинальним розмір може бути цілим числом, або десятковим, наприклад 12; 15; 8.75. 0.5 тощо

338. **Нормалізація**, *нормализация, normalizing* – вид термічної обробки полягає в нагріванні до темп-ри вище критичної. з наступним охолодженням на повітрі. Н. застосовується для виправлення структури перегрітої сталі та гарячадеформованих заготовок, усунення цементитної сітки у заевтектоїдних сталей, вирівнювання структури зварного шва. При Н. сталь отримує більш дрібнозернисту структуру, ніж після відпалу. Для середньовуглецевистих сталей /0,3-0,5%С/Н. може замінити поліпшення /гартування з наступним відпуском/.

О

339. **Обдирка**, *обдирка, roughing* – попередня /чорнова/ обр-ка різанням заготовок, отриманих литтям кування або прокаткою. В ливарному виробі О. – це видалення з повні заготовок різних наростів, рубчиків та ін. нерівностей абразивними кругами.

340. **Об'ємне штампування**, *объемная штамповка, die forging* – штампування виробів або заготовок з сортового прокату з обумовленим значним перерозподілом металу в поп. перерізі вихідної заготовки. Розрізняють відкрите та закрите Ш. Застосовують у ковальсько-штампувальному вир-ві при серійному та масовому вир-ві деталей машин із сталей та сплавів кольорових металів.

341. **Обкатка**, *обкатка*– 1. *shinning* – формоутворення з листових заготовок порожнистих деталей, що мають форму тіл обертання /напр., днищ цистерн/, на давильному стані. 2. *rounding-off* – ковальська операція округлення багатограних заготовок. 3. *generating process* - метод нарізання зубчастих коліс, при якому заготовка та зуборізний інструмент знаходяться в зачепленні, аналогічно зубчастій парі. 4. *rolling* – різновидність остаточної обробки зубчастих пар шляхом згладжування бічних профілів зуба оброблюваного колеса при О. з еталонним.

342. **Обкачування**, *окатывание, pelletizing* – метод окускування пилоподібного рудного дрібняка та концентратів з отриманням окатишів. Попередньо зволожений матеріал перетворюється в окатиші у обертовому барабані або в тарілчастому грануляторі. Отримані окатиші обпалюються для підвищення міцності.

343. **Облой**, *облой /заусенец/, flash* – 1. Надмірний метал, що видавлюється при штампуванні через зазори між елементами штампа /напр., між пуансоном та матрицею/ або в спец. канавку; видаляється відрізкою у відрізних штампах.

344. **Обробка кромки**, *разделка кромки, edge preparation* – 1. Технологічна операція підготовки кромки перед зварюванням, яка полягає в зніманні частини металу кромки із наданням їй заданої форми для поліпшення умов зварювання та забезпечення провару зварного шва на всю товщ. 2. Канавка заданої форми, утворена між складеними під зварювання кромками в результаті знімання з них частини металу і призначена для заповнення її присаджувальним металом.

345. **Обробка металів тиском**, *обработка металлов давлением, metal forming* – сукупність технологічних процесів, в результаті яких під дією зовнішніх сил відбувається пластична формозміна металевих заготовок без порушення їх суцільності та зміни об'єму. Основні методи О.м.т. прокатка, пресування, волочіння, кування, штампування.

346. **Обробка поверхневим пластичним деформуванням**, *обработка поверхностным пластическим деформированием, superficial plastic deformation treatment* - опоряджувальна /фінішна/ обр-ка металів тиском, при якій пластично деформується тільки поверхневий шар заготовки. Виконується на металоріз. верстатах. В результаті П.п.д. пов-ня заготовки приймає потрібні форму, розміри та шорсткість. П.п.д. супроводжується зміцненням поверхневого шару. До П.п.д. відносяться обкачування та розкочування, калібрування отворів, накатка різь шліцьових валів, зубчастих коліс, а також алмазне вигладжування та зміцнююча обр-ка пов-онь деталей.

347. **Обробка різанням, обработка резанием, metal machining** – обробка, яка полягає в утворенні нових пов-онь видаленням поверх, шарів металу з утворенням стружки. Утворення пов-онь супроводжується деформуванням та руйнуванням поверх, шарів матеріалу, внаслідок чого кожний вид О.р. забезпечує свою якість пов-ні.

348. **Оброблюваність матеріалів різанням, обрабатываемость материалов резанием, machinability** – здатність матеріалів піддаватися обробці різанням. Оцінюється за рядом критеріїв: швидкість різання, припустима при заданій стійкості інструменту, сила різання; якість обробленої пов-ні /напр., шорсткість/, форма стружки та ін. На О.м.р. впливають хім. склад матеріалу, його мех. і теплофіз. вл-сті, а також здатність до наклепу. О.м.р. м.б. покращена шляхом термічної обр-ки спец. легування, застосування мастильно-охолоджуючих рідин, підігріву або охолодження-матеріалу в процесі обр-ки.

349. **Одиниця стандартного допуску, единица стандартного допуска, standard tolerance factor (i, I)** - одиниця для цілей допусків і посадок за системою ISO. яка є функцію номінального розміру і яку використовують як базу для визначання стандартних допусків системи

350. **Окалина, окалина, scale** – продукт окислення сталі та деяких ін. сплавів при нагріванні на повітрі або в ін. середовищах, які містять кисень O. складається з оксидів металів, погіршує якість пов-онь та призводить до витрат металу. O. видаляють мех. та хім. шляхом. Нагрівання заготовок в печах з контрольованою атмосферою виключає утворення O.

351. **Окислювальний процес в металургії, окислительный процесс в металлургии, oxidizing process** – період плавки при вир-ві сталі, міді та деяких ін. металів та сплавів, під час якого відбувається окислення деяких компонентів або хім. сполук вихідного сплаву. Розрізняють пряме окислення газоподібним киснем та посереднє оксидом металу, який звичайно добре розчинюється в розплаві вихідної реч-ни. Типові О.п. в м. спостерігаються в переробних сталеплавильних процесах та при отриманні міді з сульфідних руд конвертуванням.

352. **Оксидування, оксидирование, oxidizing** – штучне окислення поверхневих шарів металевих виробів хім., електрохім. обр-кою або під дією кисню повітря за високих темп-р. Тонкі та міцні плівки, що утворюються в результаті O., запобігають корозії виробів, в деяких випадках підвищують зносостійсть /анодування алюмінієвих сплавів/ та надають певний декоративний вигляд.

353. **Опоряджувальна обробка, отделочная обработка, finishing treatment** – заключні /фінішні/ операції мех. обр-ки виробів, які забезпечують високу якість оброблених пов-онь. До О.о. належать тонке точіння, розточування, фрезерування, шевінгування, чистове /обробне/ шліфування, доводка притирка, полірування, хонінгування, суперфінішування, О.о. є також обробка пов-онь без знімання стружки: волочіння, карбування, вальцювання, обкатка розкочування роликами та кульками, алмазне вигладжування, дробоструменева обр-ка.

354. **Опосередковане вимірювання**, *косвенное измерение, indirect measurement* - непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленнями за результатами вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функційною залежністю
355. **Осадка**, *осадка, upsetting* – операція кування, в результаті якої зменшується висота заготовки та одночасно збільшуються її поп. розміри. 0. виконується на молотах і пресах.
356. **Основна площина**, *основная плоскость, base plane* - координатна площина, проведена через певну точку різ. кромки перпендикулярно до напрямку швидкості головного /або результуючого/ руху різання в цій точці.
357. **Основний відхил**, *основное отклонение, fundamental deviation* - для цілей допусків і посадок за системою ISO, відхил, що визначає положення поля допуску у відношенні до нульової лінії
- а. *Примітка.* Це може бути або верхній або нижній відхил, але за визначенням, основний відхил є одним з найближчих до нульової лінії
358. **Основний вал**, *основной вал, basic shaft* - вал, вибраний за основу для посадок у системі вала. Для цілей допусків і посадок за системою ISO, вал, верхній відхил якого дорівнює нулю
359. **Основний отвір**, *основное отверстие, basis hole* - отвір, вибраний за основу, для посадок у системі отвору. Для цілей допусків і посадок за системою ISO, отвір, нижній відхил якого дорівнює нулю
360. **Основний час**, *основное время, direct manufacture time* - інтервал часу, що витрачається на змінений та /або/ наступне визначення стану предмету праці. Фактично характеризує час на виконання певної технології операції /переходу/ та є основою для технічного нормування.
361. **Органічне скло /оргскло/**, *органическое стекло /оргстекло/, organic glass* – технічна назва прозорих пластмас на основі поліметилметарилату, полістиролу, полікарбонатів, полівінілхлоридів та ін. У порівнянні з неорганічним склом О.с. відрізняється відносно невеликою гус. та підвищеною міцністю. О.с. малочутливе до ударів і не дає небезпечних осколків. Застосовується для виготовлення безосколкового 3-шарового скла для скління літаків, автомобілів та ін. З нього виготовляють деталі приладів, лінзи, світлофільтри та побутові вироби.
362. **Отвір**, *отверстие, hole* - термін, застосовуваний для позначання внутрішнього елемента деталі, включаючи елементи, які не є циліндричними

П

363. **Паливо**, *топливо, fuel* – пальні реч-ни, осн. складова яких – вуглець та водень; застосовуються для отримання при їх спалюванні теплової енергії, а також як сировина в хім. пром-сті. П. поділяють за агрегатним станом – на тв., рідкі та газоподібні; за походженням – на природні та штучні. Найбільш широко використовують природні П.: викопне вугілля

/антрацит, кам'яне та буре/, нафту, газ, пальні сланці, деревину, рослинні відходи:. До штучних П, відносять кокс, моторні П., коксовий, доменний та генераторний газ та ін. Осн. хар-ка П. - теплота згоряння.

364. **Пальний газ**, *горючий газ, combustible gas* – газ або пари рідини, при спалюванні яких отримують полум'я, придатне для газо полуменевої обр-ки. Як П.г. використовують вуглеводні типу C_xH_y /ацетилен, пропан-бутан/ або їх суміші з ін. газами, водень, а також пари бензину та гасу.

365. **Пасивування**, *пассивирование, passivation* – переведення поверхневого шару металу з активного /у хім. відношенні/ стану в пасивний за рахунок утворення на його поверхні захисних шарів або плівок, які надають йому підвищену корозійну стійкість. Для цього метал обробляють р-нами окислювачів /пасиваторів/, напр., хроматів, нітритів, для утворення на пов-ні найтонших оксидних плівок.

366. **Патентування**, *патентирование, patenting* – вид термічної обр-ки сталі, який застосовується при вир-ві дроту волочінням для поліпшення пластичності та ін. вл-стей. При П. сталь нагрівається до темп-ри на 150-200°C вище температури A_{c3} з наступною ізотермічною витримкою в соляній або свинцевій ванні при темп-рі 450-550°C до завершення перетворення переохолодженого аустеніту. Наступне охолодження відбувається на повітрі.

367. **Патрон**, *патрон, chuck* – пристрій для закріплення заготовок або інструменту на металоріз. верстатах. Розрізняють П. мех., електромагнітні, гідравлічні, гідропластові та пневматичні. П. називають також модель, по якій обдавлюють листову заготовку при виготовленні порожнистих виробів на давильних верстатах, а також інструмент для нарізання конічних різей - зовн. на трубах і внут. на муфтах для цих труб.

368. **Паяльна кислота**, *паяльная кислота, killed spirit* – рідкий флюс для паяння легко плавкими припоями, який становить р-н хлориду - цинку $ZnCl_2$ з концентрацією 20-25 %; іноді в р-н додається нашатир NH_4Cl .

369. **Паяльна лампа**, *паяльная лампа, soldering lamp* – легкий переносний нагрівальний паяльник із спрямованим полум'ям, який працює на бензині або гасі. Застосовується для нагрівання деталей та паяльника, а також для розплавлення припою в процесі паяння.

370. **Паяльна паста**, *паяльная паста, soldering paste* – пастоподібна суміш порошкоподібного припою та флюсуючої реч-ни, напр. хлориду цинку $ZnCl$ або нашатирю NH_4Cl , замішана на етиловому спирті, гліцерині та ін. реч- нах.

371. **Паяльник**, *паяльник, soldering bit* – інструмент для паяння легкоплавкими припоями. Найпростіший П. становить загострений одного кінця кусок металу, звичайно міді, закріплений на ручці. Перед паянням П. нагрівають, а потім акумульована в ньому теплота передається виробу, що паяється. Загостреним кінцем /жалом П./ розподіляють припій по шву. Існують П. з періодичним та безперервним нагріванням; з контрольованою темп-рою жала П.; ультразвукові та ін.

372. **Паяння**, *пайка, soldering* – процес, утворення нерознімного з'єднання частин виробу при темп-рі, нижче темп-ри їх автономного розплавлення шляхом заповнення зазору між ними рідким припоєм та зчеплення їх в процесі кристалізації. П. застосовують гол. ч. для з'єднання металевих деталей, рідше - керамічних, скляних та ін. Розрізняють П.: за способом формування паяного шва - капілярне, контактно-реактивне, дифузійне, некапілярне та ін.; за способом віддалення оксидної плівки - флюсове, безфлюсове, ультразвукове, у вакуумі; за способом нагрівання - з загальним та місцевим нагріванням.

373. **Перегрів**, *перегрев, overheat* – оборотний дефект, виникаючий при нагріванні металу під обробку тиском, який полягає в формуванні великого зерна. Зв'язаний із перевищенням верхньої границі температурного інтервалу при обробці металів тиском або з тривалим перебуванням металу при високій темп-рі. Веде до утворення розривів при прокатці.

374. **Передача**, *передача, transitions, gear* – сукупність механізмів, які передають рух від одного елемента до ін. /з вала на вал/ або перетворюють один вид руху в ін. /напр., обертовий у поступальний/. Елемент П., який передає рух, називається ведучим, а той, що його отримує, - веденим. Кожна П. характеризується передаточним відношенням. У металоріз. верстатах застосовують наступні види П.: зубчаста, ремінна, ланцюгова, черв'ячна, рейкова, гвинтова, безступінчаста та ін.

375. **Передня поверхня**, *передняя поверхность, face* – поверхня інструменту, контактуюча в процесі різання з шаром, що зрізується, або стружкою.

376. **Перекіс**, *перекос, cross-joint* – дефект у вигляді зміщення однієї частини відливка відносно осей або поверхонь ін. частини за роз'ємом форми, моделі або опок внаслідок їх неточної установки або фіксації при формуванні та складанні.

377. **Перекристалізація**, *перекристаллизация, recrystallization* – вторинна кристалізація сплавів - зміна їх кристалічної будови при нагріванні або охолодженні /без зміни агрегатного стану/; обумовлена поліморфним /алотропічним/ перетворенням.

378. **Перепал**, *пережог, burn* – необоротний дефект металу, який полягає в окисленні або оплавленні границь зерен в результаті значного перевищення верхньої границі температурного інтервалу при обробці металів тиском. Дефект є непоправним.

379. **Перероб в металургії**, *передел в металлургии, conversion* – процес переробки матеріалу, в результаті якого змінюються його хім. склад, фіз. та мех. власт. або агрегатний стан. Напр., при виготовленні ст. виробів проходить три П.: перший - одержання чавуну із залізних руд; другий - переробка чавуну в сталь у вигляді зливків; третій - обробка зливків тиском для отримання виробів заданих форм та розмірів.

380. **Переробний чавун**, *передельный чугу́н, convention pig iron* – чавун, що виплавляють в доменних печах та призначений для подальшого

переробу в металургії або як шихтовий матеріал в ливарному вир-ві при виплавці чавуну в вагранці, індукційній або електродугових печах. Від ливарного чушкового чавуну П.ч. відрізняється меншим вмістом кремнію.

381. **Перехідна посадка**, *переходная посадка, transition fit* - посадка, яка може забезпечити, зазор, або натяг між отвором і валом після складення, залежно від дійсних розмірів отвору і вала

382. **Періодичний прокат**, *периодический прокат, periodical roled stock* – прокат, що отримують позд. або поп. прокаткою. Зміни розмірів і форми поп. перерізу П.п. періодично повторюються по довжині. П,п. м.б. готовим виробом /арматурна штаба/ або напівфабрикатом для штампування деталей автомобілів, тепловозів та ін.

383. **Перліт**, *перлит, perlite* – структурна складова залізовуглецевих сплавів - евтектоїдна мех. суміш фериту та цементиту /в легованих сталях - карбідів/. За формою цементиту розрізняють П. пластинчастий та зернистий. Містить 0,8% С, твердість 160-200 НВ.

384. **Пилка**, *пила, saw* – ручний різ. інструмент або машина /верстат/ для розпилювання або розрізання деревини металу та ін. Для розрізання мет. труб, сортового прокату, відрізання ливарних додатків вирізки заготовок з листа та ін. служать П. дискові /металеві/ абразивні/ - різання диском, що обертається, ножівкові - різання ножівковим полотном; стрічкові - різання безконечною /замкненою/ гнучкою стрічкою з зубами. Для різання нагрітих заготовок служать П., диски яких обертаються з великою частотою.

385. **Пінопласт**, *пенопласт, foam plastic* – спінені полімерні матеріали з замкненими порами. Поділяються на жорсткі, напівжорсткі та еластичні. Застосовують як легкі заповнювачі елементів силових конструкцій, демпфуючих матеріалів, для тепло- та звукоізоляції, в ливарному вир-ві для виготовлення випалюваних моделей та ін.

386. **Пірометалургія**, *пирометаллургия, pyrometallurgy* – галузь металургії, зв'язана з отриманням та очищення металів /сплавів/ за високих темп-р /обпал, плавка тощо/. До П. відноситься вир-во чавуну, сталі, міді, кікелю та ін.

387. **Пластичність**, *пластичность, plasticity* – 1. Здатність тв. тіл необоротно змінювати, не руйнуючись, форму та розміри під дією зовн. сил. її. металів залежить від умов деформування /схема напруженого стану, швидкість навантаження, темп-ри, тиску тощо/. П. металевих та ін. конструкційних матеріалів широко використовують в техніці /напр., для обробки металів тиском/. П. приблизно м.б. оцінена відносним здовженням та відносним звуженням при випробуванні зразків на розтягування. 2. В ливарному вир-ві - здатність суміші передавати формі /стержню/ точні обриси моделі /стержневого ящика/ під впливом зовнішніх сил та зберігати прийняту форму після видалення моделі /стержневого ящика/. П. збільшується зі збільшенням вмісту глини в суміші.

388. **Пластмаси**, *пластмассы, plastic* – див. Пластичні маси.

389. **Плашка**, *плашка, threading die* – інструмент для накатки або нарізання зовн. різей. Накатна П, служить для отримання різей шляхом пластичного деформування; нарізна П. - для нарізання різей вручну або на металоріз. верстатах.
390. **Плексиглас**, *плексиглас, Plexiglass* – Див. Органічне скло.
391. **Площина різання**, *плоскость резания, cutting plane* – координатна пл., дотична до різ. кромки в певній точці та перпендикулярна до основної площини.
392. **Поділлка шкали**, *деление шкалы, scale division* - частина шкали між двома сусідніми позначками шкали
393. **Позначка шкали**, *отметка шкалы, scale mark* - риска або інший знак на шкалі, що відповідають одному або декільком значенням вимірюваної величини
394. **Показ** (засобу вимірювань), *показание (средства измерения), indication (of a measuring instrument)* - значення вимірюваної величини, створене за допомогою засобу вимірювань та подане сигналом вимірювальної інформації
395. **Поковка**, *поковка, forging* – металевий виріб, виготовлений куванням або штампуванням. У порівнянні з відливком має більш досконалу структуру та кращі мех. вл-сті.
396. **Покриття електрода**, *покрытие электрода, electrode coating* – суміш реч-н, нанесена на електрод для підсилення іонізації, захисту від шкідливого впливу середовища, металургійної обр-ки зварювальної ванни. Складається гол. ч. з оксидів кремнію, марганцю, кальцію, титану, зв'язних рідким склом або ін. склеюючим матеріалом.
397. **Поле допуску**, *поле допуску, tolerance zone* - у графічному представленні допусків, поле, що міститься між двома лініями, які представляють найбільшу і найменшу межі розміру, визначено величиною допуску і його положенням відносно нульової лінії
398. **Поліаміди**, *полиамиды, polyamide* – полімери, які отримують полімеризацією лактамів, поліконденсацією діамінів та дікарбонових к-т. Використовуються у вигляді пластмас синтетичних волокон, клеїв, плівок. До П. відносяться капрон, анід, та онант. Капрон має високу міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя. Виготовляють корпуси приладів, підшипники, зубчасті шестерні, волокна та тканини. Анід є більш теплостійким, ніж капрон; застосовується для виготовлення підшипників, арматури, електротехнічних деталей, деталей текстильних машин та медичного обладнання.
399. **Поліетилен**, *полиэтилен, polyethylene* – продукт полімеризації етилену. Розрізняють П. високого та низького тиску, які відрізняються за своїми вл-стями. П. стійкий проти лугів, р-нів солей та сильних к-т низької концентрації, але руйнується концентрованими к-тами та деякими органічними розчинниками. Застосовують для виготовлення кислотостійких труб, кранів, акумуляторних балок, плівок і т.п.

400. **Поліконденсація**, *поликонденсация, polycondensation* – процес утворення полімерів шляхом реакції конденсації. При П. разом з полімером, що утворюється, виділяються побічні продукти /вода, аміак, вуглекислий газ та ін./. Полімери, що утворюються при П., можуть мати як лінійну будову/поліаміди, поліефіри/, так і просторову/ амінопласти, фенопласти/. П. провадять з використанням каталізаторів або без них.

401. **Полімери**, *полимеры, polymers* – сполуки з високою молекулярною масою, молекули яких складаються з як правило регулярно або нерегулярно повторюваних ланок одного або кількох типів. Розрізняють П. природні /натуральний каучук, целюлоза, білки, природні смоли та ін./ та синтетичні /феноформальдегідні, карбамідні, епоксидні смоли поліетилен, та ін. /. За відношенням до нагрівання П. поділяються на термопластичні /термопласти/ і термореактивні /реактопласти/.

402. **Полімеризація**, *полимеризация, polymerization* – процес отримання полімерів, при якому макромолекула утворюється послідовним приєднанням молекул низькомолекулярної реч-ни /мономеру/ до активного центру, що знаходиться на кінці зростаючого ланцюга. За числом мономерів, які беруть участь в П., розрізняють гомополімеризацію /один мономер/ та сополімеризацію /не менш як два мономери/. На долю полімерів, синтезованих методом П., припадає бл. 75% їх світового вир-ва.

403. **Поліморфізм**, *полиморфизм, polymorphism* – власт-сть деяких хім. елементів існувати за різних зовнішніх умов /тем-ра, тиск тощо/ у вигляді двох і більше простих реч-н, різних за своїми будовою та власт-тями. У деяких металів /залізо, титан та ін./ П. проявляється в зміні кристалічної ґратки при переході темп-ри через так зв. критичну точку.

404. **Полірування**, *полирование, polishing* – опоряджувальна /фінішна/ обр-ка матеріалів до отримання дзеркального блиску пов-ні. П. металів проводиться на полірувальних верстатах кругами з фетру або сукна та стрічками, які швидко рухаються, на пов-ню яких нанесена полірувальна паста. Іноді застосовують електролітичне П.

405. **Полуменева піч**, *пламенная печь, flame furnace* – промислова піч, в якій теплоту для нагрівання або плавлення металу отримують безпосередньо спаленням палива; теплопередача до матеріалу здійснюється випромінюванням та конвекцією від газоподібних продуктів згоряння палива, а також випромінюванням від розжареної внут. пов-ні вогнетривкої кладки.

406. **Поріг холодноломкості**, *порог хладноломкости, cold brittleness threshold* – темп-ра переходу від в'язкого руйнування до крихкого, що характеризується, як правило, заданим рівнем в'язкої складової в зломі або певної величини ударної в'язкості. Різницею між темп-рою експлуатації та П.х. називають запасом в'язкості.

407. **Порошкова металургія**, *порошковая металлургия, powder metallurgy* – галузь науки та техніки, що охоплює вир-во металічних порошків, а також виробів з них або з їх сумішей з неметалевими

порошками. Виготовлення виробів здійснюється без розплавлення осн. компонента.

408. Порошковий виріб, *порошковое изделие, powder part* – виріб з металічного порошку, який отримують його формуванням та спіканням. До П.в. відносяться різ. інструмент /тв. сплави/ підшипники, фрикційні муфти, електричні контакти, магніти, фільтри для к-т, гарячих газів та ін.

409. Порошковий матеріал, *порошковый материал, powder material* – матеріал, виготовлений з металічного порошку або з його суміші з неметалевими порошками. Найбільше поширення отримали такі види П.м.: конструкційні; антифрикційні для вир-ва виробів з низьким коефіцієнтом тертя; фрикційні для роботи в гальмівних та передаточних, вузлах машин і приладів; електроконтактні для вир-ва електропровідних комутаційних пристроїв та ін. До П.м. відносяться спеклі сталі /вуглецевисті та леговані/; залізо- та бронзо-графітові, пористі матеріали з нержавіючої сталі, титану або срібла; магнітом'які та магнітотв. матеріали та ін.

410. Посадка, *посадка, fit* - відношення, що впливає із різниці між розмірами двох елементів (отвір і вал), які повинні бути складені

а. *Примітка.* Дві складені частини посадки мають спільний номінальний розмір

411. Посадка з зазором, *посадка с зазором, clearance fit* - посадка, що завжди забезпечує зазор між отвором і валом після складення, тобто найменший розмір отвору є більший, або в крайньому випадку, рівний найбільшому розміру вала

412. Посадка з натягом, *посадка с натягом, interference fit* - посадка, що завжди забезпечує натяг між отвором і валом після складення, тобто найменший розмір отвору є менший, або в крайньому випадку, рівний найменшому розміру вала

413. Правка, *правка, dressing* – 1.Відновлення різ. здатності металоріз. інструменту /шліфувальних кругів, різців, фрез, свердел та ін./, втраченої в процесі роботи. 2.Формоутворююча операція обробки металів тиском з метою усунення викривлень форми або просторового, розташування елементів заготовок з листового, штабового, пруткового матеріалу /напр., вигин, жолоблення та ін./.

414. Прес, *пресс, press* – машина для обр-ки тиском, яка своїми робочими частинами справляє неударний /статичний/ вплив на матеріал, на П. обробляють метали, пластичні маси гуму та ін. За призначенням П. поділяють на кувальні, штампувальні, листоштампувальні, карбувальні обрізні, згинальні, брикетувальні та ін.

415. Пресові формувальні машини, *прессовые формовочные машины, squeeze moulding machine* – формувальні машини, в яких ущільнення формувальної суміші відбувається за рахунок переміщення пресового поршня або модельної плити. Розрізняють П.ф.м. з верхнім та нижнім

пресуванням. Процес ущільнення триває не більш як 4-5 с. Застосовують для формування опок площею до 800х600мм та висотою не більше 150мм.

416. **Пресування, прессование, pressing** – 1. Процес обробки металів тиском (який полягає у видавлюванні металу з порожнини контейнера через канал матриці з метою отримання суцільних або порожнистих профілів. Розрізняють пряме та зворотне П. металів. При прямому П. зливка, який розміщується в контейнері, проштовхується пуансоном через нерухому матрицю. При зворотному П. матриця розташовується на кінці порожнистого пуансона та рухається до зливка, а метал, що продавлюється, тече назустріч руху пуансона. 2. Формування виробів з металічних порошків в прес-формах або оболонках під дією зовн. зусилля. За температурою процесу розрізняють гаряче /при темп-рі, яка становить 0,6-0,8 від. темп-ри плавлення осн. порошку/ та холодне /при кімнатній темп-рі/ П. З метою одержання рівномірної пористості формовок складної конфігурації застосовують ізостатичне П. 3. Спосіб переробки пластмас у в'язко текучому стані. Розрізняють пряме і литтєве П. Прямим П. отримують деталі середньої складності та невеликих розмірів з реактопластів з порошковим або волокнистим наповнювачем. Литтєвим П. отримують деталі складної форми з глибокими отворами, у тому числі й різевими. 4. Спосіб отримання фасонних гумових деталей /манжет, ущільнюючих кілець, клинових пасів, автомобільних шин і т.п./, При гарячому П. вироби отримують у прес-формах, нагрітих до темп-ри 140-155°C; при цьому одночасно відбувається їх формоутворення та вулканізація. Холодним П. отримують вироби з ебонітових сумішей. Вулканізація у таких випадках проводиться після П.

417. **Прес-форма, пресс-форма, press mould** – пристрій для виготовлення відливків /лиття під тиском, лиття з кристалізацією під тиском/, моделей /лиття за витоплюваними моделями/, виробів з пластмас, скла, металічних порошків та ін. пресуванням. Найпростіша прес-форма становить дві металеві плити з порожниною, яка відповідає, конфігурації виробу.

418. **Привод, привод, drive** – пристрій, який складається з двигуна, передаючих механізмів та системи управління для приведення в рух машин і механізмів. В металоріз. верстатах застосовують індивідуальний П. /найчастіше - електричний, рідше - гідравлічний та ін./, тобто кожний верстат приводиться в рух від одного або кількох електродвигунів або гідроциліндрів.

419. **Пригар, пригар, burn-on** – дефект у вигляді специфічного шару на пов-ні відливка, який утворюється внаслідок фізичної і /або/ хім. взаємодії формувального матеріалу з рідким, металом за його оксидами і який відділяється від пов-ні відливка.

420. **Припій, припой, solder** – метал або сплав, який вводиться в конструктивний зазор між частинами виробу, що паяються, або в зазор, який утворюється між ними в процесі паяння. П. має темп-ру плавлення нижчу, ніж матеріали, що паяються; здатний змочувати їх розтікатися, затікати в зазори й зчіплюватися з ними. П. поділяються: за темп-рою

плавлення ($T_{пл}$) - особливо легкоплавкі / $T < 145^{\circ}\text{C}$ /, легкоплавкі $145 < T_{пл} < 450^{\circ}\text{C}$ /, середньоплавкі / $450 < T_{пл} < 1100^{\circ}\text{C}$ /, високо плавкі / $1100 < T_{пл} < 1850^{\circ}\text{C}$ /, тугоплавкі / $T_{пл} > 1850^{\circ}\text{C}$ /; за осн. компонентом олов'яно-свинцеві /ПОС40, ПОС6І/, кадмієві /КІ, КЗ/, мідні /МФІ, Л63, Л68/, срібні /ПСр72, ПСр50Кд/, мідно-нікелево-марганцеві /ВПр2, ВПр2/ та ін.

421. **Припуск /на механічну обробку/**, *припуск /на механическую обработку/*, *allowance* – додатковий шар металу, що залишається на заготовці та видаляється в процесі обробки різанням для забезпечення необхідної точності та якості поверхневого шару оброблюваної деталі. П. передбачають тільки на поверхні, які по тому піддаються мех. обробці. Зменшення П. на обробку ґрунтується на підвищенні техн. рівня виготовлення заготовок.

422. **Притир**, *притир*, *lap* – інструмент для обробної /фінішної/ обр-ки заготовок за допомогою абразивних порошків або паст, які наносяться на його поверхню, або матеріалом самого П. Виготовляється з міді, чавуну, деревини або ін. матеріалів.

423. **Притирка**, *притирка*, *grinding-in* – опоряджувальна /фінішна/ обр-ка поверхневих шарів деталей, які працюють в парі, для забезпечення найкращого контакту робочих пов-онь. Напр., П. клапанів до сідел, П. зубчастих коліс і т.п. /

424. **Пробивання**, *пробивка*, *piercing* – Роздільна операція листового штампування, призначена для утворення в заготовці отвору або паза шляхом зсуву з видаленням частини металу у відхід.

425. **Прокат**, *прокат*, *rolled stock* – продукція прокатного вир-ва – металеві вироби, які отримують гарячою або холодною прокаткою /листи, штаби, стрічки, рейки, балки, труби, прутки тощо/.

426. **Прокатка**, *прокатка*, *rolling* – 1.Процес обробки металів тиском шляхом обтиску між двома та більше прокатними валками з метою зменшення поп. перерізу вихідної заготовки /зливка/, збільшення її довж., та надання потрібної форми. П. – завершальна стадія металургійного вир-ва. За темп-рою деформації розрізняють П. холодну та гарячу, за способом деформації металу - поздовжню, поперечну і поперечно-гвинтову. 2.П. металічного порошку - безперервний процес формування вільно засипаного порошку в валках прокатного стану. Застосовується для виготовлення порошкових виробів у вигляді стрічок, листів, штабів з одного металу або біметалу.

427. **Прокатний стан**, *прокатный стан*, *rolling-mill* – комплекс машин та механізмів, призначених для пластичної деформації металу двома та більше робочими валками, що обертаються. За числом валків розрізняють дуо-, тріо-, кварто-стани та багатовалкові стани. За призначенням П.с. поділяються на обтискні- /блюмінги та слябінги/, заготівельні, рейково-балочні, крупно-, середньо- та дрібносортові, дротові, товсто- та тонколистові, холодної прокатки, трубо- та колесопрокатні, а також спец.

428. **Протягання**, *протягивание*, *broaching* – обр-ка багатолезовим інструментом – протяжкою – з поступальним гол. рухом різання, яке

поширюється на всю оброблювану пов-ню без руху подачі. Розрізняють зовн. та внут. П., а також координатне П. Протягуванням отримують у попередньо виготовлених отворах шпонкові пази, наскрізні отвори різного профілю і т.п.

Протяжка, протяжка – 1. *broach* – багатолезовий різ. інструмент для обр-ки заготовок протяганням П. для отворів - це звичайно стержень з зубами різної вишини, розташованими рядами. Осн. частини П.: хвостовик, шийка, передня та задня направляючі частини, робоча, та калібруюча частини /з зубами/. 2. *broaching* - операція гарячого, штампування для отримання порожнистих поковок на протяжних пресах. Н. отримують суцільнотягнуті труби. Стакани для снарядів та заготовки.

429. **Протяжні верстати, протяжные станки, broaching machines** – металоріз. верстати для обр-ки протяганням зовн. та внут. пов-онь. Розрізняють П.в.: горизонтальні, що застосовуються гол. ч. для внут. протягання; вертикальні - для всіх видів протяжних робіт; зубопротяжні з коловими дисковими протяжками – для нарізання циліндричних та конічних зубчастих коліс тощо.

430. **Процедура вимірювання, процедура измерения, measurement procedure** - послідовність вимірювальних операцій, що забезпечує вимірювання згідно з обраним методом

431. **Прошивач, прошивень, piercer** – ковальський інструмент який використовується при виконанні операції прошивки. Залежно: від розміру отвору, що виготовляється, застосовують суцільний або порожнистий П.

432. **Прошивка, прошивка, piercing** – 1. Операція кування, яка полягає в утворенні в заготовці, наскрізних отворів або порожнин за рахунок витискання металу; провадиться суцільним або порожнистим інструментом – прошивачем. 2. Операція видалення перемички, що утворюється в штампованих поковках при намічанні в них наскрізних отворів. 3. Операція при вир-ві безшовних труб, яка здійснюється на пресах /з застосуванням прошивної голки/ або прошивних станах /з використанням оправки/ для отримання порожнистих гільз з суцільних зливків або заготовок. 4. Металоріз. інструмент подібний до протяжки, відрізняється від неї тим, що вона під час обр-ки прошовується через оброблюваний отвір.

433. **Пружна деформація, упругая деформация, elastic deformation** – деформація, яка зникає після знімання навантаження, що її викликає. Здатність до П.д. використовується при виготовленні демпфуючих деталей /ресори, пружини, торсіони тощо/.

434. **Пружність, упругость, elasticity** – здатність тіл відновлювати свою форму та об'єм після припинення дії зовнішніх сил. Однією з характеристик П. є границя пружності.

435. **Пруток, пруток, bar** – довгомірний напівфабрикат круглого або профільного перерізу, отриманий прокаткою або пресуванням, який використовують як заготовки для виготовлення деталей методами пластичної деформації або обробки різанням.

436. **Пряме вимірювання**, *прямое измерение, direct measurement* - вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей

437. **Пряме одержання заліза**, *прямое получение железа, direct reduction of iron* – отримання заліза та сталі безпосередньо із залізрудних матеріалів. Залежно від темп-ри процесу кінцевий продукт отримують у вигляді губчастого заліза, криці, металізованих окатишів або в рідкому стані. Продукти П.о.з. використовують для виплавки сталі. П.о.з. – перспективний напрямок в вир-ві чорних металів без використання металургійного коксу.

438. **Пуансон**, *пуансон, upper die* – рухомий робочий елемент штампа, який охоплюється матеріалом заготовки під час деформації. При штампуванні та пресуванні металів і порошків П. безпосередньо давить на заготовку, що знаходиться у другій частині штампа – матриці; при пресуванні металів П. передає тиск через прес-шайбу на заготовку, що видавлюється через матрицю.

Р

439. **Радіальний обтиск**, *радиальное обжатие, rotatory forging* - деформування заготовки на відносно невеликій ділянці її довж. пульсуючими бойками, які періодично змикаються. Після кожного обтиску заготовка подається в бойки на певну довж. /шаг подачі/. Машина для Р.о. поділяються на два типи: радіально-обтискні та ротаційно-обтискні. Типові вироби, які отримують Р.о., - суцільні та порожнисті ступінчасті деталі, гол. ч. тіла обертання.

440. **Раковини в металі**, *раковины в металле, cavity* – відкриті /зовн./ або закриті /внут./ порожнини в тілі відливка або зливка. Залежно від походження Р.в.о. бувають: газові, усадочні, шлакові та ін.

441. **Рафінування металів**, *рафинирование металлов, refining* – очистка металів та сплавів від нейтральних та шкідливих домішок. Застосовують Р.м. пірометалургійне, хім., електролітичне, вакуумуванням, продувкою газів, возгонкою т та ін.

442. **Реактопласти** /термореактивні полімери/, *реактопласти /термореактивные полимеры, thermosetting plastic* – полімери, які твердіють при нагріванні або під дією ін. факторів. Внаслідок твердіння Р. утворюють просторову структуру молекул та втрачають здатність плавитися при нагріванні й розчинюватися. Р. мають підвищену термостійкість та більш високі пружні власт., ніж термопласти. До Р. відносяться фенопласти, амінопласти, матеріали на основі кремнійорганічних, поліефірних та епоксидних смол.

443. **Револьверна головка**, *револьверная головка, capstan* – вузол металоріз, верстата /револьверного, карусельного та ін./ у вигляді поворотного барабана або диска, В Р.г. закріплюють кілька різ. інструментів, які переміщуються при повороті Р.г. в послідовності

технологічного процесу. При горизонтальному позд. розташуванні осі повороту Р.г. використовується й для отримання колової поперечної подачі.

444. **Регенерація**, *регенерация, regeneration* – 1. В теплотехніці Р. – використання теплоти відхідних газоподібних продуктів згоряння для відігрівання газоподібного палива та повітря, що поступають у теплообмінник. 2. У ливарному вир-ві Р. формувальної суміші – переробка суміші для відновлення зернового складу піску та підвищення активності пов-ні його зерен.

445. **Рекристалізація**, *рекристаллизация, recrystallization* – змінення мікроструктури деформованого металу при нагріванні його вище певної темп-ри /темп-ри Р./, при якій з деформованих кристалів утворюються та ростуть нові рівноосні зерна. Р. приводить до підвищення структурної досконалості та відновлення властивостей металу до рівня не-деформованого стану. Темп-ра Р. для технічно чистих металів становить бл. 0,4 абсолютної темп-ри їх плавлення.

446. **Релаксація**, *релаксация, relaxation* – самочинний процес установлення в тілі термодинамічної рівноваги, попередньо порушеної зовн. впливом. Окремий випадок Р. - самочинне зменшення мех. напружень в твердому тілі /напр., в різевому з'єднанні/ з плином часу при незмінній величині деформації.

447. **Рентгенографічна дефектоскопія**, *рентгенографическая дефектоскопия, X-ray flaw defectation* – метод дефектоскопії, заснований на різному поглинанні рентгенівського випромінювання при розповсюдженні його на однакові відстані в різних середовищах. Інтенсивність рентгенівського випромінювання, яке пройшло через контрольований виріб; реєструється фотографічно, візуально, ксерографічно або іонізаційними методами. Застосовується для контролю виробів товщ. до 80 мм із сталі та 250 мм з легких сплавів Р.д. дозволяє визначити раковини, пухкості, тріщини та ін. дефекти переважно в литих виробах та зварних з'єднаннях.

448. **Розкочування**, *раскатка, rolling-off* – обр-ка тиском кільцевої заготовки для збільшення її діам. та отримання правильної форми кільця. Р. здійснюється бойками на оправці при куванні або розкатними роликками на розкатних верстатах. Р. виготовляють бандажі для коліс, обойми підшипників кочення великих розмірів тощо. В прокатному вир-ві Р. називають збільшення діам. за рахунок зменшення товщ. стінок при вир-ві безшовних труб.

449. **Розмір**, *размер, size* - числовий вираз у визначеній одиниці, числове значення лінійної величини

450. **Розточувальна оправка**, *расточная оправка, boring bar* – пристрій для розточування отворів у вигляді циліндричного валика з радіально розташованими отворами, в яких закріплюються різці. Застосовується звичайно для обр-ки декількох співвісних отворів одночасно. Задній кінець

Р.о., як правило, закріплюється в люнеті заднього стояка розточувального верстата.

451. **Розточувальний блок**, *расточной блок, boring block* – швидкозмінний різ. інструмент для розточування отворів, який об'єднує в одному корпусі кілька вставних регульованих різців або розточувальних пластин.

452. **Розточувальні верстати**, *расточные станки, boring machine* – металоріз. верстат для обр-ки різ. інструментом, що обертається, попередньо отриманого отвору /розточування/. Розрізняють Р.в.: горизонтально-, координатно-, алмазно-розточувальні та спеціалізовані. Горизонтально-розточувальні верстати з горизонтальним розташуванням шпинделя призначені для обр-ки отворів з точними відстанями між осями в деталях окладної форми; відрізняються великою універсальністю та дозволяють виконувати, крім розточувальних робіт, свердління, зенкерування, розвертання, фрезерування, обточування торців та нарізання різей. Алмазно-розточувальні верстати застосовуються для тонкого обробного розточування отворів алмазними або твердосплавними різцями при високих швидкостях різання, малих подачах та глибинах різання.

453. **Розточування**, *расточивание, boring* – обр-ка різцями попередньо отриманого отвору на розточувальних, свердлильних, токарних, фрезерних та ін. верстатах для отримання отворів заданого діам. та забезпечення співпадання осі отвору з віссю обертання виробу або інструменту.

454. **Рубчик**, *заусенец, seat* – виступ на пов-ні відливка, який утворюється при нещільному з'єднанні напівформ або при неспівпаданні ливарних знаків. Відділяється при очистці відливків.

455. **Руда**, *руда, ore* – мінеральне утворення з таким вмістом металів або корисних мінералів, яке забезпечує економічну доцільність їх видобування. Скупчення Р. називають рудним тілом. Розрізняють Р. металеві /залізні, мідні, свинцеві, цинкові та ін./ та неметалеві /миш'якові, баритові, азбестові та ін./.

456. **Рух подачі**, *движение подачи, feed motion* – рух різ. інструменту або заготовки, швидкість якого менша швидкості головного руху різання, призначений для того, щоб поширити відділення шару матеріалу на всю оброблювану пов-ню. Р.п. м.б, поступальним та обертальним, безперервним та переривчастим. В процесі обр-ки можуть використовуватися декілька Р.п. одночасно /напр., при шліфуванні/. Залежно від напрямку розрізняють поздовжній, поперечний та ін. Р.п.

457. **Рух різання**, *движение резания, cutting motion* – рух, який забезпечує зрізання з заготовки шару матеріалу або викликає зміну стану обробленої пов-ні заготовки. До Р.р. відносять головний Р.р. та рух подачі.

С

458. **Самозатвердіваючі суміші**, *самотвердеющие смеси, self-curing mixtures* – рідкі формувальні та стержневі суміші, які твердіють на повітрі

і не вимагають сушіння або додаткової обр-ки зовн. реагентами. Складаються з наповнювачів, зв'язуючих матеріалів, затверджувачів, іноді – води. Використовують С.с.: з цементом та кварцовим піском /твердіють за 24-72 год/; з рідким склом /за 20-60 хв/; на базі синтетичних смол /за 0,5-40 хв/. Швидкість твердіння не залежить від габаритів форми або стержня.

459. **Свердлильні верстати, сверлильные станки, drilling machine** – металоріз, верстаки для свердління, розсвердлювання, зенкерування та розвертання отворів у заготовках з металу та ін. матеріалів, для нарізання різь і т.п. Розрізняють С.в.: за розташуванням шпинделів - вертикально-свердлильні з постійним розташуванням шпинделя; радіально-свердлильні, що допускають переміщення шпинделя в горизонтальній пл., а іноді, й його нахил; горизонтально-свердлильні для глибокого свердління; агрегатні.

460. **Свердління, сверление, drilling** – лезова обр-ка свердлом з обертальним головним рухом різання при пост, радіусі його траєкторії та русі подачі тільки вздовж осі головного руху різання. Розрізняють С. глухе, наскрізне та глибоке. Через порівняно невисоку точність С. часто становить підготовчу операцію для наступного розточування, зенкерування, розвертання, протягання, нарізання внут. різь. С. виконують на свердлильних, розточувальних, токарних та інших верстатах, а також ручними свердлильними машинками.

461. **Свердло, сверло, drill** – різ. інструмент для утворення отворів у суцільному матеріалі та обр-ки /розсвердлюванні/ попередило виготовлених отворів. Осн. рухи С. - обертання та осьова подача. Залежно від конструкції розрізняють С.: спіральні, гарматні /для свердління - глибоких отворів/, перові, centruвальні та ін. С. виготовляють з легованих, швидкоріз. сталей або оснащують твердосплавними пластинками.

462. **Силіцування, силицирование, siliconizing** – насичення поверхневого шару сталевих та ін. металевих деталей кремнієм для підвищення їх антикорозійних власт-стей, зносо- та жаростійкості.

463. **Силуміни, силумины, silumin** – ливарні сплави на основі алюмінію, який містить 4-13% кремнію; має підвищену корозійну стійкість. З метою покращання мех. власт-стей С. піддаються модифікуванню лужними металами.

464. **Синтетичний алмаз, синтетический алмаз, synthetic diamond** – інструментальний матеріал, отриманий з графіту в умовах певних тисків та темп-р. Має кристалічну структуру і власт-ті природного алмазу. Розміри С.а. досягають 1-2 мм в поперечнику, звичайно декілька десятків часток мм. Випускають С.а. марок АСО, АСП, АСВ /звичайної, підвищеної та високої міцності/ та ін. для виготовлення абразивного інструменту, паст, порошків для доводочних робіт.

465. **Синтетичний каучук, синтетический каучук, synthetic rubber** – синтетичні полімери, які, подібно до натурального каучуку, мають при звичайних темп-рах високоеластичні власт-ті і м.б. перероблені в гуму. Всі

С.к. звичайно поділяються на каучуки загального та спец, призначення. Перші застосовуються у вир-ві виробів, в яких реалізуються осн. вл-сті гуми - висока пружність/ шини конвеєрні стрічки та ін./, другі - у вир-ві виробів, які поруч з пружністю, мають тепло-, масло -, бензо-, морозо-, зносостійкість та ін. специфічні вл-сті. Застосування С.к. спец, призначення дозволяє отримати гумові вироби з такими технічними вл-стями, яких немає у гум з натурального каучуку.

466. **Синьоламкість**, *синеломкость*, *blue brittleness* – зниження пластичності сталі при одночасному підвищенні міцності, характерне для деформації при темп-рах 200-300°C. С. викликається переважно домішками фосфору.

467. **Сира гума**, *сырая резина*, *raw rubber* – див. Гумова суміш.

468. **Систематична похибка (вимірювання [засобу вимірювальної техніки])**, *систематическая погрешность*, *systematic error* - складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини

469. **Ситали**, *ситали*, *sital* – склокристалічні матеріали, які отримують кристалізацією скла при введенні в нього спец, каталізаторів. С. мають малу гус. /меншу, ніж у алюмінію/, високу мех. міцність особливо на стиск, твердість, жароміцність термічну стійкість, хім. сталість та ін. цінні вл-сті. Перспективне використання С. як будівельних та конструкційних матеріалів /обтічники ракет, хім, стійка апаратура, плити, панелі, підшипники, фільтри, мелючі тіла, труби та ін./.

470. **Сірий чавун**, *серый чугу́н*, *grey castt iron* – чавун, у якому вуглець в значному ступені або повністю знаходиться у вільному стані у вигляді пластинчастого графіту; має на зломі сірий колір. Мех. вл-сті С.ч. значною мірою залежать від його структури. Найбільш поширений ливарний сплав. З С.ч. виготовляють різні відливки для машинобудування /зубчасті колеса, циліндри, супорти станини металоріз. верстатів та ін./, тонкостінні відливки деталей швейних, друкарських, с.-г., текстильних та ін. машин.

471. **Складання форм**, *сборка форм*, *mould assembly* – установлення, з'єднання та закріплення ливарних стержнів в ливарній формі та її частин між собою. Правильність установлення стержнів перевіряють контрольними шаблонами. Точність суміщення нижньої та верхньої напівформ забезпечується стаціонарними або зйомними контрольними штирями Для запобігання підйому верхньої напівформи при заливанні металу її скріплюють з нижньою /скобою, болтами/ або ставлять вантаж. /

472. **Склеювання**, *склеивание*, *glueing*, – отримання нерознімних з'єднань деталей машин, будівельних конструкцій, виробів легкої пром-сті та ін. за допомогою клеїв. Застосовують для з'єднання міцним швом практично будь-яких матеріалів: паперу, деревини, гуми, шкіри, металів, пластмас, кераміки, скла, фосфору, абразивів та ін. - як між собою, так і в різних сполученнях один з одним. У ливарному вир-ві С. виготовляють дерев'яні моделі, складають витоплювані моделі в блоки, оболонкові форми та стержні, піщано-глинясті стержні.

473. **Скло**, *стекло, glass* – крихкий неорганічний матеріал, який отримують при застиганні розплаву, що містить склоутворюючі компоненти /оксиди кремнію, натрію, калію, кальцію, магнію, бору, алюмінію, літію, титану, свинцю та ін./. За типом склоутворюючого компонента розрізняють С. силікатне /на основі SiO_2 /, боратне /основа B_2O_3 / боросилікатне, алюмосилікатне, алюмоборосилікатне та ін. Завдяки можливості надавати С. /змінюючи його склад та умови термічної об-ки/ різні власт.: оптичні, мех., хім., термічні та ін. – воно широко використовується в різних галузях техніки, будівництва, пром-сті, декоративного мистецтва, в побуті.

474. **Склопластики**, *стеклопластики, glass-reinforced plastic* – композиційні матеріали, які складаються з наповнювача у вигляді скловолокнистих матеріалів /скляне або кварцове волокно/, склотканин та ін, і зв'язуючої реч-ни /термо- або реактопласти/; напр., скловолокніти, склотекстоліти. С. в 3-4 рази легше сталі, але в деяких випадках не поступаються їй за міцністю. З С. виготовляють, напр., корозійностійкі труби, що витримують великий тиск. С. застосовують як конструкційний матеріал в суднобудівництві /корпуси човнів, катерів і т.п./ на транспорті/ кузови легкових автомобілів, рефрижераторів, цистерни, елементи вагонів/; в авіації та ракетній техніці /радіопрозорі обтічники, лопаті гвинтів вертольотів, силові елементи/, в хім. пром-сті /корозійностійке обладнання, трубопроводи/, в будівництві, в електро- та радіотехніці /як електроізоляційний матеріал/ і т.п.

475. **Склотканини**, *стеклоткани, glass cloth* – матеріали, утворені переплетінням взаємно перпендикулярних ниток скляного волокна. З С. виготовляють склопластики фільтри для гарячих агресивних середовищ та ін.

476. **Скрап**, *скрап, scrap* – металеві відходи металургійних вир-в, що використовуються для переплавки в металургійних печах. Іноді терміном "С." називають увесь металевий брухт, включаючи металеві частини конструкцій, машин, предметів побуту і т.п., що йдуть на переплавку.

477. **Скручування**, *скручивание, twisting* – операція кування та штампування, яка полягає у повороті навколо позд. осі однієї частини заготовки відносно ін.

478. **Слюсарні роботи**, *слесарные работы, locksmithing* – обробка металів у холодному чи нагрітому стані за допомогою різних інструментів, шляхом припасування деталей і вузлів, монтажної-демонтажної роботи тощо. Слюсарні роботи складаються з таких операцій: розмітки, рубання, вирівнювання і гнуття, різання, обпилювання, свердління, зенкування і розвертання отворів, нарізування різьби, шабрування та притирання, паяння і лудіння, склеювання, клепання, запресування і випресування деталей.

479. **Смоли**, *смолы, resin* – складні за хім. складом органічні реч-ни. С. природні - реч-ни, що виділяються рослинами при нормальному

фізіологічному процесі або при пораненні. Найбільш багаті на природні С. тропічні рослини, а також хвойні. Зараз природні С. часто замінюються синтетичними полімерами. Напр., сечовиноформальдегідні С, - продукти поліконденсації сечовини з формальдегідом; фенол альдегідні С. - продукти поліконденсації фенолів та альдегідів /напр., фенолформальдегідні С./. Синтетичні С. застосовують для вир-ва різноманітних пластмас.

480. **Солідус**, *солидус, solidus* – графічне зображення залежності темп-ри кінця рівноважної кристалізації /або початку плавлення/ сплавів від їх хім. складу.

481. **Сорбіт**, *сорбит, sorbite* – структурна складова залізо-вуглецевистих сплавів - дисперсна суміш фериту та цементиту. Відноситься до перлітних структур, відрізняючись від перліту більш тонкодисперсною будовою. Розрізняють С. гартування та відпуску, С. гартування виникає безпосередньо з переохолодженого аустеніту. С. відпуску отримують при високотемп-ному відпуску загартованої сталі. Твердість бл. 350 НВ.

482. **Сортовий прокат**, *сортной прокат, shape steelrolled stock* – один з осн. видів продукції прокатного вир-ва; катані вироби /профілі/ різноманітних /порожнистих/ перерізів. С.п. поділяється на профілі: прості /круг, квадрат, шестикутник, штаба/, (фасонні /рейки, балки, швелери, кутовий профіль/ та спец. /колеса, бандажі, кулі та ін./.

483. **Спеклі матеріали**, *спечённые материалы, sintered material* – див. Порошковий матеріал.

484. **Спінання порошкової формовки**, *спекание порошковой формовки, sintering* – нагрівання та витримка порошкової формовки при темп-рі, нижче точки плавлення осн. компонента з метою забезпечення мех. та фіз.-хім. вл-стей. Звичайно проводиться при темп-рі 0,8-0,9 від темп-ри плавлення осн. матеріалу в захисній атмосфері. С.п.ф. може проходити з утворенням рідкої фази або без нього і завжди супроводжується усадкою. В результаті С.п.ф. підвищуються гус. і мех. вл-сті порошкового виробу.

485. **Сплави**, *сплавы, alloys* – однорідні системи, що складаються з двох та більше металів і неметалів, які мають характерні металеві вл-сті, С. отримують гол. ч. кристалізацією розплавів, а також спіканням та ін. способами. Залежно від взаємодії компонентів структура металевих С. може становити: механічну суміш, хім. сполуку, тв. роз-н або їх комбінації.

486. **Спокійна сталь**, *спокойная сталь, killed steel* – сталь, отримана при повному розкисленні в печі або ковші. С.с. при твердінні утворює щільний зливоч у верхній частині якого формується усадочна раковина або осьова усадочна пухкість. Для запобігання дефектів готової сталі зливоч С.с. відливають з додатковою частиною, яку відрізають після прокатки зливка.

487. **Сталь**, *сталь, steel* – здатний до деформації сплав заліза з вуглецем, що містить до 2,14% вуглецю, а також ряд ін. елементів. За хім. складом С. поділяються на вуглецевисті та леговані. Звичайна, вуглецева С. містить до 1,35% С та домішки: /0,2-0,8%/ Mn /0,1-0,4%/ Si 0,03-0,065%/ S /0,03-

0,085% / Р. Леговані сталі крім цього містять ін. спец. домішки /легуючі елементи/ - Cr, Ni, Mn, Cu, W, V, Al та ін. С. отримують гол. ч. з переробного чавуну та сталевих брухтів в конверторах, мартенівських або електропечах. За призначенням С. поділяються на конструкційні, інструментальні та з особливими фіз. і хім. властивостями /напр., нержавіючі, жароміцні, теплоотривкі, зносостійкі, немагнітні/. За характером застигання металу в виливниці розрізняють спокійну, напівспокійну та киплячу С.

488. Стандартний допуск, стандартный допуск, standard tolerance (IT) - для цілей допусків і посадок за системою ISO, будь-який допуск, встановлений цією системою.

а. *Примітка.* Літери IT символу означають квалітет «Міжнародний допуск» («International Tolerance»)

489. Старіння, старение, ageing, – зміна структури та властивостей металів та сплавів за рахунок розпаду пересиченого тв. р-ну або ін. метастабільних фаз. Відбувається або самочинно в процесі тривалої витримки при кімнатній темп-рі /природне С./, або при нагріванні /штучне С./. Звичайно С. збільшує міцність і твердість при одночасному зменшенні пластичності та ударної в'язкості. В ряді випадків С. негативно впливає на властивості металу /напр. деформаційне С./, тому іноді вживають заходи для ослаблення схильності металів до нього. С. піддають деталі та вироби, які під час експлуатації не повинні змінювати форму та розміри /станини верстатів, осн. вимірювальних приладів тощо/. С. використовують для підвищення міцності та жароміцності металевих сплавів.

490. Старіння полімерів, старение полимеров, polymer ageing – необоротні зміни властивостей полімерів внаслідок хім. перетворень під дією кисню, озону, тепла, світла, радіації та ін. В результаті старіння полімери гублять цінні техн. властивості. С.п. найбільше піддаються гуми на основі каучуків, що містять ненасичені зв'язки /натуральний, синтетичні - ізопреновий, бутадієновий та ін./. Для захисту від С.п. в їх склад вводять стабілізатори - антиоксиданти, світлостабілізатори та ін.

491. Стійкість інструменту, стойкость инструмента, tool stability – сумарний час роботи інструменту /в хвилинах/ між перезаточуваннями на певному режимі різання. С.і. залежить від фіз.-мех. властивостей матеріалу інструменту та заготовки режиму різання, геометрії інструменту та умов обр-ки. Найбільш впливає на С.і. швидкість різання.

492. Стругальні верстати, строгальные станки, planer – металоріз. для стругання плоских та фасонних поверхонь. На С.в. головний рух різання - зворотно-поступальний, рух подачі - періодичний поступальний. У поперечно-стругальних верстатів головний рух здійснюється різцем разом з повзуном, а у поздовжньо-стругальних – заготовкою.

493. Стругання, строгание, planing – обр-ка різанням, яка здійснюється однолезовим інструментом із зворотно-поступальним головним рухом різання. Застосовуються для обр-ки плоских та фасонних лінійчатих поверхонь. С. здійснюється на поперечно- та поздовжньо-стругальних верстатах.

494. **Стружка**, *стружка, chip* – деформований та відділений в результаті обр-ки різанням поверхневий шар матеріалу заготовки. Залежно від властей матеріалу та режиму різання розрізняють С. зливну, сколювання та надлому.

495. **Структура металу**, *структура металла, metal structure* – характер та взаємне розташування кристалічних зерен у макроструктурі, фаз у мікроструктурі, атомів у кристалічній ґратці, яке залежить від хім. складу, способу отримання, умов кристалізації та обр-ки тиском, термічної обробки. Структуру, отриману безпосередньо після твердіння розплаву, називають первинною, або литою, а отриману після перекристалізації – вторинною. За величиною кристалітів. розрізняють дрібно- та великозернисту С.м.; за формою – рівновісну /зернисту/ та нерівновісну. Різновидність литої нерівновісної С.м. – стовбчаста дендритна. В процесі первинної або вторинної кристалізації при повільному охолодженні формується рівноважна с.м., при більших швидкостях охолодження – нерівноважна /метастабільна/. Структурні складові можуть становити тв.-р-ни хім. сполуки мех. суміші окремих фаз. Напр., в сталі розрізняють аустеніт, ферит, мартенсит, /тв. р-ни/, перліт, сорбіт, тростит /двофазні мех. суміші/, цементит /хім. Сполука/.

496. **Структурний елемент**, *структурный элемент, structural element* – складова частина наноматеріалу, розміри якої співпадають з кореляційним розміром того чи іншого фізичного явища чи параметру, який має розмірність довжини (довжина вільного пробігу електрону і фонону, довжина когерентності в надпровідниках, розмір магнітних доменів, критичний радіус дислокаційної петлі та ін.).

497. **Ступені (квалітети) стандартних допусків**, *standard tolerance grades* - для цілей допусків і посадок за системою ISO група допусків (наприклад, IT7) вважається за відповідну тому самому ступеню точності для всіх номінальних розмірів

498. **Суперфінішування**, *суперфиниширование, superfinish* – опоряджувальна /фінішна/ обр-ка пов-онь деталей дрібнозернистими алмазноабразивними брусками. В процесі С. бруски коливаються з певною частотою та амплітудою, а деталь обертається або здійснює зворотно-поступальний рух при її одночасному обертанні. При цьому суттєво знижується шорсткість пов-ні, проте не усуває похибок форми, що отримані під час попередньої обр-ки.

499. **Суспензія**, *суспензия, suspension* - дисперсна система з двох фаз – рідкої та тв., де дрібні тв. частинки суспендовані в рідині. С. грає велику роль у вир-ві гуми, лаків, фарб, в магнітній порошковій дефектоскопії та при ультразвуковій розмірній обр-ці.

Т

500. **Тальк**, *тальк, talc* – силікат магнезії $4 \text{ Si} \cdot \text{O}_2 \cdot 3 \text{ MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Білий або сіруватий кристалічний порошок, жирний та слизький на дотик,

нерозчинний у воді. Застосовується в гумовій, керамічній пром-сті; в металургії та ливарному вир-ві використовується як вогнетривкий матеріал.

501. Тверді розчини, твердые растворы, solid solution – однорідні кристалічні реч-ни, які складаються з двох та більше компонентів, зберігають однорідність при зміні співвідношень між компонентами та в певному інтервалі концентрацій та утворює загальну кристалічну ґратку. Розрізняють Т.р. заміщення та впровадження. В Т.р. заміщення, утворених двома металами, атоми одного металу звичайно розташовуються у вузлах кристалічної ґратки ін. В Т.р. впровадженні менші атоми /звичайно неметалів/ розташовуються в проміжках між атомами металу /напр., Т.в. вуглецю в залізі/. З утворенням Т.р. металів підвищується твердість, міцність та електричний опір. Т.р. - основа всіх важливіших сплавів.

502. Тверді сплави, твердые сплавы, hard alloys – металеві матеріали з високою твердістю міцністю, теплостійкістю та різ. вл-тями ми, що зберігаються при нагріванні до високих темп-р /800-1000°C/. Отримують методами порошкової металургії з тв. карбідів металів зв'язаних пластичним металом /найчастіше кобальтом/. Пром-сть випускає типи Т.с.: ВК – вольфрамокобальтові, ТК – титановольфрамокобальтові, ТТК – титанотанталовольфрамокобальтові. Т.с. виготовляють у вигляді пластин, які закріплюються до державки зі звичайної сталі або інструментів простої форми. Знаходять застосування й безвольфрамові Т.с. типу карбід титану - нікель - молібден, карбід хрому - нікель. Ці сплави в 3-4 рази дешевше сплавів типу ВК, проте мають нижчу міцність.

503. Твердість, твердость, hardness – здатність матеріалу чинити опір місцевій пластичній деформації, що виникає при впровадженні в нього більш тв. тіла - індентора.

504. Твердість по Брінеллю, твердость по Бринеллю, Brineil hardness test – твердість, що визначається вдавлюванням в матеріал ст. кулі діам. 10,5 або 2,5мм. Число твердості за Брінеллем /HB/ - відношення навантаження до площі пов-ні відбитка, отриманого при стандартних умовах випробування.

505. Твердість за Віккерсом, твердость по Виккерсу, Vickers hardness test – твердість, що визначається вдавлюванням в пов-ню виробу /зразка/ алмазного індентора, який має форму правильної чотиригранної піраміди з двограним кутом 136° при вершині. Число твердості за Віккерсом /HV/ - відношення навантаження на індентор до площі пов-ні пірамідального відбитка.

506. Твердість за Роквеллом, твердость по Роквеллу, Rockwell hardness test – твердість, що визначається вдавлюванням в пов-ню виробу /зразка/ алмазного конічного індентора з кутом 120° при вершині яка заокруглена радіусом 0,2 мм /шкала А та С/, або сталевій кулі діам. 1/16 дюйма /тобто 1,5888 мм, шкала В/. Т. з. Р. вимірюється в умовних одиницях, кожна з яких відповідає проникненню індентора на глибину 0,002мм.

507. **Текстоліт**, *текстолит, textolite* – пластична маса на основі бавовняних тканин /шифон, міткаль, бязь та ін./, просочених синтетичними зв'язуючими /фенолформальдегідними смолами/. Т. виробляють у вигляді листів, стержнів, труб. Застосовують у вир-ві зубчастих коліс, вкладишів підшипників та ін. В електротехніці з Т. виготовляють розподільні щити, монтажні панелі та ін.

508. **Текстура**, *текстура, texture* – закономірне орієнтування кристалічної ґратки зерен реального /полікристалічного/ металу у напрямку дії прикладеного до нього зусилля. Утворюється при пластичному деформуванні, спрямованій кристалізації або рекристалізації. Наявність орієнтації в Т. металів впливає на анізотропію мех., магнітних, електричних та ін. вл-стей різних сплавів.

509. **Температурний інтервал нагрівання**, *температурный интервал нагрева, heating temperature range* – інтервал темп-р, в якому обр-ка металів тиском здійснюється найкращим способом. Т. і. н. обирають за діаграмою стану сплаву. Верхню границю Т.і.н. обирають як найближче до темп-р лінії солідус, але таким чином, щоб не стався перегрів або перепал металу. Нижча границя обирається таким чином, щоб в процесі деформування фазовий склад сплаву не змінювався.

510. **Теплостійкість**, *теплостойкость, heat resistance* – здатність матеріалу зберігати при підвищених темп-рах високі твердість та зносостійкість. Напр., велику Т. повинні мати сталі та ін. матеріали для виготовлення інструменту, який працює на великих швидкостях різання.

511. **Термічна обробка металів**, *термическая обработка металлов, heat-treatment* – процес теплової обр-ки металів і сплавів для зміни їх структури та вл-стей в потрібному напрямку, яка полягає в нагріванні до певної темп-ри, витримці при ній та наступному охолодженні із заданою швидкістю. Застосовується як проміжна операція для поліпшення технологічних вл-стей металу /оброблюваність тиском, різанням та ін./ та як остаточна - для надання йому комплексу мех., фіз. і хім. властивостей, які забезпечують потрібні характеристики виробу. Осн. види Т.о.с.: відпал, нормалізація, гартування, відпуск, старіння обр-ка холодом, патентування.

512. **Термомеханічна обробка**, *термомеханическая обработка, heat mechanical treatment* – комплекс процесів деформування, нагрівання та охолодження, в результаті якого формується підвищена щільність дефектів кристалічної ґратки металу або сплавів, що приводить до підвищення міцності, пластичності. Розрізняють високо темп-ну /ВТМО/ та низькотемп-ну /НТМО/ Т.о. ВТМО полягає в пластичній деформації /до 25-30%/ при темп-рі вище з наступним охолодженням в маслі та відпуском при 100-200 °С. При НТМО спочатку здійснюється аустенітне перетворення, потім деталі охолоджують до темп-ри, нижче темп-ри початку рекристалізації, при якій провадиться пластична деформація /70-95%/. Остаточні операції - охолодження в воді або маслі та низькотемпературний відпуск.

513. **Термопластоавтомати**, *термопластавтоматы, injection moulding machine* – машини для лиття під тиском виробів із термопластів. Найбільша маса виробів, що відливаються, - 1000г, продуктивність - 6-40 кг/год. Т. допускають роботу в автоматичному або напіваавтоматичному режимах. Застосовуються в масовому вир-ві.

514. **Термопласти**, *термопласты, thermoplastics* –термопластичні полімери, здатні при нагріванні розм'якшуватися та розплавлятися, а потім знову твердіти при охолодженні /напр., поліетилен, полівінілхлорид, полістирол та ін./. Перехід Т. з одного фіз. стану в ін. може здійснюватися багаторазово без зміни хім. складу. Т. мають лінійчасту або розгалужену будову молекули.

515. **Технологічність конструкції виробу**, *технологичность конструкции изделия, adaptability to manufacture of piece design* - сукупність властей конструкції виробу, яка визначає її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при вир-ві, технічному обслуговуванні та ремонті для заданих показників якості, об'єму випуску та умов виконання робіт. Т.к.в. повинна бути забезпечена на всіх етапах виготовлення: від отримання заготовки до контролю якості готової продукції. Ступінь Т.к.в. міняється залежно від типу вир-ва, способу виготовлення, характеру експлуатації та ін. факторів і оцінюється якісними та кількісними показниками технологічності.

516. **Технологія конструкційних матеріалів**, *технология конструкционных материалов, structural material technology* – комплексна наука про вир-во, будову, власт. та способи обр-ки конструкційних матеріалів велика галузь наукових знань, кошти з розділів якої має самостійний розвиток та значення. Наукові основи Т.к.м. базуються гол. ч. на хімії, фізиці та ін. науках.

517. **Тигель**, *тигель, crucible* – відкрита посудина з жароміцних матеріалів або вогнетривів для плавлення або нагрівання різних матеріалів. Лабораторні Т. виготовляють з фарфору, плавленого кварцу, платини та ін., промислові - з графіту, шамоту, корунду, магнезиту та ін.

518. **Тигельна піч**, *тигельная печь, crucible furnace* – піч для плавлення або нагрівання матеріалів у тиглях. В Т. п. використовують тв. рідке або газоподібне паливо, а також електричні нагрівальні елементи /печі опору або індукційні дачі високої і промислової частоти/. Застосовуються для плавлення кольорових металів і сплавів, сталі та чавунів а також для підтримки в рідкому стані раніше розплавлених сплавів.

519. **Тимчасовий опір**, *временное сопротивление, ultimate strength* – див. Границя міцності.

520. **Титан (Ti)**, *титан, titanium* – метал, зовнішньо схожий на сталь. Гус. 4500 кг/м³, тугоплавкий /тем-ра плавлення 1665°C/, міцний та пластичний, виключно хім. стійкий при темп-рах до 450°C. Серед конструкційних металів Т. за поширеністю в земній корі займає четверте місце, поступаючись алюмінію, залізу та магнію. В пром-сті титанову руду збагачують, брикетують з коксом, по тому хлорують при темп-рі 850°C;

утворений внаслідок цього тетрахлорид Т. $TiCl_4$ відновлюють магнієм в атмосфері аргону при $850^\circ C$; отриману губку Т. переплавляють у дугових вакуумних печах. Т. - один з важливіших матеріалів нової техніки.

521. **Титанові сплави**, *титановые сплавы, titanium alloys* – сплави на основі титану з додатками алюмінію, молібдену, ванадію, марганцю, хрому, олова, заліза та ін. Характеризуються високою міцністю, невеликою гус., високою стійкістю проти ерозії та корозії морській воді і деяких агресивних середовищах при кімнатній та підвищених темп-рах. Т.с. застосовуються в авіа-, ракето-, енергомашино-суднобудуванні, хім. пром-сті та ін. галузях.

522. **Точіння**, *точение, turning* – лезова обр-ка з обертовим головним рухом різання та можливістю зміни радіуса його траєкторії. Застосовуються для обр-ки пов-онь тіл обертання /циліндричних, конічних, сферичних та фасонних/. Різновидами Т. є обточування А. зовн. пов-онь/ та розточування /Т. внут. пов-онь/. За якістю обробленої пов-ні розрізняють чорнове, чистове та тонке Т. Т. виконують на токарних та розточувальних верстатах.

523. **Точність**, *точность, accuracy* – ступінь наближення дійсного значення параметрів процесу, предмета, реч-ни, що розглядаються, до теоретичного номінального значення. Т. обр-ки - ступінь відповідності розмірів, форми та взаємного розташування оброблених пов-онь вимогам креслення та технічних умов.

524. **Точність вимірювання**, *точность измерения, accuracy of a measurement* - головна характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до істинного знамення вимірюваної величини

525. **Точність засобу вимірювань**, *точность средства измерений, accuracy of a measuring instrument* - характеристика засобу вимірювань, яка визначає близькість його показів до істинного значення вимірюваної величини

526. **Тростит**, *троостит, troostite* – структурна складова залізовуглецевих сплавів - дисперсна суміш фериту та цементиту; відрізняється від перліту та сорбіту більш дисперсною будовою. Утворюється при розкладі аустеніту в темп-ному інтервалі $500-600^\circ C$ /Т. гартування/ або при відпуску загартованої сталі при темп-рах $350-400^\circ C$ /Т. відпуску/. Сталі зі структурою Т. мають підвищену твердість /приблизно 450 НВ/ і міцність, помірковану пластичність та в'язкість.

527. **Труба**, *труба, pipe* – порожнистий виріб відносно великої довж. переважно кільцевого перерізу. Розрізняють Т. безшовні, зварні /шовні/ та литі. Безшовні Т. отримують шляхом прошивки суцільної заготовки на пресі або прошивному стані з наступною обр-кою гарячим або холодним деформуванням. Зварні Т. виготовляють зварюванням кромок трубної заготовки, сформованої з штаби, листа або стрічки. Литті Т., найчастіше з чавуну, одержують методом відцентрового або напівбезперервного лиття.

528. **Трудомісткість виготовлення виробу**, *трудоемкость изготовления изделия* - *working hours of piece manufacture* – сумарні витрати праці на виконання техн. процесів виготовлення виробів. Оцінюється часом виготовлення як сума всіх витрат осн. та допоміжного часу. Використовують як один з показників технологічності виробу.

У

529. **Ударна в'язкість**, *ударная вязкость*, *impact strength* – мех. хар-ка матеріалу, яка оцінює роботу руйнування при ударному вигині зразка. Характеризується відношенням роботи руйнування до первісної площі його поп. перерізу у пл. зломі /в Дж/м² /.

530. **Усадка**, *усадка*, *shrinkage* – 1. Зменшення ливарних розмірів і об'єму металу або сплаву при переході його з рідкого стану в тв. Зміна об'єму при У. /об'ємна У./ призводить до зміни лінійних розмірів /лінійна У./. Повна об'ємна У. складається з У. в рідкому стані, У. при кристалізації та У. в твердому стані. У. – причина усадочних раковин та пористості в зливках та відливках - 2. Зменшення лінійних розмірів порошкового тіла /Формовки/ під дією тиску, темп-ри та сили тяжіння в процесах пресування і спікання.

531. **Усадочна пористість**, *усадочная пористость*, *shrinkage porosity* – дрібні неправильної форми порожнини у зливку /відливку/, утворені в результаті усадки металу при кристалізації та розсіяні по значній частині об'єму зливка /відливка/ або зосереджені в якій-небудь його частині /найчастіше центральній/.

532. **Усадочні раковини**, *усадочные раковины*, *shrinkage cavity* – відкриті або закриті порожнини в тілі відливка /зливка/, утворені внаслідок усадки металу при кристалізації, які мають нерівну, рвану пов-ню і утворюються звичайно у стовщених місцях відливка та верхній частині зливка. Причиною утворення У.р. у відливках є неправильна конструкція його та ливникової системи. У.р. зустрічаються найчастіше при отриманні відлиwkів зі сталі та кольорових сплавів. Утворенню У.р. в відливках запобігають, застосовуючи елементи живлення відлиwkів /напр .додатки/ та холодильники.

Ф

533. **Фаза**, *фаза*, *phase* – однорідна частина системи, відокремлена від інших частин системи /фаз/ пов-нею поділу, при переході через яку хім. склад або структура речовини змінюється стрибком. Мех. суміш двох видів кристалів /напр., перліт/. є двофазною системою, а тв. р-н /напр., аустеніт/ - однофазною.

534. **Фазові перетворення**, *фазовые превращения*, *phase transformation* – перехід реч-ни з однієї фази в ін. /напр., з рідкої в тв./. Ф.п. відбуваються при кристалізації, перекристалізації /вторинній кристалізації/, плавленні

т.п. Прикладом ф.п. в тв. стані м.б. перетворення аустеніту в перліт при охолодженні сталі.

535. **Фарби, краски, paints** – лакофарбові матеріали, в склад яких сходять плівкоутворюючі реч-ни /зв'язуючі/ та пігменти, ф. можуть містити також наповнювачі, пластифікатори, розчинники та ін. Ф. утворюють непрозорі міцні плівки, які надають пов-ні красивого зовнішнього вигляду та охороняють її від шкідливої дії середовища.

536. **Фенолформальдегідні смоли, фенолформальдегидные смолы, phenol formaldehyde resin** – синтетичні смоли, які отримують поліконденсацією фенолів та формальдегіду. Мають високі електроізоляційні вл-сті, хім. стійкість, міцність. Застосовуються для одержання пластичних мас, синтетичних клеїв, лаків.

537. **Фенопласти, фенопласты, phenolic plastic** – пластичні маси на основі фенолформальдегідних смол. Використовуються для виготовлення пресованих виробів, литих та шаруватих матеріалів, захисних покриттів.

538. **Ферит, феррит, ferrite** – структурна складова залізо-вуглецевистих сплавів - тв. р-н вуглецю в альфа-залізі; має ОЦК кристалічну ґратку. Розрізняють низько темп-ний /до 0,02 %C / та високо- темп-ний /до 0,1%C/ ф. Крім вуглецю ф. розчинює й ін. елементи. Ф. - м'яка, пластична /80-100 HB/.

539. **Феросплави, ферросплавы, ferroalloy** – сплави заліза з ін. елементами, що застосовуються гол.ч. для розкислення та легування сталі. Містять звичайно більше 10% Fe та не менше 10% легуючого компонента. До Ф. умовно відносять також деякі сплави, що містять залізо лише у вигляді домішок /напр., силікокальцій, силікоалюміній/ та, крім того, деякі метали у чистому вигляді /металевий марганець, хром, кристалічний кремній/. Ф. застосовують також у зварювальному вир-ві при виготовленні електродних покриттів.

540. **Флюс, флюс, flux** – 1. Ф. в металургії – матеріали, що вводяться в шихту для утворення шлаку та регулювання його складу, зокрема для зв'язування порожньої породи руди, золи палива, сірки, фосфору та продуктів розкислення металу. 2. Ф. в ливарному вир-ві – матеріали, що вводяться в плавильний агрегат для утворення рідких шлаків на пов-ні розплавленого металу. 3. Ф. при газовому та ковальському зварюванні металів - матеріали, в яких розчинюються оксиди, що утворюються на зварюваних пов-нях. 4. Ф. Для дугового зварювання – подрібнений матеріал, що складається гол. ч. з оксидів неметалів та металів, захищає дугу та зварювальну ванну від шкідливого впливу оточуючого середовища та здійснює металургійну обр-ку вани. 5. Ф. при паянні неметалева реч-на, що застосовується для усунення оксидної плівки з пов-ні припою і матеріалу, який паяється, та запобігання й утворення під час паяння; покращує змочуваність, розтічність і затікання припою в зазор між частинами, що з'єднуються.

541. **Формовка**, *формовка, compact* – порошкове тіло заданої форми, отримане в результаті формування порошкових матеріалів і призначене для подальшої консолідації гарячим пресуванням або спіканням.

542. **Формозмінювальна операція**, *формоизменяющая операция, forming operation* – операція обр-кн металів тиском, в результаті якої змінюється форма заготовки шлаком пластичного деформування До Ф. о. листового штампування відносяться: гнуття, витягування, відборткування, формування та ін.

543. **Формування за шаблоном**, *формовка по шаблону, template moulding* – формування, при якому робоча порожнина ливарної форми утворюється зніманням надмірної формувальної суміші по пов-ні, що утворюється робочою частиною формувального шаблону, який обертається навколо осі. За шаблоном виготовляють не тільки форму, але й стержні для неї. Ф. з ш. застосовують в одиничному вир-ві для великих відливків, які мають конфігурацію тіл обертання.

544. **Формування металевого порошку**, *формирование металлического порошка, forming* – технологічна операція, в результаті якої металевий порошок утворює порошкову формовку. Залежно від форми, розмірів виробу, а також від виду металевого порошку застосовують холодне і гаряче пресування /одно- і двобічне/, ізостатичне, імпульсне, мундштучне, шлікерне Ф.м.п., а також прокатку металевих порошків.

545. **Формування пластмас**, *формование пластмасс, forming* – методи переробки пластмас у в'язкотекучому, вискоеластичному стані та отримання деталей з рідких полімерів. Ф.п. у в'язкотекучому стані полягає в нагріванні вихідного матеріалу до температури текучості, формоутворенні за рахунок прикладення тиску й фіксації отриманої форми. Здійснюється гол. ч. пресуванням, екструзією, литтям під тиском. При Ф.п. у вискоеластичному стані листову, плівкову або трубну заготовку попередньо нагрівають і формують на спеціальному інструменті за допомогою зовнішнього тиску. Найчастіше застосовують пневматичне, вакуумне формування та штампування, які відрізняються в основному способом створення зовнішнього тиску. При виготовленні крупногабаритних виробів контактним формуванням і вихровим напиленням рідкий полімер /звичайно, поліефірні або епоксидні смоли /та наповнювач у вигляді тканини, волокон чи стрічки/ наносяться на поверхню форми /шаблону/ і ущільнюється; після затвердіння готова деталь виймається з форми.

546. **Фосфатування**, *фосфатирование, phosphate treatment* – процес утворення фосфатних плівок на виробках з металів і сплавів. Ф. застосовують для захисту від корозії виробів з чавуну, сталей, алюмінієвих та магнієвих сплавів і як основу /грунт/ під лакофарбові покриття. Здійснюється в гарячих р-нах фосфорнокислих солей марганцю та заліза.

547. **Фреза**, *фреза, mulling cutter* – багатолезовий інструмент для обр-ки матеріалів фрезеруванням. Ф. розрізняють: за видом пов-ні, па якій розташовані зуби, - циліндричні, торцеві, дискові, кутові, фасонні;

за формою зуба – з прямими, гвинтовими, різноспрямованими зубами; за загостренням зуба – гострокінцеві, затиловані; за конструкцією – суцільні, складені, зі вставним зубом; за способом кріплення – насадні, кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком. Ф. виготовляють з легованих та швидкоріз. інструментальних сталей, із вставними ножами, оснащені твердосплавними пластинками. Застосовують для обр-ки площин, пазів, шліців, криволінійних пов-онь, тіл обертання, для розрізання матеріалу та ін.

548. **Фрезерування**, *фрезерование, milling* – лезова обр-ка з обертовим головним рухом різання при постійному радіусі його траєкторії, який надається інструменту, і принаймні одним рухом подачі, спрямованим перпендикулярно до осі головного руху різання. За напрямком руху подачі відносно головного руху різання розрізняють зустрічне й попутне Ф. Застосовують для обр-ки плоских, криволінійних пов-онь деталей, різевих пов-онь, зубчастих і черв'ячних коліс та ін. Здійснюється Ф. на фрезерних верстатах.

549. **Фторопласт**, *фторопласт, fluorine plastic* – полімер, фторопохідний етилену: фторопласт-3 /полімер монохлортрифторетилену/ та фторопласт-4 /полімер тетрафторетилену/. Ф.-4 застосовують в інтервалі темп-р - 250...+250°C. Переробляють в компактні вироби, волокна, плівки товщ, до 5мкм і покриття на металах. Виключно стійкий в будь-яких агресивних середовищах, водостійкий і нерозчинний. При нагріванні починає розкладатися при 250°C, а вище 400°C, но плавлячись, руйнується і виділяє отруйні гази /фтор та ін./. Ф.-3 легше, ніж Ф.-4, переробляється /в т.ч. литтям під тиском/, не пористий, міцніший, проте не має антифрикційних власт-стей, гірший діелектрик, поступається за хім. стійкістю, Ф.-4 з наповнювачем використовують для виготовлення підшипників, у т.ч. таких, що працюють без змащення.

550. **Фулерен**, *фуллерен, fullerene* – багатоатомна молекула вуглецю із загальною формулою C_n (n – парне), що має форму замкненого порожнистого багатогранника, та відноситься до четвертої алотропічної формі вуглецю (перші три – алмаз, графіт, карбін).

551. **Фулерит**, *фуллерит, fullerite* – твердофазна кристалічна структура, що утворена на основі молекул фулерену. Кристал фулериту C_{60} має кубічну структуру з ГЦК-гратами.

552. **Фулериди**, *фуллериды, fullerides* – хімічні сполуки на основі молекул фулерена. Атом металу може знаходитись усередині фулерену, зовні його, чи може бути вбудований в структуру вуглецевого каркасу.

553. **Футеровка**, *футеровка, lining* – внут. облицювання печей та агрегатів вогнетривкою цеглою або вогнетривкою масою для запобігання Дії високої темп-ри. Залежно від власт-стей облицювального матеріалу Ф. буває осн., кислою або нейтральною. Ф. називають також внут. облицювання розливних ковшів, копильників, димових труб та ін.

554. **Хіміко-термічна обробка металів**, *химико-термическая обработка металлов*, *chemical heat treatment* – теплова обр-ка металів у хім. активному середовищі для зміни хім. складу, структури і вл-стей поверхневого шару металевого виробу. Широко застосовується Х.-т.о. сталі: насичення поверхневих шарів вуглецем /цементация/, азотом /азотування/, /вуглецем та азотом /ціанування або нітроцементация/, алюмінієм /алітування/, хромом /хромування/, кремнієм /силіціювання/ та і ін.

555. **Хімічна сполука**, *химическое соединение*, *chemical compound* – вид структурної складової металевих сплавів, при утворенні якої компоненти вступають у хім. взаємодію. Х.с. характеризуються стехіометричним співвідношенням кількості атомів компонентів; специфічною кристалічною ґраткою, відмінною від ґратки компонентів, що складають Х.с.; певною темп-рою плавлення; стрибкоподібною зміною вл-стей при зміні складу.

556. **Хлорування**, *хлорирование*, *chlorination* – 1. Обробка руд або концентратів хлором з метою видабуття певного елемента у вигляді хлоридів. Застосовується при отриманні магнію та титану. 2. Продування рідких металів /напр.. алюмінію/ хлором з метою очистки їх від металевих домішок та розчинених газів.

557. **Холодна обробка тиском**, *холодная обработка давлением*, *cold forming* – процеси обробки металів тиском при темп-рі, нижче темп-ри рекристалізації даного металу. Х.о.т. забезпечує отримання металевих виробів з чистими пов-нями, точними розмірами, з більш високими мех. вл-стями, ніж у вихідної заготовки, з незначними відходами металу. До осн. процесів Х.о.т. відносяться: холодні прокатка, об'ємне та листове штампування; волочіння, накатка різей, гнуття, карбування, тощо.

558. **Холодноламкість**, *хладноломкость*, *cold brittleness* – вл-сть деяких металів і сплавів суттєво знижувати в'язкість при зниженій темп-рі. Х. залежить від типу кристалічної ґратки /метали з ОЦК ґраткою холодноламкі, з ГЦК - холодностійкі/, структури розмірів зерен, вмісту шкідливих домішок, швидкості деформації, розмірів деталі /зразка/. Х. зменшують, очищують метали від шкідливих домішок термообробкою, легуванням та рафінуванням.

559. **Хон**, *хон*, *hone* – інструмент для хонінгування, споряджений дрібнозернистими абразивними брусками, які можуть розсуватися в процесі різання.

560. **Хонінгування**, *хонингование*, *honing* – опоряджувальна /фінішна/ обр-ка пов-онь заготовок спец. інструментом – хоном. Хон обертається і одночасно здійснює зворотно-поступальний осьовий рух. Підвищує точність розмірів і форми отворів, знижує шорсткість пов-онь. Х. застосовують гол. ч. для обр-ки циліндричних наскрізних і /рідше/ глухих та ступінчастих отворів.

561. **Хромомагнезит**, *хромомагнезит*, *chrome magnesite* – осн. вогнетривкий матеріал, який містить 60% MgO та 10-13% Cr₂O₃ має високу

вогнетривкість /вище 2000°C/, термо- і шлакостійкість. Застосовується для кладки склепіння мартенівських печей та футеровки кисневих конверторів.

562. **Хромування**, *хромирование, chromizing* – 1. Електролітичне нанесення шару хрому на пов-ню виробів з ін. металів для запобігання корозії, підвищення опору мех. зносу та надання красивого декоративного вигляду. 2. Дифузійне насичення хромом /металізація/ поверх, шарів сталевих виробів для підвищення корозійної стійкості, жаростійкості, твердості та зносостійкості.

Ц

563. **Цекування**, *цекование, spot-facing* – процес утворення циліндричного заглиблення в заготовці з необробленою пов-нею, яке розташовано перпендикулярно до осі отвору, з метою кращого прилягання до деталі торця головки гвинта, гайки, шайби і т.п. Різ. інструмент для Ц. - цековка.

564. **Цементация**, *цементация, case hardening* – хіміко-термічна обр-ка з дифузійним насиченням поверх. шарів сталевих виробів вуглецем при темп-рі 900-950°C для підвищення твердості, зносостійкості та опору руйнуванню від втомленості. Ц. здійснюють в тв. карбюритозаторі. Ц./, в газовому середовищі /газова Ц./ та в ваннах із розплавлених солей /рідка Ц./. Після Ц. виріб піддають гартуванню та відпуску.

565. **Цементит**, *цементит, cementite* – структурна складова залізовуглецевих сплавів - карбід заліза, Fe_3C , містить 6,67% C; крихкий, має високу твердість /на рівні 800 HB/.

566. **Ціанування**, *цианирование, cyaniding* – хім.-термічна обр-ка сталевих виробів, яка полягає в одночасному поверх. Насиченні вуглецем та азотом в рідких середовищах. Застосовується для підвищення поверх. твердості, зносостійкості та опору руйнуванню від втомленості. Одночасне насичення сталі вуглецем та азотом в газовому середовищі називається нітроцементациєю.

567. **Ціна поділки шкали аналогового вимірювального приладу**, *цена деления шкалы, scale interval* - різниця значень вимірюваної величини, що відповідає двом сусіднім позначкам шкали

Ч

568. **Чавун**, *чугун, cast iron (pig iron)* – сплав заліза з вуглецем, який містить більше 2,14% вуглецю, постійні домішки /марганець, кремній, сірку та фосфор/, а іноді й легуючі елементи. Вуглець в Ч. /звичайно 2,4-3,8%/ може знаходитись у зв'язаному стані у вигляді карбіду заліза /білий Ч./ або весь чи його більша частина - у вільному стані у вигляді графіту /сірий, ковкий, високоміцний Ч./. За призначенням і хім. складом Ч. поділяються на переробні, тобто призначені для переробу в сталь /на їх долю припадає понад 80% всієї продукції доменних печей/; ливарні, які

служать для вир-ва фасонного литва; спец, з підвищеним вмістом кремнію або марганцю /доменні феросплави/. Доменні феросплави: феросиліцій, феромарганець, силікомарганець, дзеркальний Ч. - виплавляють в обмежених кількостях; їх застосовують для розкислення та легування сталі.

569. **Червоноламкість**, *красноломкость*, *red hot shortness* – збільшення крихкості сплавів при високих темп-рах, що спричинюється розплавленням домішок по границях кристалітів., Ч. сталі спричиняється домішкою сірки.

570. **Чорна металургія**, *черная металлургия*, *ferrous metallurgy* – галузь металургійної науки і техніки, що охоплює вир-во чорних металів від видобування й переробок рудної сировини до отримання чавуну, феросплавів сталі прокату та деяких виробів подальшого переробу /ст. і чав. труби, рейки, біла жерсть, оцинковане залізо та ін. / Ч.м. -основа розвитку машинобудування, будівництва, оборонної пром-сті та вир-ва предметів споживання, які широко використовують продукцію металургійного вир-ва.

571. **Чорні метали**, *черные металлы*, *ferrous metals* – промислова назва заліза та його сплавів; найбільш поширені сплави заліза з вуглецем – сталь і чавун.

Ш

572. **Шаруваті пластики**, *слоистые пластики, laminated plastic* - полімерні матеріали, в яких наповнювач розташований паралельними шарами. За наповнювачем Ш.п. поділяються на гетинакс /наповнювач – папір/, текстоліт /бавовняна тканина/, склотекстоліт /склотканина/, азботекстоліт азбестова тканина/ та ін.

573. **Швидкість подачі /швидкість руху подачі/,** *скорость подачи /скорость движения подачи/, feed rate* – швидкість повної точки різ. кромки у напрямку руху подачі; вимірюється в мм/об, мм/подв. хід. Ш.п. – один з найважливіших параметрів режиму різання.

574. **Швидкість різання /швидкість головного руху різання/,** *скорость резания /скорость главного движения резания/, cutting speed* – лінійна швидкість певної точки різ. кромки або заготовки в напрямку гол. руху різання вимірюється в м/хв, м/с. Ш.р. – найважливіший параметр режиму різання, пов'язаний із продуктивністю, стійкістю інструменту, якістю обробленої пов-ні.

575. **Швидкорізальні сталі**, *быстрорежущие стали, highspeed steel* – див. Інструментальні сталі.

576. **Шевер**, *шевер, shaver* – багатолезовий металоріз. інструмент для фінішної обр-ки /шевінгування/ зубів зубчастих коліс. Ш. - зубчасте колесо або рейка, зуби яких споряджені вузькими канавками, що утворюють різ. кромки. Для шевінгування черв'ячних коліс застосовують Ш. у вигляді черв'яків.

577. **Шевінгування**, *шевингование, shaving* – фінішна обр-ка бічних пов-онь зубів незагартованих зубчастих коліс зніманням дуже тонкої стружки шевером, який знаходиться в зачепленні з оброблюваним колесом, утворюючи зубчасту передачу з перехресними осями, причому оброблюване колесо отримує ще й осьове зворотно-поступальне переміщення.

578. **Шлак**, *шлак, slag* – 1. Ш. металургійний - багатокомпонентний неметалевий розплав /після твердіння – каменеподібна або скловидна реч-на/, що покриває при плавильних процесах /напр., при виплавці сталі/ пов-ню рідкого .металу. Складається з флюсів та ін. додатків, що вводяться в піч, а також продуктів металургійних реакцій, золи палива та домішок, які підлягають видаленню з металу. Залежно від складу Ш. м.б. осн. або кислими. Ш. захищає метал від шкідливого впливу газового середовища печі, становить джерело кисню для окислення домішок /напр., в мартенівському процесі/, поглинає спливаючі на пов-ню металу домішки та ін. Металургійний Ш. використовують для виготовлення цементу, мінеральної вати, шлакоситалів та ін. 2. Ш. зварювальний розплав різних оксидів, що утворюється під час перебігу металургійних процесів при зварюванні. 3. Ш. синтетичний- Ш. заданого складу, який отримують сплавленням певних компонентів /вапна, глинозему, плавикового шпату тощо/ в плавильній печі.

579. **Шліфувальні верстати**, *шлифовальные станки, grinding machine* – металоріз. верстати для обр-ки металевих та ін. виробів абразивними інструментами, що обертаються. Ш.в. застосовуються для надання точних розмірів та правильної геометричної форми оброблюваним деталям, отримання пов-ні високої якості, загострювання різ. інструментів, відрізування заготовок, обдирки відливків після лиття та обр-ки тиском. Розрізняють Ш.в.: обдирно-, кругло-, внутрішньо-, безцентрово-та плоскошліфувальні, заточувальні, відрізні та спеціалізовані - різе-та зубошліфувальні та ін.

580. **Шліфування**, *шлифование, grinding* – абразивна обр-ка з обертальним гол. рухом різання, що надається абразивному інструменту Ш. металевих даталей виконують звичайно на шліфувальних верстатах абразивними кругами, сегментами або брусками. Залежно від конфігурації пов-онь, що шліфуються, та методів обр-ки розрізняють Ш. кругле зовн. в центрах, в патроні та безцентрове; кругле внутр. в патроні та безцентрове; пласке; фасонне /різей, зубчастих коліс та ін./. До Ш. відносять також загострювання різ. інструментів.

581. **Шорсткість поверхні**, *шероховатость поверхности, roughness* – сукупність нерівностей пов-ні з відносно малими шагами, розташованих на базовій довж. Характеризується шістьма параметрами: трьома висотними / R_a , R_z та R_{max} / , двома шаговими / S та S_m / та параметром відносної опорної довж. профілю t_o . Вимоги до Ш.п. можна встановити одним, а при необхідності й декількома параметрами, вказуючи довж., на якій визначається параметр. Ш.п. має суттєвий вплив на експлуатаційні вл-ті деталей машин – зносостійкість, ударну в'язкість, опір втомлюваності, корозійну стійкість, коефіцієнт тертя та ін.

582. **Шпиндель**, *шпиндель, spindle* – 1. Вал в системі приводу прокатного стану, призначений для передачі крутного моменту прокатним валкам від шестеренної кліті або безпосередньо від приводного електродвигуна . 2. Деталь металоріз. верстата, що обертається та приводить в рух заготовку або інструмент.

583. **Штамп**, *штамп, die* – технологічна оснастка, за допомогою якої заготовка здобуває форму й розміри, що відповідають внут. пов-ні або контуру робочих елементів Ш. Розрізняють Ш. для листового та об'ємного штампування. Ш. для листового штампування м.б. вирубними, пробивними, гнуттєвими та ін. Осн. деталі – пуансон і матриця. Ш. для об'ємного штампування м.б. формувальними, висадочними, прошивними та ін. Складаються з верх. та нижніх частин, на стичних пов-нях яких є порожнини /рівчаки/ для послідовного формування виробів. За характером деформування металу в рівчаку розрізняють відкриті та закриті Ш.

584. **Штампкування**, *штамповка, stamping (forging)* – процес обр-ки металів тиском, при якому формування металу здійснюється в результаті деформування в порожнині штампа. За характером деформування розрізняють листове та об'ємне Ш., за темп-рою деформації – гаряче

і холодне. Ш. може здійснюватися в незакріпленому / підкладному / штампі та в штампі, закріпленому на робочому органі ковальсько-штампувальної машини.

585. **Штейн**, *штейн, matte* – проміжний продукт вир-ва деяких кольорових металів / міді, нікелю, свинцю та ін. /, який становить сплав сульфідів металу, що здобувається з сульфідом заліза. При вир-ві міді розрізняють первинний та білий Ш. Первинний Ш. /містить 45-75 % Cu / отримують при плавленні мідних концентратів в полуменовій відбивній печі. Білий Ш. / містить 78-80% Cu / отримують в конверторах наприкінці першого періоду продувки після зливу залізистого шлаку.

Я

586. **Якість поверхневого шару**, *качество поверхностного слоя, quality of surface layer* – сукупність геометричних вл-тей пов-нь та фіз. хім. вл-тей поверх. шару, яка визначає експлуатаційні показники деталі. Я.п.ш. оцінюють за рядом параметрів: нерівність пов-ні /шорсткість, хвилястість та ін. /, фіз. станом / ступінь деформації, субструктура та ін. / і напруженість поверхневого шару / залишкові напруження /.



www.azarias.com.ua



STATE AGRARIAN AND ENGINEERING
UNIVERSITY IN PODILYA

www.pdatu.edu.ua



DEPARTMENT OF MECHANICAL
ENGINEERING AND AGROPHYSICS
UNIVERSITY OF AGRICULTURE IN KRAKOW

www.wipie.ur.krakow.pl

© **Copyright by** Traicon S.C
ISBN 978-83-65180-18-6