

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Механіко-технологічний факультет



**Кафедра “Технологія
конструкційних матеріалів”**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ТА ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

щодо професійно-практичної підготовки з професії
7212 – Електрогазозварник. Кваліфікація: 2 розряд

2019

УДК 621.791.011(076)

Н15

Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету як посібник для студентів ВНЗ, які отримують кваліфікаційний розряд електрогазоварника (№7 від 26.02.2019)

Рецензенти:

Шепеленко І. В. – к.т.н., доцент кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету

Журавель Д.П. – д.т.н., доцент кафедри Технічний сервіс та системи АПК Таврійського державного агротехнічного університету

Авторський колектив:

Н15 Сушко О.В., Черкун В.В., Чернишова Л.М., Колодій О.С.

Навчальний посібник щодо професійно-практичної підготовки з професії 7212 – Електрогазоварник. Кваліфікація: 2 розряд / Сушко О.В., Черкун В.В., Чернишова Л.М., Колодій О.С.; за ред. Сушко О.В. – Мелітополь: ТПЦ «Forward press», 2019. – 132 с.: іл.

ISBN

Посібник призначено для здобувачів ТДАТУ ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» для опанування основами ручного електродугового та газового зварювання при вивченні предмета «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство», яке в поєднанні з роботою в зварювальних лабораторіях (майстернях) дозволить їм стати кваліфікованими зварниками та отримати кваліфікаційний розряд. Крім того, посібник може стати в нагоді студентам інших спеціальностей, які вивчають курс технології конструкційних матеріалів та матеріалознавства

УДК 621.791.011(076)

ISBN

© Сушко О.В., Черкун В.В.,
Чернишова Л.М., Колодій О.С., 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	7
АТЕСТАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ	8
РОЗДІЛ 1. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	11
1.1 Професійні захворювання зварників.....	11
1.2 Захист від враження електричним струмом.....	12
1.3 Захист від променів електричної дуги.....	14
1.4 Захист від бризок, продуктів горіння і попередження вибухів.....	15
1.5 Протипожежні заходи.....	16
1.6 Техніка безпеки для електрозварника ручного зварювання.....	17
1.6.1 Загальні положення.....	17
1.6.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	20
1.6.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	21
1.6.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	23
1.6.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	24
1.6.6 Додаткові вимоги.....	24
РОЗДІЛ 2. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	26
2.1 Загальні положення.....	26
2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	28
2.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	29
2.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	34
2.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	35
РОЗДІЛ 3. ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ	37
3.1 Фізична суть зварювання.....	37
3.2 Класифікація способів зварювання.....	37
3.3 Класифікація способів дугового зварювання.....	39
3.4 Види зварних з'єднань і швів.....	40

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	42
4.1 Поняття про електричну дугу.....	43
4.2 Джерела живлення зварювальної дуги.....	44
4.3 Зварювальні трансформатори.....	45
4.4 Зварювальні генератори.....	47
4.5 Маркування обладнання для дугового зварювання.....	49
4.6 Електроди для ручного електродугового зварювання.....	49
4.7 Електродотримачі, кабелі, баластові реостати.....	51
4.8 Технологія ручного зварювання.....	52
РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЧНЕ І НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ. ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ	54
5.1 Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу.....	54
5.2 Зварювання в середовищі захисних газів.....	58
РОЗДІЛ 6. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	60
6.1 Загальні відомості.....	60
6.2 Будова полум'я при газовому зварюванні.....	61
6.3 Технологія газового зварювання.....	62
6.4 Переваги та недоліки газового зварювання.....	63
6.5 Газове різання.....	64
6.6 Ацетиленовий генератор середнього та низького тиску...66	66
6.7 Зварювальні пальники та утворення зварювального полум'я.....	70
6.9 Технологія газового зварювання.....	74
6.10 Особливості техніки гарячого зварювання та пайко-зварювання чавуну.....	75
РОЗДІЛ 7. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЧОРНІ ТА КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ	76
7.1 Metали та їх класифікація.....	76
7. 2 Чорні метали та сплави.....	78
7. 3 Кольорові метали та їх сплави.....	83

РОЗДІЛ 8. ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	87
8.1 Зварювання вуглецевих сталей.....	87
8.2 Зварювання низьколегованих сталей.....	88
8.3 Зварювання хромистих сталей.....	88
8.4 Зварювання хромонікелевих аустенітних сталей.....	89
8.5 Особливості зварювання чавуну.....	91
8.6 Зварювання міді та її сплавів.....	94
8.7 Зварювання алюмінію та його сплавів.....	96
8.8 Зварювання магнієвих сплавів, нікелю, титану та інших кольорових металів.....	97
РОЗДІЛ 9. СТРУКТУРА МЕТАЛУ ШВА І ЗОНИ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ	100
9.1 Структура зони термічного впливу.....	101
РОЗДІЛ 10. НАПРУЖЕННЯ І ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ЗВАРЮВАННІ	102
10.1 Значення напружень і деформацій у зварних конструкціях.....	102
10.2 Причини виникнення напружень і деформацій.....	103
10.3 Способи зменшення напружень і деформацій.....	105
10.4 Основні заходи щодо зменшення деформацій і напружень при зварюванні.....	107
РОЗДІЛ 11. ПАЯННЯ МЕТАЛІВ	116
11.1 Фізична суть паяння.....	116
11.2 Паяння м'якими припоями.....	116
11.3 Паяння твердими припоями.....	117
11.4 Галузі застосування і переваги паяння металів.....	117
РОЗДІЛ 12. НАПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	118
12.1 Суть процесу і способи наплавлення.....	118
12.2 Ручне дугове наплавлення.....	118
12.3 Автоматичне і напівавтоматичне дугове наплавлення.....	118
12.4 Наплавлення газовим полум'ям.....	119
12.5 Наплавлення плазмовою дугою.....	119
12.6 Вібродугове наплавлення.....	119

12.7 Наплавлення струмами високої частоти.....	120
12.8 Електрошлакове наплавлення.....	120

РОЗДІЛ 13. ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

ТА КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАННЯ.....	121
13.1 Дефекти зварних з'єднань.....	121
13.1.1 Види дефектів.....	121
13.1.2 Причини утворення дефектів.....	121
13.2 Контроль якості зварювання.....	122
13.2.1 Методи контролю якості зварних з'єднань.....	122
13.2.2 Контроль якості зварних швів і з'єднань трубопроводів та металоконструкцій.....	125
13.2.3 Призначення процедури і метод візуального огляду..	128

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	131
-------------------------------	------------

ВСТУП

Зварювання є одним з основних технологічних процесів у багатьох галузях народного господарства. Зварювання дало змогу внести докорінні зміни в технологію виробництва, створити принципово нові конструкції машин та механізмів. Наприклад, у будівництві застосування зварних конструкцій замість клепанних дозволяє заощадити близько 20 % металу та знизити трудомісткість виготовлення конструкцій на 5-30 %.

На сучасному етапі розвитку зварювального виробництва у зв'язку з розвитком науково-технічної революції, дуже виріс діапазон зварювальних товщин, матеріалів та видів зварювання. У теперішній час з'явилася можливість зварювати матеріали завтовшки від кількох мікрометрів (у мікроелектроніці) до кількох метрів (у машинобудуванні). Окрім традиційних конструкційних сталей зварюють спеціальні сталі та сплави на основі цирконію, титану, ніобію, молібдену та інших матеріалів, а також різноманітні матеріали.

Суттєво розширилися умови проведення зварювальних робіт. Поряд із звичайними умовами зварювання виконують в умовах високих температур, радіації, у вакуумі, в умовах невагомості, навіть під водою. Дуже швидкими темпами впроваджуються й нові види зварювання: лазерне, іонне, електронно-променеве, ультразвукове, світлове, дифузійне, електромагнітне, вибухове та ін., можливості дугового та контактного зварювання істотно розширюються.

Безперечним лідером розробки та впровадження нових технологій в галузі зварювання в Україні та за її межами є Інститут електрозварювання ім. Є. Патона НАН України, розробки якого відомі в усьому світі.

Високий технічний рівень зварювального виробництва передбачає високий рівень не тільки загальноосвітньої інженерної підготовки майбутніх фахівців, а й надання майбутнім бакалаврам та здобувачам робітничої професії електрогазозварника. Теоретичні відомості в поєднанні з роботою в зварювальних лабораторіях (майстернях) дозволять їм стати кваліфікованими зварниками та отримати кваліфікаційний розряд.

Розділи посібника підготували: 1, 2 – Колодій О.С.; 3, 4 – Чернишова Л.М.; 6, 7 – Черкун В.В.; 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13 – Сушко О.В.

АТЕСТАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ

Процедура атестації зварювальників є заключною при допуску зварювальника до виконання робіт по зварюванню металоконструкцій (вузлів), які підлягають здаванню Держслужбам.

Для атестації зварювальника створюється атестаційна комісія, у склад якої входять спеціалісти, уповноважені проводити випробування зварювальників, у результаті яких визначається кваліфікація зварювальника, необхідна для виконання визначеного об'єму робіт, а також видавати посвідчення про їх атестацію.

До складу атестаційної комісії входять:

- голова комісії – головний зварювальник або керівник зварювальних робіт;

- спеціалісти служби зварювальних робіт, які відповідають за організацію атестації зварювальників;

- представники служби технічного контролю, які відповідають за контроль зварювальних з'єднань;

- представник служби охорони праці;

- викладач зі зварювання, який проводив навчання.

Перед атестацією зварювальник проходить спеціальну теоретичну та практичну підготовку, яка враховує специфіку робіт, до яких він готується. Заняття проводяться по спеціальній програмі, яка складена у відповідності до Правил атестації зварювальників ДНА-ОП 0.00-1.16-96.

Правила атестації розроблені спеціалістами Інституту електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України сумісно зі спеціалістами УАКС та узгоджені з Департаментом по надзору в енергетиці, будівництві, при експлуатації підйомних споруд та котлонадзору, затверджені в 1996 році Держтехнадзором за охороною праці України.

Атестація зварювальників розділяється на первинну, додаткову, періодичну та позачергову.

До первинної допускаються зварювальники не молодше 18 років, які раніш не проходили випробування на допуск до зварювання об'єктів та обладнання, які мають свідоцтво про присвоєння кваліфікації зварювальника та ті, які пройшли спеціальну теоретичну та практичну підготовку по програмам, складеним окремо для кожного виду робіт та для кожного способу зварювання з

урахуванням специфіки зварювальних робіт, по яким зварювальник підлягає атестації.

Додаткова атестація зварювальників, які пройшли первинну атестацію, проводиться перед допуском до виконання зварювальних робіт, які не вказані в посвідченні, а також після перерви у виконанні відповідних зварювальних робіт більше 6 місяців.

Періодичну атестацію проходять усі зварювальники з метою підтвердження їх професійної кваліфікації, продовження строку дії посвідчень на допуск до виконання відповідних зварювальних робіт. Строк періодичної атестації – не рідше одного разу на 2 роки.

Позачергову атестацію проходять зварювальники перед виконанням робіт після тимчасового відсторонення від роботи за незадовільну якість робіт та порушення технології зварювання.

Атестація зварювальників проводиться окремо для кожного виду робіт у відповідності до вимог до якості зварювальних з'єднань, які визначені Правилами Держнадзору охорони праці, СНіП або іншою нормативною документацією.

Правила атестації обов'язкові для організацій та громадян, незалежно від відомчої приналежності, які виконують зварювальні роботи при виготовленні, монтажі, реконструкції та ремонту об'єктів та обладнання у відповідності до Правил Держнадзору охорони праці, Державними будівельними Нормами України, а також у всіх інших випадках, коли нормативно-технічною документацією передбачена атестація, як засіб забезпечення зварювальних робіт.

Правила регулюють взаємодію атестаційних органів та визначають їх компетенцію, порядок проведення та оформлення результатів атестації зварювальників (у тому числі операторів зварювальних установок) на допуск до виконання робіт по зварюванню об'єктів та обладнання, передбачених Правилами охорони (безпеки) праці, безпечної експлуатації та іншими нормативними документами, затвердженими Держнадзору охорони праці України.

Зварювальник другого розряду ПОВИНЕН ЗНАТИ ТА ЗАСТОСОВУВАТИ У ДІЯЛЬНОСТІ:

– загальні відомості про будову і принцип дії електрозварювальних машин і апаратів для дугового зварювання змінного і постійного струму, газозварювальної і газорізальної апаратури, газогенераторів, електрозварювальних автоматів та

напівавтоматів, кисневих і ацетиленових балонів, редуруючих приладів і зварювальних пальників, які обслуговує;

- правила користування пальниками, редукторами, балонами, які застосовує;

- способи і основні прийоми прихвачування, форми обробки шва під зварювання, правила забезпечення захисту під час зварювання в захисному газі, види зварних з'єднань і типи швів;

- підготовку кромки виробів для зварювання;

- типи обробки та позначення зварних швів на кресленні;

- основні властивості електродів, зварювального металу і сплавів, газів та рідин, які застосовує під час зварювання;

- залишковий тиск газу в балонах, який допускається, призначення і марки флюсів, які застосовуються під час зварювання;

- призначення і умови застосування контрольно-вимірювальних приладів;

- причини виникнення дефектів під час зварювання і способи їх запобігання;

- характеристику газового полум'я, габарити брукхту за Державним стандартом.

РОЗДІЛ 1. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Одним із основних технологічних процесів у багатьох галузях промисловості є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які, за певних умов, можуть призводити до професійних захворювань та нещасних випадків робочих зварювальних професій.

Не дивлячись на постійне вдосконалення способів дугового зварювання та зварювальних матеріалів, до цього часу багато гігієнічних проблем зварювального виробництва остаточно не вирішено. Як наслідок цього залишаються незадовільними умови праці електрозварників, що негативно позначається на їх здоров'ї та працездатності. Комплексний характер негативного впливу на здоров'я зварників небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а також тяжкості і напруженості праці, вимагають здійснення різноманітних оздоровчих заходів.

1.1 Професійні захворювання зварників

Захворювання, викликане дією на працюючого шкідливих умов праці, класифікується як професійне захворювання. Професійне отруєння також відноситься до професійних захворювань. Явище, яке характеризується сукупністю професійних захворювань, називають професійною захворюваністю. В деяких випадках вплив шкідливих факторів виробничого середовища призводить до виникнення виробничо-обумовленої захворюваності.

Рівень професійної захворюваності в машинобудівній промисловості, де в великих об'ємах застосовується електродугове зварювання, значно більший, ніж в інших галузях промисловості.

Несприятливу дію шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників і викликані ними професійні захворювання у зварювальному виробництві можна розділити на три основні групи:

1. Захворювання, викликані дією хімічних факторів.
2. Захворювання під дією фізичного навантаження, а також одноманітних, часто повторювальних рухів, вимушеної пози.
3. Захворювання, викликані фізичними факторами (нагрівання

чи охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання). Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при зварюванні і споріднених процесах наведені у Додатку Д1.

1.2 Захист від враження електричним струмом

Електричний струм уражає нервову систему людини або викликає опіки. Ступінь враження залежить від сили струму, його напруги й опору тіла людини. Величина струму до 0,002А не представляє небезпеки, від 0,002 до 0,05 А – небезпечна, може викликати болючі відчуття, сприяє різкому скороченню м'язів, а вище 0,05 А може привести до смертельного результату. У сухих приміщеннях безпечним вважається напруга до 36А, а в сирих – до 12 А, що необхідно враховувати при проведенні ліній для освітлювальних цілей. Чим нижчий опір тіла людини, тим сильніше поразка струмом. У свою чергу, опір тіла людини знижується (підсилюється ступінь поразки) при вологій шкірі, у період сп'яніння, хвороби, перевтоми. Хворі люди й у стані сп'яніння до зварювання не допускаються. Зварник постійно стикається із струмоведучими елементами зварювального ланцюга, що мають напругу до 90 А і трохи вище, а також із зварювальним устаткуванням, що одержує живлення від електричної мережі напругою 220, 380 і 500 А. Випадкове порушення (або відсутність) заземлення або несправність устаткування призводить до поразки електричним струмом. Щоб уникнути поразки струмом при виконанні зварювальних робіт, необхідно:

- надійно заземлювати корпус зварювальної апаратури і джерел живлення;
- застосовувати рубильники і перемикачі закритого типу;
- забезпечувати надійну ізоляцію всіх проводів живлення (трансформаторів, перетворювачів, випрямлячів і т. д.);
- не торкатися незахищеними руками до електропровідників, користуватися сухим спецодягом і брезентовими рукавицями, у сирих місцях надягати гумові рукавиці і чоботи, застосовувати ізолюючі килимки;
- надійно ізолювати рукоятку електродотримачів і закріплюючих пристроїв, а при використанні зварювальних струмів вище 600 А електропровідний провід підключати безпосередньо до електродотримача, крім електропровідника через ізольовану рукоятку;

– при зварюванні внутрішніх швів резервуарів, казанів, труб і інших подібних закритих конструкцій користуватися гумовими рукавичками, килимками або підстилкою з ізольованого матеріалу; гумовим головним убором (шоломом) і діелектричними калошами, переносною лампою напругою не більше 12А; зварювання всередині закритих конструкцій вести в присутності чергового підручного, який повинен знаходитися поза конструкцією, мати вільний доступ до рубильника для відключення струму, добре знати, що йому потрібно робити у випадку враження зварника електричним струмом;

– при виявленні напруги на корпусі апаратури, устаткування або на захисних кожухах негайно робити зупинку роботи, викликати електромонтера або довести до відома майстра;

– зварювальні провідники надійно з'єднують механічними затискачами (муфтами), зварюванням або паянням з наступною надійною ізоляцією місць з'єднання, не допускати застосування різних навивок, структур і ін.

При виконанні зварювання у важких умовах (зварювання в закритих конструкціях, у сирих місцях і т. д.) застосовувати пристрій, що знижує напругу холостого ходу джерел живлення. Для підключення однофазних трансформаторів застосовували тільки трьохжильний гнучкий шланговий кабель, у якому третю жилу використовували для заземлення (один кінець жили підключити до болта корпусу, що заземлює трансформатор, другий – до корпусу рубильника). Щодня перед початком зварювання перевіряти справність апаратури, джерел живлення, струмоведучих проводів і надійність заземлення. При роботі на відкритих площадках і на монтажі джерела зварювального струму захищати від атмосферних опадів брезентом або будь-якими іншими засобами, що забезпечують вологонепроникненість. Запобігати можливим механічним ушкодженням струмоведучих проводів при кантуванні зварювальних конструкцій, складуванні заготовок, при русі рейкового й іншого транспорту. Допускати до обслуговування зварювального устаткування тільки кваліфікованих електромонтерів (не нижче III групи), що мають право на обслуговування електроустановок напругою до 1000 В. Викликати електромонтера для усунення несправності зварювальної апаратури і джерел живлення, для підключення їх до силової мережі, а також для їхнього відключення від силової мережі, для проведення всіх інших робіт, зв'язаних з дотриманням загальних

правил монтажу й експлуатації електротехнічних силових установок. При дотриманні правил техніки безпеки ведення зварювальних робіт враження зварювальників струмом цілком виключено. У випадку враження струмом необхідно терміново прийняти наступні міри:

Якщо уражений струмом тримається за провід або будь-яку металеву деталь, що знаходиться під напругою, необхідно, не доторкуючись потерпілого, виключити струм будь-яким способом (виключити рубильник, перебити провід сокирою із сухою рукояткою, зняти запобіжник, створити коротке замикання проводів, при якому перегорять запобіжники). Якщо це швидко здійснити не можливо, то звільнити потерпілого від проводів, строго дотримуючись наступних правил:

- не торкатись до тіла потерпілого незахищеними руками;
- допускається брати потерпілого за кінці одягу, якщо він сухий, або надягти гумові рукавички;
- якщо потерпілий уражений струмом від проводу, що обірвався, відкинути провід ударом сухої дерев'яної рейки, а у випадку судорожного зчеплення руки з проводом надягнути гумові рукавички і, стоячи на ізолюючій підстилці, обережно по одному відгинати пальці потерпілого.

Після звільнення потерпілого від дії електричного струму:

- при виявленні подиху і пульсу обережно перенести його в тихе і спокійне місце, укласти на суху підстилку, розстебнути одяг, що здавлює, забезпечити догляд свіжого повітря і викликати медичну допомогу;

- якщо потерпілий не виявляє ознак життя, негайно почати робити йому штучне дихання, що продовжувати безупинно робочий час – (іноді кілька годин) і припиняти тільки по висновку лікаря. З кожним роком підсилюються вимоги до виконання правил техніки безпеки, у результаті чого враження зварювальників електричним струмом у даний час – виключно рідкісне явище.

1.3 Захист від променів електричної дуги

Промені електричної дуги шкідливо впливають на зварників і людей, які знаходяться поруч із ними. За своїми властивостями вони поділяються на видимі і невидимі. До видимих відносять світлові промені електричної дуги, які засліплююче діють на очі. При довгочасному опроміненні послаблюється зір. До невидимих відносять

ультрафіолетові і інфрачервоні промені, які визивають запалення очей і опіки шкіри. Ультрафіолетові промені шкідливо діють на сітчатку і рогівку очей. Якщо на протязі декількох хвилин дивитись на світло дуги без захисних засобів, то через деякий час появляється світлобоязкість, слезоточивість та сильні болі в очах. Складається враження, що очі забруднені піском. Невеликі запалення очей проходять через кілька годин. Інфрачервоні промені при тривалій дії викликають захворювання очей, сприяють загальній втраті зору (катаракта кришталика). Крім того, світло дуги викликає на відкритих частинах тіла опіки такі ж, як сонячні. При зварюванні відкритою дугою (ручному зварюванні, напівавтоматичному й автоматичному, в середовищі захисних газів) небезпечно дивитися не тільки на дугу, але й на відображення світла від стін, небезпечно висвітлення дугою особи людини в профіль. В останньому випадку начебто людина і не дивиться на дугу, але в цей час він може одержати опромінення очей, достатнє для порушення запального процесу. Для запобігання осіб, що працюють поруч з палаючою зварювальною дугою і зварників застосовують загальні і індивідуальні засоби захисту. До загальних засобів захисту відносяться кабінки з дверцями, виконаними у вигляді брезентових фіранок, переносні щити та ширми, коли робота на якомусь місці носить тимчасовий характер.

1.4 Захист від бризок, продуктів горіння і попередження вибухів

Захист від бризок. Крім опіків від електричної дуги при зварюванні можуть бути опіки від бризок розплавленого металу і шлаку. Для попередження опіків зварників необхідно:

1. Мати спецодяг із брезенту або щільного сукна.
2. Не заправляти куртку в штани, а штани в чоботи, не робити на спецодязі відкриті кишені.
3. Прикривати голову беретом або будь-яким головним убором без козирка.
4. Працювати в рукавицях.

Необхідно також забезпечувати мінімальне розбризкування металу шляхом відповідного підбора режимів зварювання.

Захист від продуктів горіння зварювальної дуги. Будь-які способи дугового зварювання в тім або іншому ступені забруднюють повітря домішками, що можуть викликати отруєння, поразку легень і

призвести до легеневих захворювань. При зварюванні всіх металів у тім або іншому ступені утворюється окис азоту, а також аміак, що відноситься до токсичних газів. При зварюванні під флюсом виділяються фтористі з'єднання, а при ручному зварюванні – марганцеві, також шкідливі для організму людини, тому у флюсах і обмазках електродів обмежують застосування фтористих з'єднань і марганцю. Виключено, наприклад, електроди марки ЦМ-7, в обмазку яких входить 30 % феромарганцю. Небезпечні не тільки токсичні гази, але і нетоксичні, якщо вони знижують процентний вміст кисню в повітрі. Перед зварюванням отворів у газопроводах необхідно обов'язково продути газопровід повітрям. Вибух може відбутися в тому випадку, якщо чистий кисень стикається з мастилом і різними жирами. При цьому відбувається якби процес самозаймання. Необхідно стежити, щоб мастило не потрапило на балони з киснем, кисневі шланги, різакі і зварювальні пальники.

1.5 Протипожежні заходи

У зварювальних цехах, на будівельно-монтажних площадках, на зварювальних і наплавочних ділянках необхідно суворо дотримувати наступні правила, що запобігають можливості виникнення пожежі від іскор, що розлітаються і бризок розплавленого металу:

1. Робоче місце зварника повинне бути цілком очищене від легкозаймистих або вибухонебезпечних металів. Легкозаймисті рідини і різні пальні матеріали повинні знаходитись від місця зварювання на відстані не менш 30м, ацетиленові генератори і балони з пальними газами – на відстані не менш 10м.

2. У місцях виконання зварювальних робіт захист від іскор, що розлітаються, і бризок металу повинно забезпечуватися металевими або брезентовими ширмами, на ділянках зварювання повинні бути вогнегасники, шухляди з піском, бочки з водою, різний пожежний інвентар, обов'язково телефонний зв'язок і пристрої для звукових сигналів.

3. Усі робітники та службовці при надходженні на роботу або при зміні робочих місць повинні бути проінструктовані з протипожежної безпеки і по прийнятому на підприємстві протипожежному режимі. На великих дільницях і в цехах повинні бути офіційно назначені відповідальні за стан протипожежних засобів

і виконання протипожежного режиму роботи.

4. Обов'язково два рази в тиждень перевіряти стан зварювального обладнання.

При гасінні пожежі, що виникла в результаті витікання та спалахування рідин (бензину, гасу, рідких мастильних матеріалів), не можна користуватися водою або рідкопінними вогнегасниками, необхідні пісок або спеціальні густопінні вогнегасники. Відповідальність за протипожежний стан окремих цехів, майстерень, складів і інших об'єктів, а також за своєчасне виконання протипожежних заходів на них покладається персонально на начальників цехів, майстерень, складів і т. д. Тому з усіх питань, зв'язаних із уживанням заходів протипожежної безпеки, необхідно звертатися насамперед до зазначених керівників. При аваріях зварювані роботи допускається робити під спостереженням начальника цеху без письмового дозволу. Після закінчення вогневих робіт зварник зобов'язаний ретельно оглянути місце проведення цих робіт, полити водою легкозаймисті конструкції й усунути порушення, що можуть привести до виникнення пожежі. У даний час існують загальні правила й інструкції про пожежну безпеку для найбільш розповсюджених виробництв усіх міністерств і відомств. Вимоги по пожежній безпеці для різних виробництв у відповідні правила техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах для цих виробництв.

1.6 Техніка безпеки для електрозварника ручного зварювання

1.6.1 Загальні положення

1.6.1.1. До виконання електрозварювальних робіт допускаються особи, які досягли 18-річного віку, визнані придатними для даної роботи медичною комісією, пройшли спеціальне навчання з безпечних методів і прийомів ведення робіт та мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II.

1.6.1.2. Електрозварник ручного зварювання, якого приймають на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки, прийомів і способів надання долікарської допомоги потерпілим, бути ознайомлений під розпис з умовами праці, правами та пільгами за роботу в шкідливих та

небезпечних умовах праці, про правила поведінки при виникненні аварій.

1.6.1.3. До початку роботи безпосередньо на робочому місці електрозварник ручного зварювання повинен пройти первинний інструктаж з безпечних прийомів виконання робіт.

Про проведення вступного інструктажу та інструктажу на робочому місці робляться відповідні записи в Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці і Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував.

1.6.1.4. Електрозварник, що приймається на роботу, після первинного інструктажу повинен протягом 2–15 змін (залежно від стажу, досвіду і характеру роботи) пройти стажування під керівництвом досвідченого, кваліфікованого електрозварника ручного зварювання, який призначається наказом (розпорядженням) по дорожній організації.

1.6.1.5. Повторний інструктаж з правил і прийомів безпечного ведення роботи електрозварник повинен проходити:

- періодично, не рідше одного разу на квартал;
- при незадовільних знаннях з охорони праці не пізніше місячного строку;
- у зв'язку з допущеним випадком травматизму або порушенням вимог охорони праці, що не призвело до травми.

1.6.1.6. Електрозварник ручного зварювання повинен працювати у спецодязі та спецвзутті, передбачених Типовими галузевими нормами: костюмі брезентовому або костюмі для зварника, рукавицях брезентових, черевиках шкіряних.

На зовнішніх роботах взимку: куртці та брюках бавовняних на утеплювальній прокладці, валянках.

1.6.1.7. Робочі місця повинні бути забезпечені інвентарними загородженнями, захисними та запобіжними пристроями, повинні мати достатнє освітлення. В разі потреби, користуватися справним переносним світильником напругою не вище 42 В, а при роботі в котлах, цистернах, колодязях – не вище 12 В.

Освітленість робочого місця має бути не менша за 50 лк.

1.6.1.8. Електрозварник повинен протягом усього робочого дня тримати в порядку і чистоті робоче місце, не захаращувати проходи до нього матеріалами та конструкціями.

1.6.1.9. Забороняється проводити зовнішні електрозварювальні роботи на риштуваннях під час грози, ожеледі, туману, при вітрі силою 15 м/сек. і більше.

1.6.1.10. Електрозварювальну установку розміщувати так, щоб були забезпечені вільний доступ до неї, зручність і безпека при веденні робіт.

При одночасному використанні кількох зварювальних установок їх треба встановлювати не ближче 350 мм один від одної, а ширина проходів між ними повинна бути не менше 800 мм.

1.6.1.11. Електрозварювальну установку включати в електромережу тільки за допомогою пускового пристрою.

Забороняється жити зварювальну дугу безпосередньо від силової та освітлювальної електромереж.

Довжина проводів між живильною мережею та пересувною установкою не повинна перевищувати 10 м.

Кабель (електропроводку) слід розміщувати на відстані не менше 1 м від трубопроводів кисню та ацетилену.

1.6.1.12. Відстань від місця проведення електрозварювальних робіт до місця встановлення газогенератора, балонів з газом та легкозаймистих матеріалів повинна бути не менша за 10 м.

1.6.1.13. Забороняється зберігати легкозаймісті матеріали та вибухонебезпечні речовини в приміщеннях для зварювання.

1.6.1.14. У закритих приміщеннях і всередині ємностей електрозварник повинен працювати при наявності припливно-втяжної вентиляції.

Забороняється одночасна робота електрозварника і газозварника (газорізальника) всередині закритої ємності або резервуара.

1.6.1.15. Робочі місця при роботі кількох електрозварників в одному приміщенні слід огороджувати світлонепроникними щитами (екранами) з вогнетривкого матеріалу, заввишки не менше 1,8 м.

1.6.1.16. Виконувати електрозварювальні роботи на висоті з риштувань та інших засобів підіймання дозволяється тільки після перевірки майстром їх міцності і стійкості, а також після вживання заходів, що попереджають спалахування настилів, падіння розплав-

леного металу і огарків електродів на працюючих або людей, які проходять поблизу.

Забороняється використовувати випадкові опори.

1.6.1.17. Електрозварник, при потребі, повинен спускатися в траншеї (котловани) по приставних драбинах, переходити через канали і траншеї по перехідних містках.

1.6.1.18. Електродотримач має бути заводського виготовлення, легкий, забезпечувати надійне затиснення і швидку зміну електродів без дотику до струмоведучих частин і бути справний.

Держак повинен бути виконаний з теплоізоляційного діелектричного матеріалу. Забороняється застосовувати електродотримачі з підвідним проводом у держаку при силі струму 600 А та більше, а також ручний інструмент, що має:

- вибої, відколи робочих кінців;
- задирки та гострі ребра в місцях затискання рукою;
- тріщини та відколи на затилковій частині.

1.6.1.19. Забороняється протирати деталі перед зварюванням бензином або гасом.

1.6.1.20. Необхідно стежити, щоб руки, взуття та одяг були завжди сухі.

1.6.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.6.2.1. Перед початком роботи електрозварник повинен:

– надіти спецодяг, спецвзуття, застібнути манжети рукавів. При цьому куртка не повинна бути заправлена в брюки, а брюки мають бути випущені поверх черевиків;

– одержати індивідуальні засоби захисту, які необхідно використовувати за призначенням:

щиток електрозварника – для захисту від бризок розплавленого металу, від дії променів електричної дуги;

запобіжний пояс – при роботі на висоті, всередині ємності;

шланговий протигаз – для роботи всередині закритих резервуарів при наявності аерозолю, газу, пилу;

каска з дво- і тришаровими підшоломниками – для захисту голови від падіння предметів;

азбестові і брезентові нарукавники – для захисту від бризок розплавленого металу при стельовому зварюванні;

окуляри захисні із світлофільтром марок “В”, “Г”;

– оглянути і упорядкувати робоче місце і проходи поблизу нього, підлога на робочому місці повинна бути суха;

– перевірити ізоляцію зварювальних проводів, переконатись у наявності заземлення електрозварювальної установки та надійності з'єднання всіх контактів;

– переконатись, що поблизу місця зварювання немає легкозаймистих і палих матеріалів.

1.6.2.2. Забороняється виконувати зварювальні роботи на посудинах, що перебувають під тиском.

1.6.2.3. До початку зварювання деталі (конструкції) повинні бути надійно закріплені.

1.6.2.4. Забороняється залишати без догляду електродотримач під напругою, а також працювати при несправності зварювального агрегату, зварювальних проводів, електродотримача або шолома-маски (щитка).

1.6.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

1.6.3.1. Роботи в закритих ємностях повинні виконуватися не менше, ніж двома робітниками, один з яких повинен знаходитися зовні зварювальної ємності для здійснення контролю за безпечним проведенням робіт зварювальником. У цього робітника кваліфікаційна група повинна бути не нижче III для даного виду робіт.

Електрозварник, що працює у середині ємності, повинен мати запобіжний пояс з закріпленою на ньому мотузкою, другий кінець якої довжиною не менше 2 м повинен знаходитися в руці іншого робітника, що знаходиться зовні ємності.

Переносне освітлення у середині ємності повинно бути з напругою не більше 12 В.

При зварюванні у середині котлів, резервуарів електрозварник, крім спецодягу, зобов'язаний користуватися діелектричними рукавичками, калошами, килимами, каскою для захисту голови.

1.6.3.2. Під час проведення електрозварювальних робіт на висоті електрозварник повинен застосовувати сумку для електродів та ящик для недогарків.

Забороняється розкидати недогарки.

1.6.3.3. Зварювальний агрегат необхідно підключити до живильної мережі через індивідуальний рубильник проводом відповідного перерізу згідно з інструкцією по експлуатації

зварювальних агрегатів. При цьому відстань між зварювальним агрегатом і стіною має бути не менша за 0,5 м.

Підключати до електромережі і відключати від неї електрозварювальні установки, а також ремонтувати їх повинні тільки електромонтери. Забороняється виконувати ці операції електрозварникам.

1.6.3.4. Роботи в особливо небезпечних приміщеннях можна виконувати тільки після одержання наряд-допуску, якщо агрегат має електроблокування, що забезпечує автоматичне відключення зварювального ланцюга при заміні електрода, при холостому ході.

1.6.3.5. При стельовому зварюванні необхідно користуватися азбестовими або брезентовими наруківниками, при зварюванні кольорових металів і сплавів, які містять цинк, мідь, свинець, – респіраторами з хімічним фільтром і проводити роботи тільки при працюючому місцевому відсмоктуванні.

1.6.3.6. Забороняється:

- різати і зварювати метал у висячому положенні;
- вести зварювальні роботи з приставних драбин.

1.6.3.7. Під час виконання зварювальних робіт необхідно закривати обличчя щитком із світлофільтрами для захисту очей та обличчя від дії променів електричної дуги, а також бризок розплавленого металу.

1.6.3.8. Під час проведення електрозварювальних робіт безпосередньо на автомобілі електрозварник повинен спочатку заземлити раму або кузов автомобіля. Якщо зварювання ведеться безпосередньо близько від паливного бака, закрити його листом заліза чи азбесту від попадання іскор.

1.6.3.9. Перед проведенням зварювальних робіт на газобалонному автомобілі (газодизельному) газ необхідно випустити, а балони продути інертним газом і повідомити про це майстра.

1.6.3.10. Зварювання при ремонті ємності з-під пально-мастильних матеріалів треба робити після обробки їх 15 – 20 % розчином каустичної соди або продуванням сухою парою з наступною перевіркою вмісту небезпечних речовин в ємності за допомогою газоаналізатора. Зварювання проводити при відкритих кришках.

1.6.3.11. Електрозварникові забороняється:

- дивитись самому і дозволяти дивитись іншим на електрозварювальну дугу без захисних окулярів, щитів;

- працювати з щитом, окулярами, які мають щілини і тріщини;
- працювати на електрообладнанні з оголеними проводами та відкритими струмоведучими частинами;
- послідовне включення у заземлюючий провідник кількох електрозварювальних установок.

1.6.3.12. Зварювальну установку слід заземляти до включення її в електромережу.

Металеві частини зварювальних установок, що не перебувають під напругою під час роботи, повинні бути заземлені.

Над клемми зварювальних трансформаторів мають бути козирки і надписи: “Висока сторона”, “Низька сторона”.

1.6.3.13. Забороняється захарашувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників і гідрантів.

1.6.3.14. Зварювальні установки на час їх пересування мають бути відключені від мережі.

1.6.3.15. Забороняється застосування електрозварювальних проводів з пошкодженням обплетенням чи ізоляцією.

Жили зварювальних проводів слід з’єднувати опресовуванням, зварюванням, паянням або спеціальними затискачами (при обов’язковому відключенні електроенергії).

1.6.3.16. Забороняється використовувати як зворотний провід контур заземлення, труби санітарно-технічних мереж (водопровід, газопровід та ін.), металеві конструкції будівель і технологічного устаткування.

1.6.3.17. Напруга холостого ходу джерел зварювального струму не повинна перевищувати максимальні значення, вказані в паспорті зварювального обладнання.

1.6.3.18. Про всі випадки обривання проводів, несправності заземлюючих пристроїв та інші пошкодження електрообладнання електрозварник повинен негайно повідомити майстра.

1.6.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

1.6.4.1. По закінченні роботи електрозварник повинен:

- відключити електрозварювальну установку від джерел електроенергії;
- виключити вентиляцію.

1.6.4.2. Упорядкувати робоче місце, обладнання, інструменти і пристрої.

Прибрати проводи та інструмент у відведене для них місце або здати в комору.

1.6.4.3. Зняти спецодяг і спецвзуття, очистити його від пилу та іншого бруду і покласти у відведене для зберігання місце та переодягтися. Потім вимити обличчя і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

1.6.4.4. Повідомити майстра про закінчення робіт і про всі неполадки під час проведення робіт.

1.6.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1.6.5.1. При виникненні аварійної ситуації електрозварник ручного зварювання повинен вимкнути струм у разі:

- пожежі в зоні роботи;
- травми, що трапилась з кимсь із робітників;
- ураження електричним струмом.

1.6.5.2. Електрозварник, помітивши загоряння, повинен негайно приступити до гасіння пожежі наявними засобами та повідомити адміністрацію.

1.6.5.3. Для гасіння пожежі в електрозварювальній установці електрозварник повинен застосовувати вуглекислотний вогнегасник, сухий пісок або грубошерсту тканину.

1.6.5.4. Якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, електрозварник повинен негайно викликати найближчу пожежну команду по телефону чи будь-якими засобами зв'язку.

1.6.5.5. При нещасних випадках електрозварник повинен уміти надати потерпілому першу долікарську медичну допомогу, при необхідності, викликати швидку медичну допомогу та повідомити адміністрацію.

1.6.5.6. При ураженні електричним струмом електрозварник повинен негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електрозварювальний апарат від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувати підручний ізоляційний матеріал.

1.6.5.7. При відсутності у потерпілого дихання і пульсу електрозварник повинен зробити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані

оживлення починають негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу та повідомити адміністрацію про нещасний випадок.

1.6.5.8. Електрозварник повинен вміти надати першу допомогу при опіках. Не слід стягувати з обпеченого місця одяг і видаляти білизну, що прилипла до рани.

1.6.5.9. При опіку очей електричною дугою необхідно робити холодні примочки борною кислотою.

1.6.6 Додаткові вимоги

1.6.6.1. Робочі місця, як постійні, так і тимчасові повинні бути забезпечені місцевою витяжною вентиляцією, а приміщення – припливно-витяжною вентиляцією.

1.6.6.2. Робочі місця на відкритому повітрі повинні бути обладнані навісами із вогнетривких матеріалів.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які основні професійні захворювання зварників?
2. Наведіть небезпечні та шкідливі виробничі фактори при електродуговому зварюванні.
3. Які існують методи та засоби захисту зварника від враження електричним струмом?
4. Які існують методи та засоби захисту зварника від променів електричної дуги?
5. Наведіть заходи щодо захисту від бризок, продуктів горіння і попередження вибухів.
6. Протипожежні заходи при електродуговому зварюванні.
7. Вимоги безпеки перед початком роботи зварника.
8. Вимоги безпеки під час виконання роботи по зварюванню.
9. Вимоги безпеки після закінчення роботи.
10. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

РОЗДІЛ 2. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

2.1 Загальні положення

2.1.1. До виконання газозварювальних робіт допускаються особи не молодше 18 років, визнані придатними для цієї роботи медичною комісією, які пройшли спеціальне навчання безпечних методів і прийомів ведення робіт та мають кваліфікаційне посвідчення.

2.1.2. Газозварник, якого приймають на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки, прийомів і способів надання долікарської допомоги потерпілим, бути ознайомлений під розпис з умовами праці, правилами та пільгами за роботу в шкідливих та небезпечних умовах праці.

2.1.3. До початку роботи безпосередньо на робочому місці газозварник повинен пройти первинний інструктаж з безпечних прийомів виконання робіт.

Про проведення вступного інструктажу та інструктажу на робочому місці робляться відповідні записи в Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці і Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував.

2.1.4. Газозварник, що приймається на роботу, після первинного інструктажу повинен протягом 2–15 змін (залежно від стажу, досвіду і характеру роботи) пройти стажування під керівництвом досвідченого, кваліфікованого газозварника, який призначається наказом (розпорядженням) по дорожній організації.

2.1.5. Повторний інструктаж з правил і прийомів безпечного ведення роботи газозварник повинен проходити:

- періодично, не рідше одного разу на квартал;
- при незадовільних знаннях з охорони праці не пізніше місячного строку;
- у зв'язку з допущеним випадком травматизму або порушенням вимог охорони праці, що не призвело до травми.

2.1.6. Газозварник повинен працювати у спецодязі, спецвзутті та інших засобах індивідуального захисту, передбачених Типовими

галузевими нормами: костюмі бавовняному з вогнезахисним просоченням або костюмі для зварника, рукавицях брезентових, черевиках шкіряних з захисними носками, захисними окулярами закритого типу.

На зовнішніх роботах взимку: куртці та брюках бавовняних на утеплювальній прокладці, валянках.

2.1.7. Газозварник повинен бути обережним біля тросів, ланцюгів, канатів.

2.1.8. Газозварник не повинен наступати на кришки люків та різні перекриття ям, канав і котлованів, щоб не упасти в них.

2.1.9. Газозварник повинен виконувати зварювальні роботи на висоті з риштувань та інших засобів підіймання тільки після перевірки майстром їх міцності і стійкості, а також після вживання заходів, що попереджають спалахування настилів, падіння розплавленого металу.

2.1.10. Освітленість місця проведення зварювальних робіт повинна бути не менша за 50 лк.

2.1.11. Забороняється сумісна укладка зварювальних проводів і шлангів в загальні канали (короби). Відстань між ними повинна бути не менше 1000 мм.

2.1.12. Газозварник повинен забезпечуватися теплими підстилками з вогнетривких матеріалів для захисту від зіткнення з вологою холодною землею або металоконструкціями.

2.1.13. На кожному газозварювальному апараті повинні бути чітко позначені реєстраційний заводський номер, назва підприємства, яке випустило газозварювальний апарат, і дата щорічних перевірок.

2.1.14. Газозварник має право працювати тільки на газозварювальному апараті, закріпленому за ним.

Забороняється: передавати газозварювальний апарат, різак, пальники, редуктори, шланги іншим особам.

2.1.15. Забороняється при обслуговуванні газозварювального апарату користуватися сталевим інструментом.

Відкривати барабани з карбідом кальцію газозварник повинен за допомогою спеціальних інструментів і пристроїв, що виключають можливість утворення іскор (бронзовим зубилом або спеціальним ножом).

2.1.16. Розкриті, але не повністю використані барабани з карбідом кальцію необхідно закривати кришками, що забезпечують герметичність.

2.1.17. Газові балони повинні мати сигнальне забарвлення з вказаним найменуванням газу, що їх заповнює.

2.1.18. Для освітлення робочого місця зварювальних робіт газозварник повинен користуватися переносним світильником напругою не вище 42 В, а всередині ємності, резервуара, вологих приміщень – 12 В.

2.1.19. Електричне освітлення робочих місць газозварника повинно бути вибухобезпечним.

2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

2.2.1. Газозварник повинен перед початком роботи надіти спецодяг, спецвзуття і рукавиці, а перед початком зварювання – захисні окуляри.

2.2.2. Робоче місце необхідно звільнити від зайвих предметів і легкозаймистих матеріалів.

2.2.3. Перед початком роботи в резервуарах, колодязях повинен переконатися у відсутності в них шкідливих вибухонебезпечних газів і забезпечити відповідну їх обробку до початку зварювальних робіт.

2.2.4. Зварювання при ремонті резервуарів з-під пально-мастильних матеріалів газозварник повинен починати тільки після обробки їх 15-20%-ним розчином каустичної соди або продуванням сухою парою з наступною перевіркою вмісту небезпечних речовин у зазначених ємностях.

До початку газозварювальних робіт у приміщеннях газозварник повинен перевірити наявність і справність вентиляції.

2.2.5. Перед початком газового зварювання газозварник повинен перевірити:

- щільність і міцність приєднання газових шлангів до пальника (різака) та редукторів за допомогою спеціальних хомутів;

- наявність води у затворі (не нижче рівня контрольного крана) і щільність усіх з'єднань у затворі, а також щільність приєднання шланга до затвора;

- справність пальника (різака), редуктора і шлангів;

- справність манометрів на редукторах, наявність пломб.

2.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

2.3.1. При встановленні переносного ацетиленового генератора необхідно стежити за тим, щоб він був встановлений у вертикальному положенні.

2.3.2. Газозварнику забороняється палити поблизу ацетиленового (газозварювального) апарата або підходити до нього з вогнем.

2.3.3. Водяні затвори ацетиленових генераторів мають бути справні, міцно закріплені на корпусі генератора чітко у вертикальному положенні. Забороняється експлуатувати генератори без водяних затворів.

2.3.4. Забороняється встановлювати ацетиленові генератори і балони з газом в проходах, проїздах, на сходових площадках, а також у місцях скупчення людей і в неосвітлених місцях.

2.3.5. В робочих приміщеннях, де виконуються тимчасові роботи, допускається встановлення тільки одного переносного ацетиленового генератора продуктивністю не більше $3 \text{ м}^3/\text{год.}$, що обслуговується газозварником при додержанні таких умов:

- максимальне одночасне завантаження карбіду кальцію в завантажувальний пристрій не повинно перевищувати 4 кг;

- кількість пальників (різаків) на один апарат не повинна бути більше двох за умов встановлення постійного водяного затвора на кожний пост;

- сумарна потужність пальників (різаків) не повинна перевищувати 2 000 л газу на годину;

- приміщення повинно мати обсяг не менше 300 м^3 і припливно-втяжну вентиляцію;

- генератор має бути встановлений від місця зварювання (різання) металу, а також від джерела відкритого вогню та нагрітих виробів не менше, ніж на 10 м;

- на місці встановлення ацетиленового генератора повинні бути вивішені застережливі плакати: «Вогненебезпечно» або «Не палити».

2.3.6 Забороняється чистити, розбирати і збирати ацетиленовий генератор у загальних приміщеннях майстерень. Цю роботу газозварник повинен виконувати у спеціальних приміщеннях або на відкритому повітрі.

2.3.7. Забороняється розміщувати переносні ацетиленові генератори і балони з газом в працюючих котельнях, кузнях і подібних приміщеннях, а також поблизу місць забору повітря вентилятором чи компресором. В разі потреби зварювання в таких приміщеннях можна виконувати, підводячи ацетилен гумовим шлангом від генератора чи балона, встановленого поза цим приміщенням.

2.3.8. Довжина шлангів для газового зварювання не повинна перевищувати 20 м. У монтажних умовах допускається збільшення довжини шлангів до 40 м.

Забороняється застосовувати шланги з дефектами, а також підмотувати їх ізоляційною стрічкою або іншими матеріалами. Мінімальна довжина стикованих шлангів повинна бути не менше 3 м.

Шланги на приєднаних ніпелях апаратури (пальники, різак, редуктори та ін.) необхідно закріплювати надійно. На ніпелі водяних затворів шланги необхідно надівати щільно, але не закріплювати.

Шланги необхідно застосовувати відповідно з їх призначенням. Забороняється:

- використовувати кисневі шланги для подачі ацетилену і навпаки;
- сплющувати, скручувати і перегинати шланги при їх укладанні, а також користуватись замасленими шлангами.

Шланги при газовому зварюванні необхідно підвішувати, щоб запобігти можливим пошкодженням. Забороняється розміщувати їх у проходах і проїздах, а також ближче 1 м від вогню та електропроводу.

2.3.9. При експлуатації переносних генераторів на відкритому повітрі або в неопалюваних приміщеннях при температурі нижче 0°C необхідно вживати заходів, які запобігають їх замерзанню.

В разі замерзання води в генераторі, водяному затворі чи шлангу необхідно відігріти їх у теплом приміщенні на відстані не менше, ніж 10 м від джерел вогню, іскор тощо або гарячою водою (парою).

2.3.10. Після зняття ковпака з газових балонів газозварник повинен перевірити:

- справність різьбового з'єднання штуцера і вентиля;
- наявність і справність ущільнювальної шкіряної прокладки в гнізді приєднувального штуцера ацетиленового балона.

Забороняється знімати ковпак з балона за допомогою зубила та молотка або інших засобів, які можуть викликати іскру. Якщо ковпак не відгвинчується, газозварник повинен повідомити про це майстра, щоб повернути балон заводу-виготовлювачу.

2.3.11. Забороняється:

- забруднення кисневих балонів маслом;
- торкатись їх забрудненими маслом руками, бо навіть незначна кількість масла (жиру) у сполуці з киснем може викликати вибух.

2.3.12. Газозварник повинен при приєднанні редуктора до кисневого балона оглянути вхідний штуцер і накидну гайку редуктора, переконатись у справності нарізки гайки, у відсутності слідів масла та жирів, а також у наявності і справності ущільнювальної фібрової прокладки і фільтра на вхідному штуцері редуктора.

2.3.13. Для продування штуцера балона газозварник повинен плавно на короткий час відкрити вентиль на чверть або половину оберту для видалення сторонніх частинок. Відкриваючи вентиль, необхідно стояти осторонь струменя газу.

2.3.14. Забороняється користуватись редуктором з несправною нарізкою в накидній гайці, несправними манометрами, манометрами з простроченими строками випробування їх.

2.3.15. Для відкривання вентиля ацетиленового балона і для укріплення на ньому редуктора газозварник повинен мати спеціальний торцевий ключ.

2.3.16. Забороняється загрузати карбід кальцію меншої грануляції, ніж зазначено в паспорті генератора. Перед завантаженням необхідно відсіяти карбідний пил.

Карбід кальцію необхідно загрузати тільки в корзину. Забороняється загрузати карбід кальцію безпосередньо в реторту.

2.3.17. При живленні газозварювальних постів ацетиленом і киснем від балонів необхідно встановлювати балони вертикально у спеціальних стояках, міцно прикріплювати їх хомутами або ланцюгами і оберігати від ударів та падіння.

Балони необхідно встановлювати на відстані не менше 1м від приладів опалення і 5 м від нагрівальних печей та інших джерел тепла.

На ділянці і в майстерні, де проводиться газополуменева обробка, забороняється мати більше одного запасного наповненого балона на кожний пост.

2.3.18. Відстань між кисневим балоном і газогенератором повинна бути не менша за 5 м.

2.3.19. Перед запалюванням пальника (різака) слід продути шланги, щоб видалити повітря робочими газами: кисневі – киснем, ацетиленові – ацетиленом.

2.3.20. Про всі помічені несправності на робочому місці необхідно негайно доповісти майстру і без його вказівки до роботи не приступати.

2.3.21. При запалюванні ручного пальника або різака спочатку необхідно трохи відкрити вентиль кисню, потім відкрити вентиль ацетилену і тільки після короткочасного продування шлангів запалити пальну суміш газів. При гасінні – навпаки: спочатку закрити вентиль ацетилену, потім – вентиль кисню.

2.3.22. Забороняється змащувати мастилом редуктор, пальник, різак і братися за них руками в мастилі, а також зберігати біля них замашені обтиральні матеріали.

2.3.23. Забороняється витрачати ацетилен з генераторів до повного зниження і загасання полум'я пальника (різака), щоб уникнути підсмоктування повітря та виникнення зворотного удару.

2.3.24. При зворотному ударі полум'я треба негайно закрити вентилі на пальнику (різаку), на балонах і водяному затворі та охолодити пальник.

При перегріві пальника (різака) необхідно припинити роботу, а пальник (різак) погасити і охолодити до повного остигання. Для охолодження пальника необхідно мати посуд з чистою холодною водою без слідів мастила.

Під час перерв у роботі для підвішування погашених пальників необхідно користуватися стояком з гаком або вилкою.

2.3.25. При експлуатації ацетиленових апаратів забороняється:

- загрузжати карбід кальцію в мокрі ящики;
- підвищувати тиск в ацетиленовому генераторі вище зазначеного в паспорті;
- відключати автоматичний регулятор, якщо він є;
- працювати саморобними або несправними завантажувальними пристроями.

2.3.26. При роботі генератора необхідно стежити за тим, щоб не було витікання газу з кранів, пробок та інших з'єднань. Герметичність перевіряється по шкалі манометра, а місця витоку газу визначають тільки за допомогою мильного розчину. Забороняється застосовувати вогонь для перевірки герметичності.

2.3.27. Забороняється працювати без захисних окулярів, бавовняних костюмів і брезентових рукавиць, а також користуватись одягом і рукавицями, забрудненими мастилом, бензином, гасом.

При виконанні робіт в закритих ємностях, резервуарах, «глухих» та вологих підвалах газозварник повинен працювати в спецодязі і мати запобіжний пояс із закріпленою на ньому мотузкою, другий кінець якої довжиною не менше 2м повинен тримати в руці другий робітник, який знаходиться зовні ємності, резервуара.

2.3.28. Забороняється проводити газозварувальні роботи з приставних драбин. При виконанні робіт на висоті треба користуватись драбиною зі спеціально обгородженою площадкою, де газозварник повинен працювати з запобіжним поясом.

Забороняється вести зварювання на відкритому повітрі в снігову або дощову погоду.

2.3.29. Забороняється працювати від переносного генератора, розташованого на одному візку з кисневим балоном.

2.3.30. Забороняється вести газозварювання трубопроводів, посудин і резервуарів, які перебувають під тиском, незалежно від того, яким газом або рідиною вони заповнені.

2.3.31. Виконувати газозварювання або різання будь-яких частин електрообладнання можна тільки в тому випадку, якщо вони спочатку знеструмлені та вжито заходів, які не допускають їх включення при зварюванні та різанні.

При газовому зварюванні та різанні поблизу струмоведучих пристроїв місця роботи слід обгородити щитами.

2.3.32. При газовому різанні деталей, ферм, балок, станин, металевого брухту необхідно вживати заходів проти падіння відрізанних частин на тих, хто працює.

2.3.33. Забороняється залишати без нагляду переносний генератор під час роботи.

При перервах у роботі полум'я пальника необхідно погасити, а вентиля на пальнику – щільно закрити. При тривалих перервах у роботі (обідня перерва тощо), крім вентилів на пальнику та різанку,

слід закрити вентиля на кисневих та ацетиленових балонах або на газорозбірних постах, а гвинти редукторів вивернути до звільнення пружини.

2.3.34. Перевозити кисневі та ацетиленові балони необхідно тільки на ресорних транспортних засобах, а також на спеціальних ручних візках.

У літній час підготовлені до роботи кисневі та ацетиленові балони необхідно захищати від дії сонячних променів і установлювати на спеціальних підставках осторонь від проходів та інших предметів.

2.3.35. Відбір газу з балонів повинен проводитися до залишкового тиску не нижче 0,05 МПа.

2.3.36. Дерев'яні перегородки, що стоять на відстані ближче 5 м від газозварювальних постів, повинні бути оштукатурені, а двері – оббиті азбестом.

2.3.37. Забороняється виходити із запаленим пальником або різакон за межі робочого місця, а також підніматися з ними по трапах, риштуваннях.

2.3.38. Місце газозварювання має бути обладнане засобами пожежогасіння (вуглекислотними вогнегасниками, ящиками з сухим піском).

2.3.39. Ацетиленовий генератор необхідно розміщувати на відстані не ближче 10 м від місця газозварювальних робіт, а також від будь-якого джерела відкритого вогню.

2.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

2.4.1. До закінчення робіт газозварник повинен доробити до повної витрати карбїду кальцію в генераторі, погасити пальники, злити мул, корпус і реторти промити водою; очистити генератор всередині волосяною щіткою або латунним скребком; закрити вентиль на кисневому балоні і зняти з нього редуктор.

2.4.2. Газозварник повинен скинути у спеціально обладнану мулову яму відпрацьований карбїд кальцію (мул).

Забороняється відкривати реторту, в якій є гарячий карбїд. Це можна робити тільки тоді, коли реторта повністю охолоне.

Очищати реторту від мулу необхідно латунним або алюмінієвим скребком.

Забороняється після закінчення роботи залишати генератор з не розвантаженою ретортою.

2.4.3. По закінченні роботи газозварник повинен:

- при горінні пальника або різака спочатку закрити вентиль ацетилену, а потім – вентиль кисню;
- закрити вентилі на балонах чи газопроводах, випустити газ з усіх комунікацій і звільнити затискні пружини редукторів;
- відвернути шланги і редуктор, завернути на балоні ковпак;
- на порожніх балонах зробити напис: «Порожній»;
- якщо в балонах залишився газ, то повернути на них запобіжні ковпаки і відвезти у спеціальні шафи поза приміщенням, поставивши у відповідне газу відділення.

2.4.4. Розрядити газогенератор, відключити вентиляцію.

2.4.5. Прибрати пальник, різак, редуктор, шланги, інструмент і пристрої у відведене місце.

2.4.6. Провірити приміщення.

2.4.7. Упорядкувати робоче місце, прибрати обрізки з проходів, скласти деталі у відведеному місці.

2.4.8. При потребі здати зміннику своє робоче місце і повідомити майстра про закінчення газозварювальних робіт і про всі неполадки під час роботи.

2.4.9. Зняти спецодяг, спецвзуття, очистити його від пилу та іншого бруду, покласти у відведене для зберігання місце та передодягтися.

Потім вимити обличчя і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

2.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

2.5.1. При виявленні витoku газу з газових балонів, газозварник повинен негайно припинити роботу, усунути витік газу, провірити приміщення і установити причину його виникнення.

Забороняється застосовувати вогонь для виявлення витoku газу з газових балонів.

Перевіряти витікання газу дозволяється мильним розчином.

2.5.2. При загорянні ацетилену, що виділяється із змоченого карбиду кальцію, щоб не допустити вибуху ацетилену - повітряної суміші, газозварник повинен гасити ацетилен вуглекислотним вогнегасником або сухим піском.

2.5.3. В разі загоряння шланга газозварник повинен швидко перегнути його біля місця, що горить, з боку редуктора або газогенератора і закрити вентиль балона.

2.5.4. В разі, якщо швидка ліквідація пожежі власними силами неможлива, газозварник повинен негайно викликати пожежну команду.

2.5.5. При нещасному випадку газозварник повинен подати першу медичну допомогу і, при необхідності, викликати швидку медичну допомогу, а також повідомити адміністрацію про те, що сталося.

ПИТАННЯ ДО САМОКОНТРОЛЮ

1. Вимоги безпеки перед початком, під час виконання та після закінчення роботи зварника при виконанні газозварювальних робіт.
2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

РОЗДІЛ 3. ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

3.1 Фізична суть зварювання

Зварювання являє собою процес одержання нероз'ємних з'єднань металевих виробів, який здійснюється за рахунок використання міжмолекулярних та міжатомних сил зчеплення. Для приведення цих сил до дії необхідно зблизити атоми з'єднуваних металів на відстань близько 10^{-8} см, тобто на такі, які приблизно дорівнюють параметрам кристалічної ґратки. Вказаному процесу зближення атомів та молекул сприяє нагрівання зварюваних поверхонь до розплавленого або пластичного стану та прикладання механічного зусилля стискання.

3.2 Класифікація способів зварювання

Сучасні способи зварювання класифікують за двома наступними ознаками: за станом металу в процесі зварювання та за видом енергії, яка використовується для нагрівання зварюваних частин. За першою ознакою розрізняють *зварювання плавленням* та *зварювання тиском*. При зварюванні плавленням крайки з'єднувальних деталей, так званий основний метал, та у більшості випадків додатковий, так званий присадочний, метал нагрівають до розплавленого стану, утворюючи загальну зварювальну ванну. Після видалення джерела нагрівання метал ванни охолоджується та твердіє, утворюючи наплавлений метал, або зварний шов, який з'єднує зварювальні поверхні в суцільні.

При зварюванні тиском зварювальне з'єднання утворюється нагріванням зварюваних поверхонь до пластичного стану або до початку оплавлення та додатковим прикладанням механічних зусиль стискання.

За *видом енергії*, яку використовують для нагрівання металу, всі способи зварювання можна поділити на наступні групи: електричні, хімічні, механічні та променеві.

Найбільш важливою є група *електричних способів*, при яких для нагрівання металу використовується електричний струм. Розрізняють: *дугову, контактну, електрошлакову, індукційну, плазмову*.

До групи *хімічних способів* належить *газова та термітна*. Нагрівання металу при цих способах зварювання здійснюється за рахунок тепла екзотермічних реакцій окислення різноманітних речо-

вин, які знаходяться в газоподібному або твердому стані.

До механічних способів зварювання відносяться: *горнова* або *ковальська, холодна тиском, тертям, вибухом та ультразвуком*. При цих методах зварювання для з'єднання металів використовують відповідні види механічної енергії. Група променевих способів зварювання об'єднує: *електронно-променеви, лазерним променем, геліозварювання* (або зварювання сонячними променями).

Спрощена схема основних видів зварювання металів наведена на рисунку 3.1.

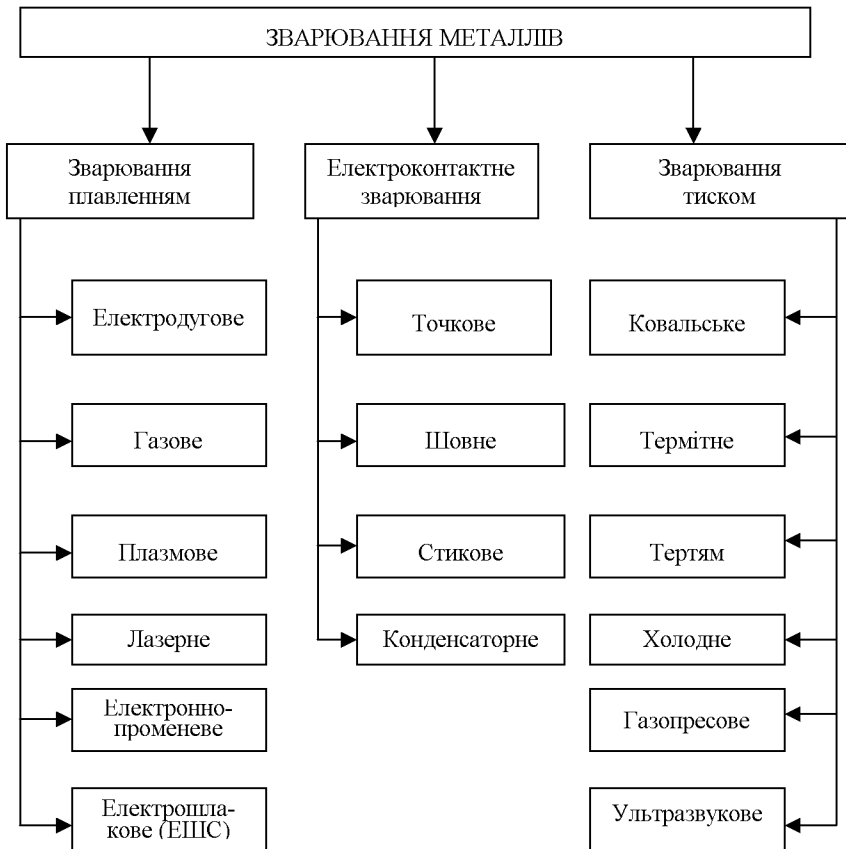


Рис. 3.1. Спрощена схема основних видів зварювання металів

З перерахованих способів зварювання найбільш важливе значення мають електрична дугова, контактна та газова.

3.3 Класифікація способів дугового зварювання

Електричне дугове зварювання вперше було застосоване в Росії. М.М. Бенардос використав дугу, яку попередньо відкрив В.В. Петров, для зварювання металів вугільним електродом, а в 1888 р. М.Г. Славянов запропонував спосіб дугового зварювання металевим електродом. Розрізняють наступні основні види дугового зварювання: *неплавким вугільним електродом* (спосіб Бенардоса), *плавким металевим електродом* (спосіб Славянова) та *плавким металевим електродом з використанням трифазної дуги*.

З'єднання частин виробу, що зварюються здійснюється шляхом утворення рідкої ванни в локальній ділянці зварного шву, після твердіння рідкого металу якого відбувається взаємодія молекул з'єднуваних металів з утворенням нероз'ємного з'єднання. Будова зварного шву після твердіння і розподіл температури при зварюванні низьковуглецевої сталі можна уявити у виді схеми (рис. 3.2).

У вузькій зоні 1 (зона взаємної кристалізації) утворюються зерна рівною мірою належні основному і наплавленому металу. Властивості зварного шва залежать від металу, що розплавлюється при утворенні шва, а також від умов ведення зварювання. Під час зварювання основний і додатковий матеріал, розплавляючись, перегріваються до високих температур, іноді близьких до температури кипіння. Це призводить до випарювання і зміни хімічного складу сплаву. Наявність газової атмосфери навколо металу, що плавиться, призводить до його окислення, насичення азотом і іншими газами. Все це викликає утворення тріщин, погіршує якість шва. З метою підвищення якості шва навколо рідкого металу створюють захисну атмосферу з газів або з розплавлених шлаків, уводять легуючі добавки у ванну розплавленого металу. Наплавлений метал має стовпчасту (*дендритну*) будову, характерну для литої сталі.

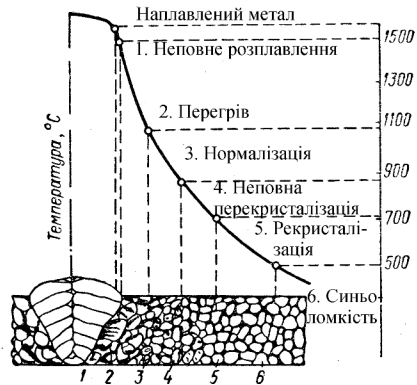


Рис. 3.2. Зміни структури металу у зоні термічного впливу при зварюванні низьковуглецевої сталі

У результаті термічного впливу розплавленої ванни шва, найближча зона основного металу набуває визначеної структури. У результаті перегріву метал у зоні 2 має крупногочасту структуру. Ця ділянка є найбільш тендітною і має найменшу міцність зварного з'єднання. У зоні 3 температура металу не перевищує 1100 °С, при цій температурі відбувається нормалізація сталі з утворенням дрібнокристалічної структури, забезпечуючи найкращі механічні властивості. У зоні 4 відбувається неповна перекристалізація сталі. У зоні 5 структурних змін у сталі не відбувається, якщо не було пластичної деформації. Якщо вона була, то тут відбувається рекристалізація. У зоні 6 структура сталі відповідає структурі зварюваної деталі. При зварюванні вуглецевих конструкційних і особливо легованих сталей у зоні дії температур можливо утворення гартівних структур, що призводять до значних змін механічних властивостей в області шву, що можуть явитися причиною утворення тріщин.

Розміри зони термічного впливу зварного шва залежать від способу і технології зварювання. Так, при електрозварюванні тонкообмазанним електродом або під прошарком флюсу ця зона мінімальна (2-2,5 мм), при електрозварюванні товстообмазаними електродами вона складає 4-10 мм, при газовому зварюванні – 20-25 мм.

Різноманітні конструкції зварних з'єднань мають різноманітну форму і розміри з'єднаних деталей, а також різне розташування зварних швів у просторі. У зв'язку з цим розрізняють різноманітні види зварних швів.

3.4 Види зварних з'єднань і швів

Види зварних з'єднань і швів за конструкцією можуть бути: *стикові, кутові, таврові, внахлест*, інші. У залежності від розмірів зварних деталей і конструкції зварних з'єднань застосовуються різноманітні зварні шви, основними серед яких є такі (рис. 3.3):

1) при зварюванні встик: зварювання з вигинанням кромки (рис. 3.3, *е*) листів товщиною до 3 мм ($H = 2S$); зварювання без обробки кромки при $S = 4-6$ мм (рис. 3, *а*); зварювання при *V*-подібній обробці кромки; зварювання при *X*-подібній обробці кромки (рис. 3.3, *а*); зварювання з *U*-подібним швом при $S > 20$ мм з односторонньою або двосторонньою обробкою кромки.

2) при зварюванні внахлест кутових і таврових з'єднань (рис.3.3, *б, у, г*) застосовують кутові шви (із обробкою кромки і без неї);

3) відносно напрямку дії сил шви можуть бути: флангові, лобові (рис. 3.3, д)

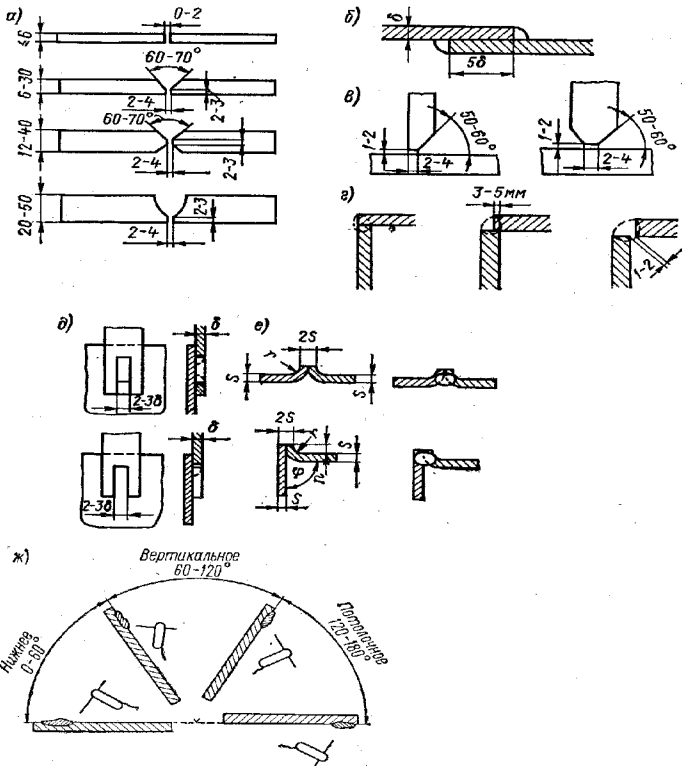


Рис. 3.3. Види зварних з'єднань

4) за положенням в просторі (рис. 3.3, ж) шви бувають: нижні, горизонтальні, вертикальні, стельові (рис. 3.4).

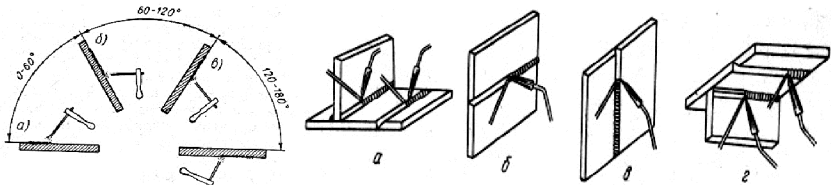


Рис. 3.4. Класифікація зварних швів за розташуванням у просторі:

а – нижній, б – горизонтальний, в – вертикальний, г - стельовий

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Найбільший обсяг серед усіх видів зварювання займає електродугове зварювання. Схеми електродугового зварювання надані на рис. 4.1.

У залежності від матеріалу і числа електродів, способу їх вмикання в ланцюг електричного струму розрізняють такі способи дугового зварювання:

– зварювання електродом 1, що не плавиться (графітним або вольфрамовим) дугою прямої дії 2 (рис. 4.1, а), при якому з'єднання виконується шляхом розплавлення основного металу 3 і присадочного матеріалу 4;

– зварювання металевим електродом 1, що плавиться дугою прямої дії 2 (рис. 4.1, б) з одночасним розплавленням основного металу 3 і металу електрода, що поповнює рідку ванну при зварюванні;

– зварювання непрямою дугою 5 (рис. 4.1, в), що горить між двома електродами 1, при цьому основний метал 3 нагрівається і розплавляється теплотою стовпа дуги;

– зварювання трифазною дугою 6 (рис. 4.1, г), при якому дуга горить між електродами 1, а також між кожним електродом і основним металом 3. Живлення дуги здійснюється постійним або змінним струмом. При застосуванні постійного струму розрізняють зварювання на *прямій* або *оберненій* полярностях. При прямій полярності електрод підключають до негативного полюса (катод), а виріб – до позитивного (анод).

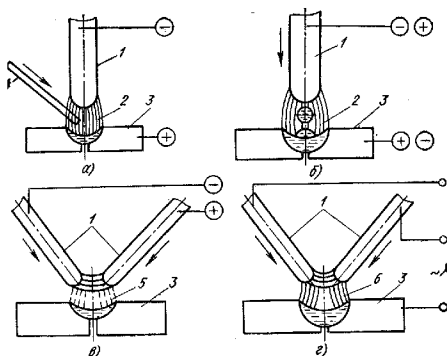


Рис. 4.1. Схеми дугового зварювання

4.1 Поняття про електричну дугу

У будь-якому методі електрозварювання використовується енергія дугового розряду електричного струму в газі. У звичайних умовах повітря (або якийсь газ) не є електропровідним. При нагріванні газ іонізується на іони й електрони і повітряний проміжок стає електропровідним (рис. 4.2).

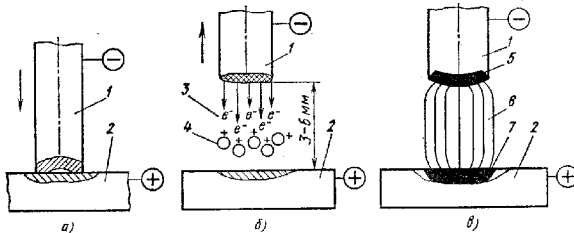


Рис. 4.2. Схема процесу запалювання дуги

При цьому електричний струм виникає за рахунок переміщення електронів 3 і іонів 4 (рис. 4.2, б) у взаємопротилежних напрямках. Енергія дугового розряду у виді кінетичної енергії позитивних і негативних часток перетворюється в теплову і є причиною розплавлення катоду (електроду) і аноду (виробу).

Електронна й іонна температури в стовпі дуги електричного розряду декілька відрізняються між собою, але в зв'язку з інтенсивним конвекційним перемішуванням, не набагато. Тому в зварювальній дузі звичайно говорять про середньомасову температуру, що досягає значень 6000-7000 °С в центрі дуги.

Температура стовпа дуги 6 при стійкому дуговому розряді (в) залежить від матеріалу електродів і складу газів у дузі, а температура катодного 5 і анодного 7 плям наближається до температури кипіння металу електродів. Ці температури для дуги покритого сталевого електрода складають відповідно 6000°К і 3000°К. При цьому в анодній області дуги, як правило, виділяється значно більше теплової енергії, чим у катодній. Повна теплова потужність дуги, Дж/с:

$$Q = K \cdot J_{36} \cdot U_d,$$

де K – коефіцієнт напруги й струму (для постійного струму $K = 1$, для змінного $K = 0,7-0,97$);

$J_{зв}$ – зварювальний струм, A ;

U_0 – напруга дуги, B .

Запалювання дуги (рис. 4.2, *a*) здійснюється коротким замиканням, при якому розігрівається торець електроду 1 і заготовка 2 у зоні контакту. При відведенні електроду з його розігрітого торця під впливом електричного поля починається термоелектронна емісія електронів 3 (*б*). Напруга між електродом і деталлю залежить, в основному, від довжини дуги, сили струму, а також від матеріалу електродів та їх обмазки. Приблизно падіння напруги в стовпі дуги можна визначити за формулою:

$$U_0 = \alpha + \beta L,$$

де α – сума анодного і катодного падінь напруги; $\alpha = 10-12 B$;

β – середнє падіння напруги на одиницю довжини дуги (2-3 B на мм);

L – довжина дуги, мм.

Для підтримки дуги при електрозварюванні достатньо напруги 45-50В при роботі сталевим електродом, і 55-65В при використанні вугільного електроду. У процесі горіння напруга падає до 18-25В й 30-40В відповідно.

Для підтримки стійкого горіння дуги відстань між електродами повинна бути в межах (0,6-0,8) D_e . Практично довжина дуги коливається в межах 3-4 мм.

4.2 Джерела живлення зварювальної дуги

Запалювання електричної дуги проводиться за рахунок короткого замикання електродів. Тому для зварювання потрібні особливі джерела живлення, які мають спадну вольт-амперну характеристику. Залежність напруги в зварювальній дузі від її довжини і розміру зварювального струму називається *вольт-амперною характеристикою* зварювальної дуги (рис. 4.3).

Вольт-амперна характеристика в загальному стані може бути (рис. 4.3, *a*): жорстка – 3, спадна – 1, полого – 2, зростаюча – 4.

Джерело живлення електричної дуги повинно забезпечувати сталість струму при зміні довжини дуги. Цю властивість мають джерела живлення з крутоспадною вольт-амперною характеристикою (рис. 4.3, *б*).

Для живлення дуги з жорсткою характеристикою застосовують джерела живлення зі спадною або пологою зовнішньою характеристикою (ручне дугове зварювання, автоматичне під флюсом, зварювання в захисних газах).

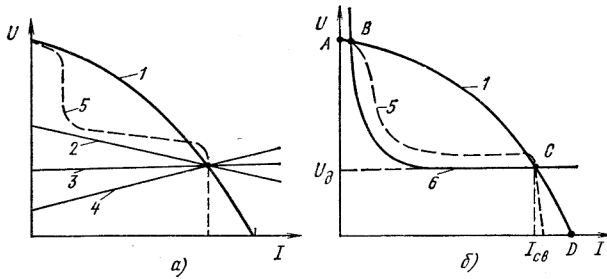


Рис. 4.3. Зовнішня характеристика джерел зварювального струму (а) та співвідношення характеристик дуги і спадної характеристики джерела струму при зварюванні (б)

Режим горіння дуги визначається точкою перетину характеристик дуги 6 і джерела струму 1 (рис. 4.3, б). Точка С відповідає режиму стійкого горіння дуги, точка А – режиму холостого ходу, коли дуга не горить; точка D – відповідає режиму короткого замикання при запалюванні дуги. Джерела зварювального струму зі спадною характеристикою необхідні для полегшення запалювання дуги за рахунок підвищеної напруги холостого ходу, забезпечення стійкого горіння дуги і практично постійної проплавляючої спроможності дуги, тому що коливання її довжини і напруги (особливо при ручному зварюванні) не призводять до значних змін зварювального струму, а також для обмеження струму короткого замикання. Найкраще наведеним вимогам задовольняє джерело струму з ідеалізованою зовнішньою характеристикою 5 (рис. 4.3, б).

Електрична дуга може житися від джерел постійного і змінного струму (трансформаторів).

4.3 Зварювальні трансформатори

Ці трансформатори, мають спадну зовнішню характеристику та використовуються для ручного дугового зварювання.

Найбільш просту схему мають зварювальні трансформатори з окремим дроселем (рис. 4.4, а), що складаються з двох частин: трансформатора 1 і дроселя 2, включеного послідовно в зварювальний ланцюг. Трансформатор знижує напругу мережі до напруги холостого ходу (60-80В), а дросель, що володіє підвищеним індуктивним опором, служить для одержання спадної характеристики (рис. 4.4, б).

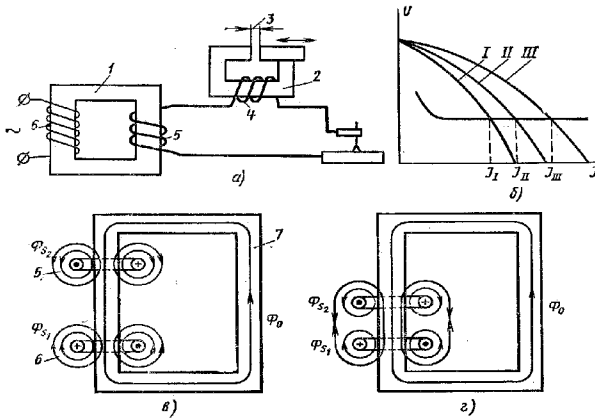


Рис. 4.4. Схеми зварювальних трансформаторів:

а – тип СТЕ; б – зовнішні характеристики трансформаторів СТЕ; в, г – типу ТС і ТД

При проходженні змінного струму через обмотку дроселя 4 ній збуджуються електрорушійні сили самоіндукції, спрямовані протилежно основній напрузі. У результаті падіння напруги на дроселі джерело зварювального струму одержує спадну зовнішню характеристику. Дросель також служить для плавного регулювання зварювального струму шляхом зміни повітряного зазору 3 у його сердечнику. З збільшенням зазору індуктивний опір дроселя зменшується, а зварювальний струм – збільшується.

Широко застосовують трансформатори зі збільшеним магнітним розсіюванням і рухливою вторинною обмоткою (типів ТС і ТД). У цих трансформаторах (в) первинна 6 і вторинна 5 обмотки розсунуті й створюють магнітний потік Φ_0 , що замикається через залізний сердечник 7. Частина магнітного потоку відгалужується і замикається навколо обмоток, створюючи потоки Φ_1 і Φ_2 . Потоки розсіювання

індукують в обмотках електрорушійну силу, протилежну основній напрузі. Зі збільшенням зварювального струму збільшуються потоки розсіювання і, отже, зростає індуктивний опір вторинної обмотки, що і створює зовнішню спадну характеристику трансформатора.

При зближенні обмоток (з) відбувається часткове взаємне знищення протилежно спрямованих потоків розсіювання Φ_1 і Φ_2 , що зменшує індуктивний опір вторинної обмотки і збільшує зварювальний струм. Для зварювання трифазною дугою застосовують спеціальні трансформатори зі спадною зовнішньою характеристикою, зібрані на основі двох однофазних (типів ТТС і ТТСД).

У якості джерела постійного струму застосовуються випрямлячі або зварювальні генератори. Зварювальні машини складаються з двигуна і зблокованого з ним генератора, який має крутоспадну характеристику. Характеристика генератора забезпечується визначеним типом збудження генератора.

4.4 Зварювальні генератори

Спадна зовнішня характеристика генераторів забезпечується спеціальною схемою вмикання обмоток збудження або особливою конструкцією полюсів, статора і якоря. На рисунку 4.5 наведена схема зварювального генератора із самозбудженням із рівнобіжною намагнічуваною 2 і послідовною розмагнічуваною 7 обмотками збудження (а).

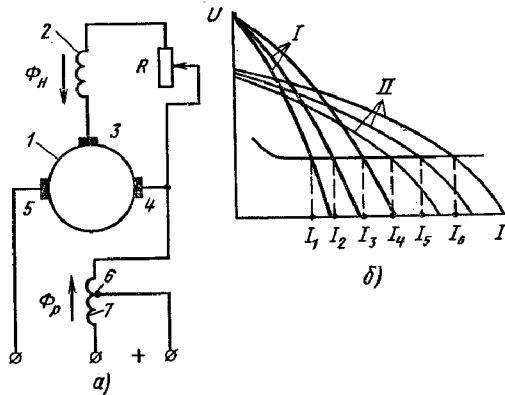


Рис. 4.5. Схеми зварювального генератора з самозбудженням, з рівнобіжною намагнічуваною і послідовною розмагнічуваною обмотками збудження (а); зовнішня характеристика генератора (б)

Ці обмотки включені так, що утворювані ними магнітні потоки спрямовані назустріч один іншому. При цьому потік, що намагнічує, Φ_n не залежить від навантаження, а потік Φ_p , що розмагнічує, зростає в міру збільшення зварювального струму. У результаті взаємодії магнітних потоків генератор має спадну зовнішню характеристику. Зварювальний струм регулюється сходянково (за рахунок секціонування обмоток 6, 7 або шляхом повороту щіток по колектору), або плавно шляхом введення реостату P у ланцюг обмотки 2.

Існує декілька типів генераторів, серед яких розрізняють:

- 1) генератори з незалежним збудженням;
- 2) генератори з намагнічуваною рівнобіжною і розмагнічуваною послідовною обмотками збудження;
- 3) генератор із розщепленими полюсами.

Генератор із жорсткою зовнішньою характеристикою застосовується в комплекті з баластовим реостатом, включеним послідовно зі зварювальною дугою.

Така схема застосовується при багатопостовому зварюванні. Для зварювання електродом, що плавиться, в атмосфері захисних газів використовують генератори з жорсткими або зростаючими зовнішніми характеристиками.

Крім генераторів у даний час широко застосовуються зварювальні випрямлячі, особливо при зварюванні в середовищі захисних газів. Зварювальні випрямлячі (рис. 4.6) складаються з трифазного трансформатора 1, блоку випрямлячів 2 і дроселя 3.

Дросель служить для одержання спадної зовнішньої характеристики. У порівнянні з генераторами, випрямлячі мають високі динамічні характеристики через меншу електромагнітну індукцію. Випрямлячі прості й надійні в експлуатації, безшумні, тому що не мають обертових частин.

Для охолодження напівпровідників випрямлячі обладнані вентиляторами. Випрямлячі одержали широке поширення, особливо при автоматичному зварюванні в середовищі захисних газів.

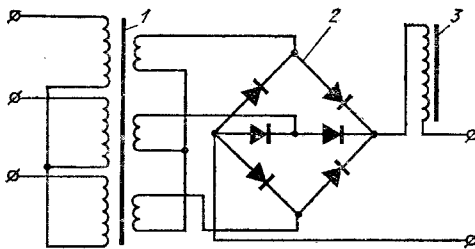


Рис. 4.6. Схема трифазного випрямляча

4.5 Маркування обладнання для дугового зварювання

Основні марки серійного обладнання для дугового зварювання – зварювальні трансформатори – ТД306У2, ТДМ-251У2, ТД-500-4У2, ТДМ-317У2, ТДМ-401У2, ТДМ-503У2, ТДМ-502УЗ. Букви ТД означають трансформатор однофазний для дугового зварювання, М – із механічним регулюванням зварювального струму, дві цифри – номінальний струм, третя цифра – модифікація, У – кліматичне виконання, цифра – категорія розміщення.

Зварювальні випрямлячі: СД-201УЗ, СД-306УЗ, СД-502-2УЗ, БДГ-601УЗ, СДУ-505УЗ, СДУ-1201УЗ. СД – випрямляч для дугового зварювання, Г – газоелектричне різання, У – універсальні.

4.6 Електроди для ручного електродугового зварювання

Для заповнення зварного шва в зону дуги вводять присадний метал у вигляді прутка або дроту. При ручному дуговому зварюванні застосовують електроди, що плавляться, у вигляді прутків або стержнів з покриттям. При механізованому зварюванні використовують електрод у вигляді дроту, намотаного на касету.

Сталевий дріт, що йде на виробництво електродів, або застосовується як зварювальний дріт, виготовляється за стандартом, який передбачає марки та хімічний склад металу, розміри з допусками, технічні вимоги, методи випробування, маркування, пакування, зберігання та транспортування.

Виготовляють сталевий холоднотягнутий дріт круглого перерізу діаметрами 0,3 – 12 мм і поставляють у мотках (бухтах) з одного відрізу. Всі марки зварювального дроту в залежності від складу розділяють на три групи: вуглецевий – Св-0,8; Св-10ГС і ін.; легований – Св-18ХМА, Св-10Х5М і ін.; високолегований – Св06Х19Н10М5Т, Св07Х25Н13 і ін.

У марках дроту «Св» означає «зварювальний дріт».

Електроди для ручного електродугового зварювання класифікують за такими ознаками: за типом покриття; за хімічним складом рідкого шлаку; за призначенням.

За типом покриття електроди бувають:

– електроди зі стабілізуючим покриттям (0,1-0,3 мм), що складається з крейди (CaCO_3) із невеличкими домішками рідкого скла. Кальцій полегшує іонізацію газу в стовпі дуги, стабілізуючи її

горіння. Такі електроди застосовуються при зварюванні невідповідальних конструкцій.

– якісні електроди мають товсту (0,5-3 мм) обмазку, до складу якої входять такі компоненти: стабілізуючі, газоутворюючі, шлакоутворюючі, розкислюючі, легуючі, сполучні складові.

У якості *стабілізуючих* речовин до складу покриття вводять з'єднання К, Na, Ca, Ba (силікати Na і К, крейда, мармур і тн.), що газоутворюючі речовини створюють захисну оболонку навколо дуги – це органічні речовини і карбонати (крохмаль, оксигелюлоза, мармур, магnezит, вапняк і ін.).

Шлакоутворюючі, які утворюють рідкий шлак на поверхні зварювальної ванни і захищають її від окислення від атмосферного кисню. Шлак є також середовищем, через який здійснюється розкислення і легування розплавленого металу. Це марганцева руда, польовий шпат, плавиковий шпат, мармур, рутил і ін.

Розкислюючі призначені для відновлення окислів у зварювальній ванні. Це, в основному, феросплави: Fe-Mn, Fe-Si, а і т.п. речовини. Ці речовини через шлак потрапляють у рідку ванну металу, відновлюючи окисли заліза, і самі у виді нерозчинних окислів ідуть у шлак.

Легуючі речовини – це ті елементи, що служать для одержання наплавленого металу необхідного хімічного складу і механічних властивостей. Це Fe-Cr, Fe-Mo, Fe-Ti та ін.

Сполучні – частіше усього рідке скло, що при просушуванні дає масі необхідну міцність.

За хімічним складом шлаку електродні покриття поділяють на кислі й основні. У шлаках кислих покриттів переважає SiO₂. Ці шлаки мають гарні розкислюючі властивості, але через них не можна в широких межах легувати наплавлений метал, тому що легуючі елементи інтенсивно вигорять.

Кислі покриття складаються з марганцевих руд, польового шпату, рутилу (TiO₂). Електроди з кислими покриттями застосовують при зварюванні вуглецевих і малолегованих сталей.

У шлаках *основних покриттів* переважає CaO. Основні шлаки забезпечують достатньо гарне розкислення та дозволяють робити легування шва в значних кількостях легуючих елементів. До складу основних шлаків входять: мармур, плавиковий шпат (CaFe₂), феросплави. Фтористокальцієві (основні) покриття використовують

при зварюванні легованих і високолегованих сталей.

За призначенням електроди підрозділяють на 4 класи:

- 1) для зварювання вуглецевих і легованих конструкційних сталей;
- 2) для зварювання теплостійких сталей;
- 3) для зварювання високолегованих сталей;
- 4) для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями.

Електроди для зварювання конструкційних сталей позначаються марками Э34-Э145. Цифри означають межу міцності на розтяг наплавленого шару в кгс/мм².

Електроди для зварювання теплостійких сталей (12ХМ, 15ХМ, 20ХМФ і ін.) позначаються Э-ХМ, Э-ХМФБ і ін. у залежності від хімічного складу наплавленого металу. Букви означають легування відповідним елементом.

Електроди для зварювання високолегованих сталей (0Х18Н9Т) за ГОСТ 10052-75 класифікують за структурою і складом металу шва. ЭА-3М6, ЭА-2Б-А – аустенітний тип, М6 – молібден 6%, Б – ніобій.

Наплавлювальні електроди (ЭН) за ГОСТ 10051-75 відповідають хімічному складу наплавки та її твердості за Роквеллом. Буква «У» означає вміст вуглецю в десятих відсотка. Наприклад, ЭН-У30Х28С4Н4-50 – електрод наплавлювальний (ЭН) 3% С, 28% Сr, 4% Si, 4% Ni, твердість 50 HRC. Це зносостійкі наплавлювальні матеріали, які застосовуються для шкребків, лопат, змішувачів машин і інших деталей, що працюють в абразивному середовищі. Існують також торгові марки електродів, що визначають склад покриття, наприклад: УОНИ - 13/45 (Э55), ОММ-5 (Э42).

Марки електродів характеризують також їх технологічні властивості: характер і полярність струму, можливість зварювання в різноманітних просторових положеннях і т. ін.

4.7 Електродотримачі, кабелі, баластові реостати

При ручному дуговому зварюванні застосовуються спеціальні електродотримачі пасатижного та виделкового типу, які забезпечують безпечний контакт електроду з кабелем. Для струму до 300А застосовують електродотримач типу ЕТ-3162У1, для струму 500 А – ЕТ-5001У1.

Зварювальні кабелі являють собою ізольовані багатожильні мідні дроти, сумарний переріз котрих повинен забезпечувати пропускання зварювального струму без їхнього нагрівання. Кабелі вибирають у залежності від максимального струму (таблиця 4.1).

Баластові реостати застосовують у якості додаткового опору для обмеження току при багатопостовому зварюванні. Найбільше поширеними є баластові реостати типу РБ-301У2, що обмежують струм до 315 А.

Таблиця 4.1

Залежність перерізу кабелю від зварювального струму

Зварювальний струм, А	125	200	250	315	400	500	630	1000	1250
Переріз кабелю, мм ²	16-25	25	35	35	50	70	95	200	250

4.8 Технологія ручного зварювання

Ручне дугове зварювання застосовують широко у виробництві металоконструкцій для самих різноманітних сплавів малих і середніх товщин (2-30 мм). Воно зручне при виконанні коротких і криволінійних швів у будь-яких просторових положеннях і незамінне при виконанні монтажних робіт і складанні конструкцій складної форми. Ручне зварювання забезпечує досить гарну якість, але менш продуктивне порівняно з автоматичним. Продуктивність зварювання визначається насамперед силою зварювального струму, яка визначається по формулі академіка Хренова:

$$I_{зв} = K \cdot D_e,$$

де $K = 40-50$ А на 1 мм діаметра електрода при зварюванні вуглецевих сталей;

$K = 25-40$ – при зварюванні високолегованих сталей;

$K = 5-8$ – при зварюванні вугільним електродом.

Діаметр електроду визначається в залежності від товщини зварюваних виробів за формулою:

$$d_e = \frac{S}{2} + 1, \text{ мм},$$

де S – товщина виробу, мм (або по таблиці).

При $S > 6$ мм шви, як правило, виконують у декілька прошарків. Великі струми неприпустимі, тому що відбувається розігрів електроду і відшарування обмазки. Для збудження дугового розряду здійснюють коротке замикання електроду на виробі з наступним швидким відводом його на 3-5 мм. При цьому енергія, що виділяється, нагріває газ, оплавляє і частково випаровує метал електроду й забезпечує іонізацію газового стовпа для стійкого горіння дуги. Для одержання якісного шва зварник розташовує електрод під кутом 15-20° і утримує його весь час на відстані 3-5 мм від виробу, переміщуючи електрод уздовж шва. При зварюванні товстих листів застосовують уширені шви, тому зварник чинить ще додаткові коливальні переміщення щодо напрямку зварювання (для забезпечення якісного провару) (рис. 4.7, а), а також робить багат шарове зварювання (рис. 4.7, б).

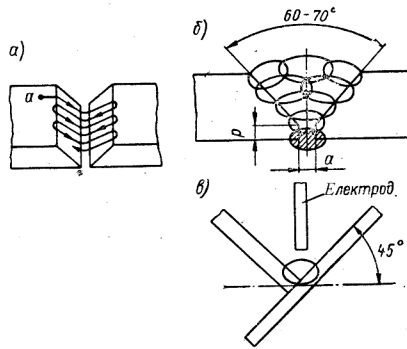


Рис. 4.7. Рух електроду (а). Схеми зварювання: багат шарове (б); зварювання в "човник" (в)

Зварювання горизонтальних швів у вертикальній площині роблять із обробкою однієї кромки і зміною положення електроду. При зварюванні вертикальних швів напрямок зварювання – нагору. При зварюванні стельових швів застосовують менші значення зварювального струму й електроди з тугоплавкої обмазкою.

Для збільшення продуктивності зварювання застосовують зварювання пучком електродів або глибоким проплавленням електродом із тугоплавкою обмазкою (підвищення продуктивності на 150-200 %). Іноді застосовують зварювання трифазною дугою, при цьому підвищується продуктивність у 2-3 рази, зменшується витрата електродів на 25%.

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЧНЕ І НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ. ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ

5.1 Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу

На відміну від ручного при автоматичному зварюванні використовується електродний дріт із бухти. Захист зварювальної дуги і ванни розплавленого металу здійснюється розплавленим флюсом (рис. 5.1).

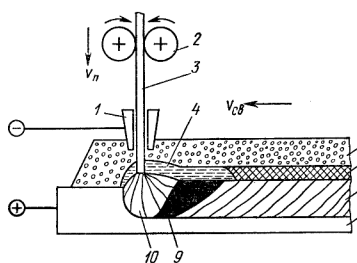


Рис. 5.1. Схема автоматичного дугового зварювання під шаром флюсу

Дуга 10 горить між електродним дротом 3 і основним металом 8. Стовп дуги і металева ванна рідкого металу 9 з усіх боків щільно закриті прошарком флюсу 5 товщиною 30-50 мм. Частина флюсу, що оточує дугу, розплавляється, створюючи на поверхні розплавленого металу ванну рідкого шлаку 4. Для зварювання під флюсом характерно глибоке проплавлення основного металу. Дія потужної дуги і дуже швидке прямування електроду уздовж заготовки забезпечують відтискання розплавленого металу убік, протилежний напрямку зварювання. По мірі поступального прямування електроду відбувається твердіння металевої і шлакової ванни з утворенням зварного шву 7, покритого твердою шлаковою оболонкою 6. Електродний дріт подають у дугу і переміщують його уздовж шва механізованим способом за допомогою механізмів подачі 2 і переміщення. Струм до електроду надходить через струмовід 1.

Продуктивність автоматичного зварювання в 15-20 разів вища ручного, при цьому використовуються великі струми (до 2000 А), процес – безупинний. Наближення струмоводу максимально у зону горіння дуги зменшує розігрів дроту, зменшується чад і розбрикування, збільшується глибина проплавлення, що забезпечує зварювання великих товщин (до 20 мм) за один прохід.

Якість зварних швів забезпечується підвищенням механічних властивостей наплавленого металу завдяки надійному захисту зварювальної ванни флюсом, інтенсивного розкислення та легування рід-

ким шлаком, порівняно повільного охолодження шва під флюсом і твердою шлаковою оболонкою; поліпшення форми і поверхні зварного шву і сталістю його розмірів по всій довжині внаслідок регулювання режиму зварювання, механізованої подачі і переміщення електродного дроту.

Флюси для автоматичного зварювання бувають *плавлені* і *неплавлені*. Плавлені флюси одержують шляхом сплавлення вихідних компонентів в електропечах із наступним роздрібненням на гранули. Неплавлені флюси бувають *керамічні* і *спечені*.

Плавлені флюси виготовляють із суміші марганцевої руди, кремнезему, польового і плавикового шпатів. Шлаки з цих флюсів містять в основному MnO , SiO_2 і є кислими. Застосовуються при зварюванні вуглецевих і малолегованих сталей. При зварюванні високолегованих сталей застосовуються основні або нейтральні флюси, такі як безкремністі на основі CaO , CaF_2 і Al_2O_3 або безкисневі фторидні флюси, що складаються з 60-80 % CaF_2 .

Основу *керамічних флюсів* складають мармур, плавиковий шпат, фториди або хлориди лужноземельних металів. До них додають феросплави кремнію, танталу, алюмінію. Застосовуються при зварюванні легованих сталей, кольорових металів і їх сплавів.

Зварювання під шаром флюсу здійснюють зварювальними автоматами (рис. 5.2); зварювальними головками або самохідними тракторами, що переміщуються безпосередньо по виробу (рис. 5.3). Автомати забезпечують подачу і збирання флюсу, подачу дроту, переміщення уздовж шва і підтримку стійкого горіння дуги.

За принципом регулювання режиму горіння дуги розрізняють два види зварювальних автоматів: із *постійною швидкістю подачі дроту*, що використовують процес саморегулювання довжини і напруги дуги й автомати з *регульованою швидкістю подачі дроту* під час зварювання, що залежить від зміни напруги дуги.

Саморегулювання дуги засноване на тому, що при зміні довжини дуги, а отже і її напруги, змінюється струм дуги. Наприклад, збільшення напруги і збільшення довжини дуги супроводжується падінням струму та інтенсивністю розплавлення дроту; при цьому нерозплавлений дріт подається униз, відновлюючи потрібну довжину дуги. У випадку зменшення довжини дуги проти номінальної, падає напруга, зростає струм, дріт розплавляється більш інтенсивно доти, поки не відновиться номінальна довжина дуги. Таке саморегулю-

вання струму і напруги дозволяє застосовувати автомати з постійною швидкістю подачі дроту.

Автомат із регульованою швидкістю подачі дроту, показаний на рис. 5.2, оснащений окремим приводом 2 подачі дроту. При зміні довжини дуги відповідна зміна напруги дуги U_0 у виді сигналу подається на обмотку збудження генератора 3 постійного струму. При збільшенні довжини дуги напруга струму, який виробляється генератором, зростає, що призводить до підвищення швидкості обертання двигуна 2 постійного струму і збільшенню швидкості подачі дроту 1. У результаті, довжина дуги і режим зварювання відновлюються.

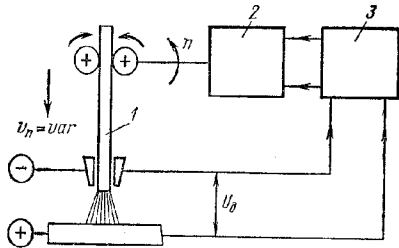


Рис. 5.2. Спрощена схема автомату з регульованою швидкістю дроту

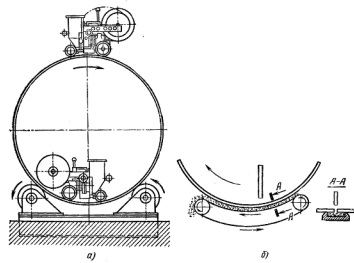


Рис. 5.3. Стенд для зварювання кільцевих швів (а); флюсова підшукка (б)

Автоматичне зварювання під флюсом застосовують у серійному і масовому виробництві для виконання довгих прямолінійних і кільцевих швів (рис. 5.3) у нижньому положенні на металі товщиною 2-100 мм.

При зварюванні металу товщиною понад 20 мм зварювані кромки обробляють під кутом 30° . Під флюсом зварюють вуглецеві і леговані сталі, мідь, алюміній і їх сплави. Автоматичне зварювання широко застосовують при виготовленні котлів, резервуарів, корпусів судів, мостових балок, зварних труб і т. ін. При цьому використовуються зварювальні автомати, так звані зварювальні трактори (рис. 5.4). Зварювання зварювальними автоматами за один прохід із проплавленням на всю товщину мають ряд технологічних особливостей. При розплавленні кромки металу на всю товщину можливе витікання зварювальної ванни зі стику або проплаву зварного шва. Для

утримання зварювальної ванни і формування кореня шва застосовують спеціальні пристосування (рис. 5.5). Найбільш поширеною є флюсова подушка (а) або підкладка, що залишається (б). Можливо застосування також мідної флюсової підкладки (рисунок 5.4, в) і ручного підварювання кореня шва (г).

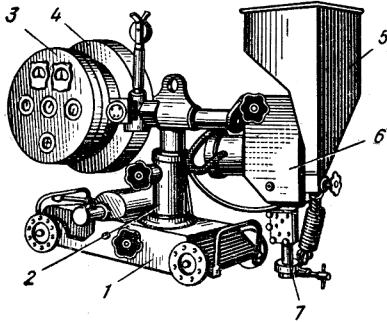


Рис. 5.4. Схема автомату для зварювання металевим електродом:

1 – самохідний устрій; 2 – вертикальна колонка; 3 – пульт керування; 4 – касета з дротом; 5 – флюсовий бункер; 6 – механізм подачі дроту; 7 – токовіід

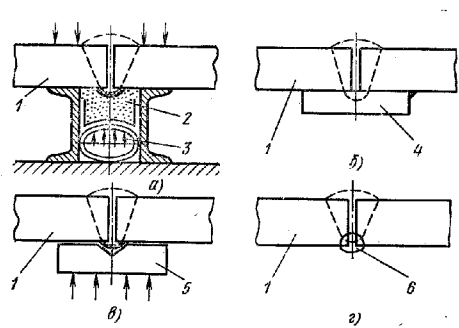


Рис. 5.5. Прилади для однопрохідного автоматичного зварювання:

1 – заготовка; 2 – флюс; 3 – гумовий шланг зі стислим повітрям; 4 – підкладка; 5 – мідна підкладка; 6 – ручне підварювання кореня шву

Напівавтоматичне зварювання під флюсом відрізняється від автоматичного тим, що зварювальний дріт переміщують вручну за допомогою тримача-накінечника. Для напівавтоматичного зварювання застосовують шлангові напівавтомати (рис. 5.6).

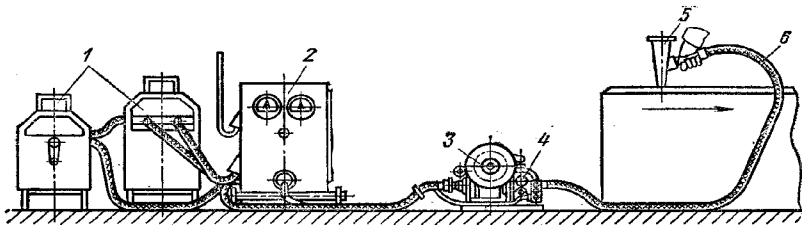


Рис. 5.6. Шланговий напівавтомат для зварювання під шаром флюсу

Вони складаються зі стаціонарного механізму подачі дроту 4, пульту керування 2 із контрольно-вимірювальною і пусковою апаратурою, гнучкого шлангу 6 і тримача 5. Зварювальний дріт із касети 3 механізмом подачі подається по шлангу до тримача. По шлангу, у якому умонтовані гнучкі мідні дроти, до тримача підводиться зварювальний струм від джерела 1.

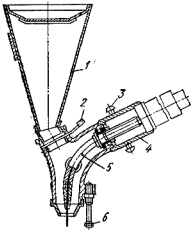


Рис. 5.7. Тримач до шлангового напівавтомату

Тримач (рис. 5.7) має ізолюваний мундштук 5, флюсовий бункер 1 із заслінкою 2, кнопку 3 на ручці тримача 4 для вмикання двигуна подачі дроту і зварювального струму, упор 6 для напрямку переміщення тримача по зварювальному стику.

Напівавтоматичне зварювання під флюсом застосовують для суцільних і переривчастих швів і частіше усього криволінійних, коли неможливо застосувати автоматичне зварювання.

5.2 Зварювання в середовищі захисних газів

Найбільше поширення одержали процеси зварювання з використанням аргону, вуглекислого газу і водяної пари (рис. 5.8).

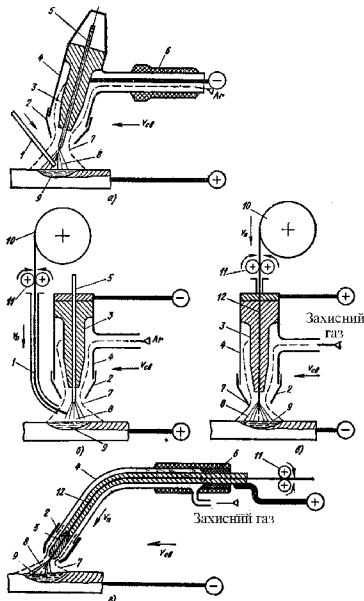


Рис. 5.8. Різновиди зварювання в захисних газах:

- 1 – додатковий пруток або дріт;
- 2 – сопло;
- 3 – струмопідводящий мундштук;
- 4 – корпус запальника;
- 5 – нерозплавлюваний вольфрамовий електрод;
- 6 – тримач пальника;
- 7 – атмосфера захисного газу;
- 8 – зварна дуга;
- 9 – ванна розплавленого металу;
- 10 – касета з дротом;
- 11 – подавальний механізм;
- 12 – розплавлюваний металевий електрод (зварювальний дріт)

Для аргонодугового зварювання використовують аргон, який отримують з повітря, де його по об'єму міститься біля 1%. Транспортують та зберігають його в сталевих балонах ємністю 40 л під тиском 15 МПа. Аргонодугове зварювання застосовується за двома схемами: нерозплавлюваним електродам (0,1- 6мм); розплавлюваним електродом (2 і більше мм).

Аргонодугове зварювання здійснюється на постійному струмі прямої полярності. При цьому напруга може падати до 10-15 В при невеличких струмах (1А), тому цим методом можна варити тонкостінні вироби (до 0,1 мм). При зварюванні Al, Mg і ін. застосовують зворотну полярність, руйнуючи оксидні плівки за рахунок катодного розпилення.

Зварювання в середовищі вуглекислого газу характеризується високою продуктивністю та низькою вартістю, тому його використовують все більше для зварювання маловуглецевих, низьколегованих та деяких високолегованих сталей. Вуглецевий газ для зварювання отримують з відведених газів хімічних виробництв. Надходить він у сталевих балонах ємністю 40л, у яких під тиском 7,5 МПа міститься 25л рідкої вуглекислоти. При її випаровуванні утворюється 12750л газоподібного продукту.

Зварювання цим способом здійснюють плавким або неплавким електродом автоматичним або напівавтоматичним способом. Для нейтралізації окислювальної дії вуглекислого газу при зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей використовують зварювальний дріт з підвищеним вмістом марганцю та кремнію (Св-08ГСА, Св-08Г2СА).

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Суть та схеми ручного дугового зварювання.
2. Класифікація електродів для ручного дугового зварювання.
3. Основні параметри режиму при ручному дуговому зварюванні.
4. Розрахунок режимів зварювання.
5. Технологія ручного дугового зварювання.
6. Що називається зварювальною дугою?
7. Класифікація електродів для ручного дугового зварювання.
8. Призначення та види покриттів електродів.
9. Підготовка кромок під зварювання.

РОЗДІЛ 6. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

6.1 Загальні відомості

Газове зварювання – це процес зварювання плавленням, при якому місце з'єднання нагрівають до розплавлення теплом горіння палива 4 в атмосфері кисню, а зазор між крайками 1 заповнюється розплавленим металом додаткового дроту 2 (рис. 6.1). Зварювання виконується полум'ям пальника 3.

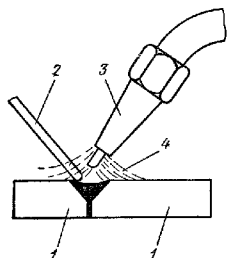


Рис. 6.1. Принципова схема газового зварювання

інші, що мають більш низьку температуру плавлення.

Найбільш часто газове зварювання застосовують при виготовленні листових і трубчастих конструкцій з маловуглецевих і низьколегованих сталей товщиною до 3 – 5 мм, при виправленні дефектів у виливках із сірого чавуну і бронзи, а також для зварювання кольорових металів та їх сплавів.

Газове зварювання використовується для нагрівання металу високотемпературним полум'ям, яке утворюється у результаті згоряння газу ацетилену у суміші з киснем. У деяких випадках замість ацетилену можуть використовувати його замітники: пропан-бутан, метан, пари бензину або гасу, МАФ (метилацетиленаленова фракція). Останнім часом збільшується обсяг використання у якості пального газу водню, який отримують шляхом електролізу води.

Горючий газ з балону або спеціального газового генератора (рис. 6.2) поступає у зварювальний пальник. З балона у пальник поступає кисень. У пальнику вони змішуються у визначеному співвідношенні та на виході із сопла підпалюються. Полум'я розплавляє кромки зварного з'єднання, присадочний пруток, а також

виконує функції захисту розплавленого металу від атмосфери. Регулювання витрат кисню та пального газу здійснюється відповідними вентилями.

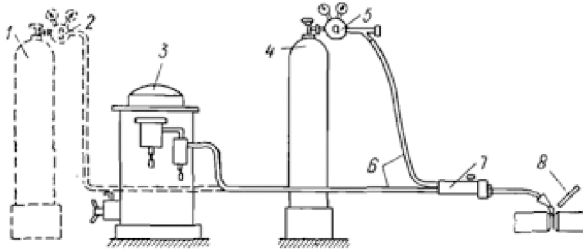


Рис. 6.2. Схема поста для газового зварювання:
 1 – ацетиленовий балон; 2 – ацетиленовий редуктор; 3 – ацетиленовий генератор; 4 – кисневий балон; 5 – кисневий редуктор; 6 – шланги; 7 – пальник; 8 – присадочний дріт

6.2 Будова полум'я при газовому зварюванні

У своєму перетині полум'я складається з трьох зон (рис. 6.3): ядро полум'я (А), відновлювальна зона (Б), факел полум'я (В).

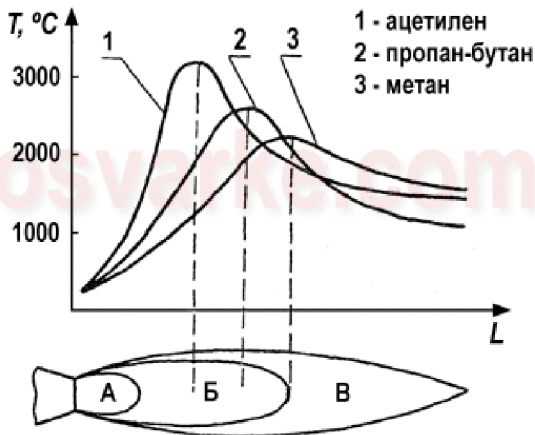


Рис. 6.3. Будова газового полум'я та розподіл температур по його перетину

Максимальне значення температура полум'я має після ядра, у відновлювальній зоні. У зв'язку з цим саме в цій зоні повинні знаходитися присадочний пруток та розплавленні кромки металу. При використанні замість ацетилену інших горючих газів температура полум'я знижується. Температура полум'я залежить від пропорції, у якій змішується кисень та горючий газ.

6.3 Технологія газового зварювання

Основними параметрами режиму газового зварювання є потужність полум'я, кут нахилу пальника та діаметр присадочного прутка. Потужність полум'я залежить від товщини металу та його теплофізичних властивостей. Чим більша товщина металу та вище температура плавлення й теплопровідність, тим більша повинна бути потужність полум'я. Потужність полум'я встановлюється витратами горючого газу та кисню. При зварюванні сталі та чавуну витрата ацетилену V_a пов'язана із товщиною δ наступним відношенням:

$$V_a = (100 - 150)\delta \text{ л/год.}$$

При зварюванні міді, внаслідок її більш високої теплопровідності:

$$V_a = (150 - 200)\delta \text{ л/год.}$$

Кут нахилу мундштука пальника по відношенню до площини виробу залежить від теплофізичних властивостей металу. Зі зміною товщини сталі від 1 до 15 мм кут нахилу мундштука змінюється у межах $10 - 80^\circ$.

У початковий момент зварювання для ліпшого прогрівання металу та швидкого утворення зварної ванни кут нахилу встановлюють найбільшим ($80 - 90^\circ$). Потім він зменшується.

Діаметр присадочного прутка обирають у залежності від товщини металу, користуючись відношенням:

$$d = \delta/2 \div \delta/2 + 1, \text{ мм}$$

У залежності від техніки виконання зварювання розрізняють правий та лівий способи (рис. 6.4).

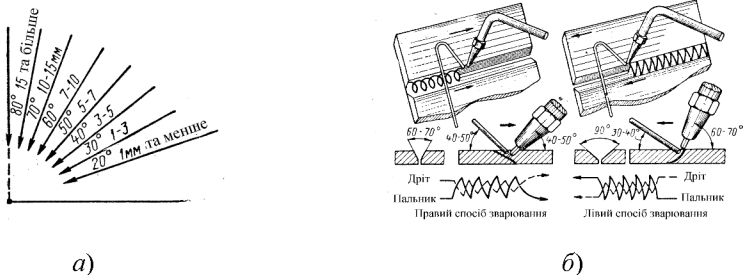


Рис. 6.4. Кути нахилу пальника (а) та способи газового зварювання (б)

При правому способі газового зварювання полум'я зварного пальника направлено на шов, та процес зварювання ведеться зліва направо. Пальник переміщається попереду присадочного прутка.

При лівому способі газове полум'я направлено від шва та процес зварювання ведеться справа наліво. Пальник переміщується за присадочним прутком.

При правому способі газового зварювання забезпечується кращий захист зварної ванни, нижче витрати газів, менша швидкість охолодження шва. При лівому способі – краще формування шва, так як зварник добре бачить процес зварювання. При товщині металу до 3 мм більш продуктивним є лівий спосіб, при більших товщинах – правий.

6.4 Переваги та недоліки газового зварювання

Основними перевагами газового зварювання є її незалежність від електричних джерел живлення. Це робить доцільним її використання у будівних та монтажних умовах, де не завжди є силова електрична мережа. При газовому зварюванні легко змінюється тепло вкладання у метал за рахунок зміни кута пальника та її відстань до виробу, що дозволяє запобігати прологів навіть при зварюванні тонкого металу. Типовим прикладом є зварювання водопровідних труб малого діаметра, коли відсутній доступ до зворотної сторони шва для розміщення підкладок або підварювання кореню. Обладнання для газового зварювання достатньо мобільно й транспортабельно.

Недоліками газового зварювання є її низька продуктивність, більша зона термічного впливу, високі вимоги до кваліфікації зварника. У зв'язку із цим на машинобудівних підприємствах при стабільній програмі випуску продукція газового зварювання не може конкурувати із дуговою та практичне не застосовується.

6.5 Газове різання

У процесі різання відбувається розподіл вихідного матеріалу (наприклад, сталюого листа) на частини або отримання з нього деталей визначеної форми. Способи обробки матеріалів підрозділяються на дві основні групи: з механічним впливом – розрізання ножицями, розпилювання, свердлення, фрезерування, штампування та ін.; із впливом струменю або термічним впливом.

Способи різки, які відносяться до другої групи, можна розділити на наступні види:

- газова різка: киснева; киснево-флюсова; різка кисневим списом;
- газоелектрична різка: повітряно-дугова; киснево-дугова;
- різка методом електричної ерозії;
- плазмова різка: плазмово-дугова; різка плазмовим струменем;
- лазерна або газолазерна різка;
- киснева різка з підтримкою лазерним струменем;
- гідро- та гідроабразивна різка;
- криогенна різка;

Перші шість видів також називають *термічними способами різки*.

У різних способах газової різки джерелом нагрівання металу є газове (кисневе) полум'я. При кисневій різці метал видаляється з зони різання у результаті його згоряння у струмені чистого кисню та видудання цим же струменем утворених оксидів.

При *киснево-флюсовій різці* до зони різання подається спеціальний порошок-флюс, який полегшує процес різки за рахунок термічного, хімічного та абразивного впливу.

При *киснево-стисовій різці* необхідна температура утворюється у результаті згоряння металевого спису (труби), скрізь яке продувається струмінь кисню.

У способах газоелектричної різки нагрівання та плавлення металу виконується джерелом електричної енергії, а видалення розплаву із зони різки – газовим струменем.

Технологія *обробки методом електричної ерозії* заснована на руйнуванні поверхневих шарів металу у результаті зовнішнього впливу електричних зарядів.

При *плазмово-дуговій різці* електропровідний матеріал плавиться за рахунок теплоти плазмової дуги та струменю, та виноситься останньою з області різки. При *різці плазмовим струменем* дуга має дотичну дію, й матеріал може бути не електропровідним. Його плавлення та видалення розплаву із зони різки здійснюється високошвидкісним плазмовим струменем.

Газолазерне різання полягає у нагріві й руйнуванні матеріалу струменем із видаленням допоміжного газу. Для ряду матеріалів у якості допоміжного газу застосовують кисень, який підтримує горіння матеріалу. У результаті реакції окислення утворюється допоміжна теплота, яка посилює вплив лазерного струменю.

Лазерний струмінь може використовуватися тільки для нагрівання ділянки поверхні металу до температури приблизно 1000 °С, при якій починається процес окислення металу, а потім на ділянку поверхні подається надмірзвуковий струмінь чистого кисню. Такий спосіб отримав назву *кисневої різки із підтримкою лазерним струменем (LASOX)*.

При *гідрорізці* (водоструменевій різці) руйнування матеріалу відбувається під дією тонкого високошвидкісного струменю води. Його швидкість може перевищувати швидкість звуку у рази. При *гідроабразивній різці* у струмінь води додають частки абразиву (надтвердого матеріалу, який застосовується для обробки виробів), що збільшує руйнівну силу.

Однією з перспективних технологій обробки матеріалів у майбутньому є криогенна різка. Струмінь рідкого азоту («криогенний ніж») із температурою від -150°С до -179°С, який випускається під тиском від сотень до тисячі атмосфер, здатний розрізати міцні матеріали.

Кожна технологія різки має свої переваги, недоліки та оптимальну галузь застосування.

6.6 Ацетиленовий генератор середнього та низького тиску

Ацетиленовий генератор призначений для одержання ацетилену при взаємодії карбїду кальцію з водою.

Ацетиленові генератори розрізняють за наступними ознаками:

– за тиском одержуваного ацетилену – генератори низького і середнього тиску;

– за принципом взаємодії карбїду кальцію з водою – генератори, що працюють за принципами «карбїд у воду» (КВ), «вода в карбїд» (ВК) і контактні (К).

Принцип КВ передбачає періодичну подачу у воду карбїду кальцію. При цьому досягається найбільший вихід ацетилену (до 95%). Принцип ВК здійснюється періодичною подачею порцій води до завантажувального пристрою, куди заздалегідь насипають карбїд кальцію. Принцип К передбачає періодичне зіткнення і взаємодію карбїду кальцію з водою. Використовують в пересувних генераторах.

Ацетиленовий генератор низького тиску АНВ-1,25 (рис. 6.5), що працює за принципом «вода і карбїд» у поєднанні з процесом «витиснення води» містить: корпус генератора 7 розділений горизонтальною перегородкою 8 на дві частини: водозбірник 6 і газозбірник 9.

У нижню частину газозбірника вварена реторта 14, в яку вставляють завантажувальний кошик 13 з карбїдом. Реторту щільно закривають кришкою 12 на гумовій прокладці. Через верхню відкриту частину корпусу генератор заповнюють водою до оцінки рівня. При відкриванні крана 10 вода з корпусу надходить до реторти і взаємодіє з карбїдом. Ацетилен, що виділяється, трубкою 11 збирається під перегородкою в газозбірнику і потім через осушувач 5 і водяний затвор 3 шлангом 2 надходить до зварювального пальника чи різака. При зменшенні витрати газу тиск у газозбірнику підвищується і частина води витісняється з реторти в конусоподібну посудину – витискач 4. Рівень води в корпусі опускається нижче рівня крана 10, надходження води в реторту припиняється, газовиділення сповільнюється. У міру витрати ацетилену тиск знижується, рівень води в корпусі підвищується до крана 10, і вода знову надходить до реторти. Таким чином, автоматично регулюється процес взаємодії карбїду з водою і виділення ацетилену в залежності від його витрати.

У зимових умовах при температурі до -25°C генератор працює нормально, не замерзаючи, тому що його водопостачальна система розташована усередині корпусу, де вода нагрівається теплотою реакції

взаємодії води з карбідом кальцію. Водяной затвор установлюють також усередині корпусу в циркуляційній трубці 1. Улітку водяний затвор монтується на корпусі генератора зовні.

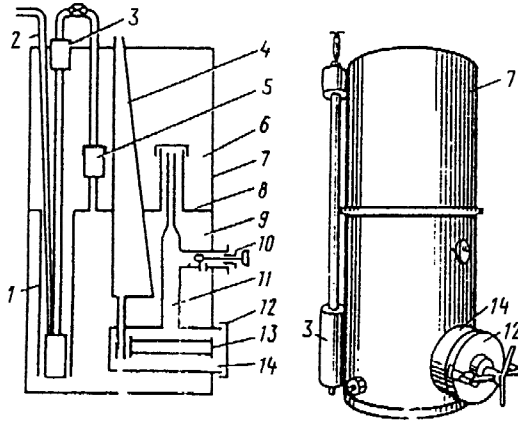


Рис. 6.5. Ацетиленовий генератор низького тиску:

- 1 – циркулююча трубка; 2 – трубка до газового пальника;
- 3 – водяний затвор; 4 – витискач; 5 – осушувач; 6 – водозбірник;
- 7 – корпус генератора; 8 – перегородка; 9 – газозбірник; 10 – кран;
- 11 – трубка для ацетилену, що виділяється; 12 – кришка реторти;
- 13 – навантажувальний кошик; 14 – реторта

Ацетиленовий генератор середнього тиску. Пересувний однополюсний генератор типу АСМ-1,25-3 працює за схемою процесу «витиснення води».

Корпус генератора (рис. 6.6) 1 розділений внутрішньою перегородкою 13 на дві порожнини: верхню – газоутворювач 5 і нижню – промивач 2.

До газоутворювача приварене верхнє днище 7 з горловиною для введення в шахту 6 кошика з карбідом 8. Кошик закріплюється кришкою 9, що притискається до горловини важелем 11 із гвинтом 10. Генератор заправляють водою через шахту. Після опускання кошика з карбідом у шахту і щільне закріплення кришки, карбід кальцію взаємодіє з водою, ацетилен, що виділяється проходить трубкою 12 до промивача 2. Проходячи через воду промивача, ацетилен охолоджується і через клапан 4 шлангом 3 надходить до водяного затвору 14

і потім до зварювального пальника чи різачка. Генератор має манометр для контролю тиску і ручки для переміщення. Разове завантаження карбіду – 2,2 кг. Генератор може працювати в зимових умовах на відкритому повітрі при -25°C . Продуктивність генератора $1,25\text{м}^3/\text{год.}$, моментальний тиск – 1,5 атм.

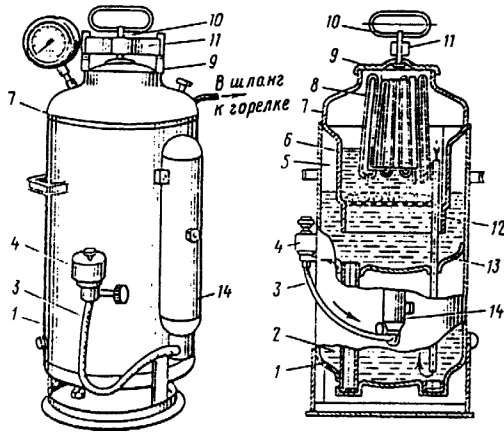


Рисунок 6.6. Ацетиленовий генератор середнього тиску:

- 1 – корпус генератора; 2 – промивач; 3 – приєднувальний шланг; 4 – клапан; 5 – газоутворювач; 6 – горловина шахти; 7 – верхнє днище газоутворювача, 8 – кошик з карбідом; 9 – кришка; 10 – гвинтовий важіль; 11 – важіль горловини; 12 – трубка для виділення ацетилену; 13 – внутрішня перегородка; 14 – водяний затвор

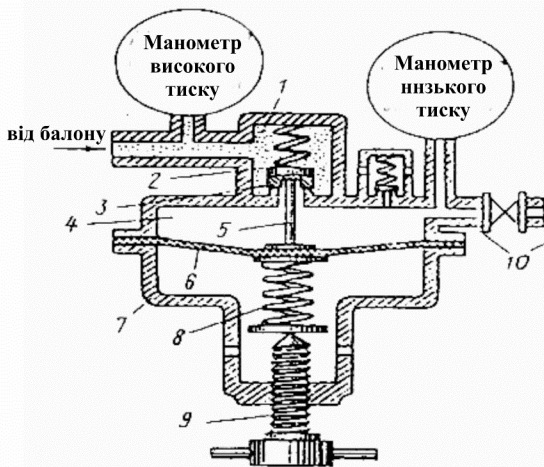
Ацетилен поставляють до зварювальних постів або трубопроводом, або в ацетиленових балонах ємністю 40л, в яких при максимальному тиску 1,9 МПа міститься близько $5,5\text{м}^3$ ацетилену. Для забезпечення безпечного збереження і транспортування ацетилену балон заповнюють пористим активованим вугіллям, а для збільшення кількості ацетилену в балоні активізовану пористу масу просочують розчинником – ацетоном. Балон пофарбований у білий колір і на ньому зроблено напис «Ацетилен».

Кисень подається до постів зварювання або від кисневої рампи, або від кисневого балону ємністю 40л, в якому при

максимальному тиску 15,15 МПа міститься 6м³ кисню. Балон пофарбований у блакитний колір і має чорний напис «Кисень».

При роботі газового зварювання і різання на балон нагвинчують редуктор для зниження тиску, що надходить з балона, до робочого тиску, який подається через шланг до пальника і для підтримки постійного тиску в процесі зварювання (рис. 6.7).

Газ із балону через штуцер проходить до камери високого тиску корпусу – 10. В неробочому стані частин редуктора прохід газу з камери високого тиску 1 до камери низького тиску 4 закритого клапаном 2, притиснутим до сідла 3. При вгвинчуванні регулювального гвинта 9 у кришку 7 корпусу натискна пружина 8 стискується і переміщає догори гумову мембрану 6 разом з передатним штифтом 5. Штифт відкриває клапан 2, з'єднуючи тим самим камеру високого тиску з камерою низького тиску.



1 – камера високого тиску; 2 – клапан; 3 – сідло клапана; 4 – камера низького тиску; 5 – передатний штифт; 6 – мембрана; 7 – кришка корпусу; 8 – затискна пружина; 9 – регулювальний гвинт; 10 – корпус

Рис. 6.7. Однокамерний редуктор

Газ надходить до камери 4 доти, доки тиск його на мембрану не зрівноважить зусилля натискної пружини. У цьому положенні витрата і надходження газу будуть рівні. Якщо витрата газу

зменшується, то тиск у камері 4 підвищується. Тиск газу відіжме мембрану вниз і стисне пружину 8. Клапан 2 закриє отвір сідла і надходження газу до камеру 4 припиниться. При збільшенні витрати газу тиск у камері 4 знижується, мембрана віджимає клапан від сідла і тим самим збільшується надходження газу з балона. Таким чином, автоматично підтримується постійний тиск газу, який подають до пальника.

6.7 Зварювальні пальники та утворення зварювального полум'я

Зварювальний пальник призначений для правильного змішування пального чи газу пальної рідини з киснем і одержання стійкого зварювального полум'я необхідної потужності.

Пальники класифікуються:

1) *за способом подачі пального в змішувальну камеру:*

- інжекторні;
- безінжекторні;

2) *за призначенням:*

• універсальні для зварювання, наплавлення, пайки, підігріву й інших робіт;

- спеціалізовані;

3) *за родом застосовуваного пального;*

4) *за числом робочого полум'я:*

- однополуменеві;
- багатополуменеві;

5) *за потужністю*, обумовленої витратою ацетилену (л/год.), мікропотужні (5...60) л/год.:

- малопотужні (25...700) л/год.;
- середньопотужні (50...2500) л/год.;
- великої потужності (2500...7000) л/год.;

6) *за способом застосування:*

- ручні;
- машинні.

При виготовленні ручної газополуменевої обробки широкого застосування здобули ацетиленокисневі інжекторні пальники (рис.

6.8). Вони працюють за принципом підсмоктування газу, тиск якого може бути нижче 0,01 МПа, тобто нижче мінімальних тисків, установлених для рухливих ацетиленових генераторів. Тиск кисню повинен бути в межах 0,15...0,5 МПа.

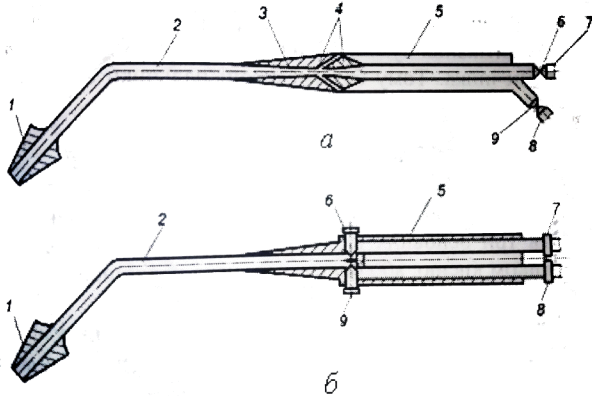


Рис. 6.8. Схема зварювальних пальників:
а – інжекторного типу; *б* – безінжекторного типу

- 1 – мундштук; 2 – трубка наконечника; 3 – змішувальна камера;
- 4 – інжектор; 5 – рукоятка; 6 – кисневий вентиль;
- 7 – ніпель для приєднання кисневого шланга;
- 8 – ніпель для приєднання ацетиленового шланга;
- 9 – ацетиленовий вентиль

Безінжекторні пальники працюють на пальному газі і кисні, що надходять у змішувальну камеру під однаковим тиском у межах 0,01...0,1 МПа, тобто вимагають живлення пальним середнього тиску. Для нормальної роботи такого пальника в систему живлення включають регулятор, що забезпечує рівність робочих тисків кисню і пального газу.

По шлангу і трубці 6 до вентиля 5 і через нього в інжектор надходить кисень. Вириваючись з великою швидкістю з інжектора в змішувальну камеру 3, струм кисню створює розрідження, що викликає підсмоктування ацетилену. Ацетилен надходить шлангом до сполучного ніпеля 7, а потім через корпус пальника і вентиль 8 до змішувальної камери, де утворить з киснем пальну суміш. Отримана

суміш по трубці наконечника 2 надходить у мундштук 1 і, виходячи в атмосферу, при згорянні утворює зварювальне полум'я.

Пальник складається зі стовбура і комплекту змінних наконечників, що приєднуються до стовбура накидною гайкою. Кожен наконечник забезпечує відповідну потужність полум'я. ДСТУ передбачено чотири типи пальників.

Пальника Г1 – мікропотужні, призначені для зварювання металів товщиною 0,1...0,5 мм;

Пальника Г2 – малої потужності, застосовуються для зварювання тонкостінних виробів від 0,2...7 мм і комплектують наконечниками № 0, 1, 2, 3, 4.

Пальника Г3 – середньої потужності, служать для зварювання металу товщиною 0,5...30 мм. До комплекту пальника входять: стовбур і сім наконечників № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Пальника Г4 – великої потужності, призначений для зварювальних робіт і вогневої обробки виробів великої товщини (наконечники № 8 і 9).

Найбільшого застосування одержали пальника Г 2 і Г 3.

Зварювальне полум'я утворюється при згорянні вихідної з мундштука пальника суміші пального газу з киснем. Властивості зварювального полум'я залежать від того, яке пальне подається до пальника і при якому співвідношенні кисню і пального створюється газова суміш. Змінюючи кількість кисню, який подається в пальник, і пального газу, можна одержати нормальне, окислювальне чи науглецьовувальне зварювальне полум'я.

Нормальне полум'я теоретично має виходити при об'ємному відношенні кількості кисню до ацетилену $O_2 : C_2H_2 = 1$. Практично, внаслідок забруднення кисню, нормальне полум'я виходить при трохи більшій кількості кисню, тобто при $O_2 : C_2H_2 = 1,1...1,3$. Нормальне полум'я сприяє розкисленню металу зварювальної ванни й одержанню якісного зварного шва. Тому більшість металів і сплавів зварюють нормальним полум'ям (рис. 6.9).

Нормальне ацетиленове полум'я складається з трьох зон: ядра I, відновлювальної зони II і смолоскипу III. Форма ядра I – конус із закругленою вершиною, що має яскраву оболонку. Ядро складається з продуктів розпаду ацетилену з розпеченими частками вуглецю, що згоряють у зовнішньому шарі оболонки. Довжина ядра залежить від швидкості витікання пальної суміші з мундштука пальника. Чим

більше тиск газової суміші, тим більше швидкість витікання, тим довше ядро полум'я.

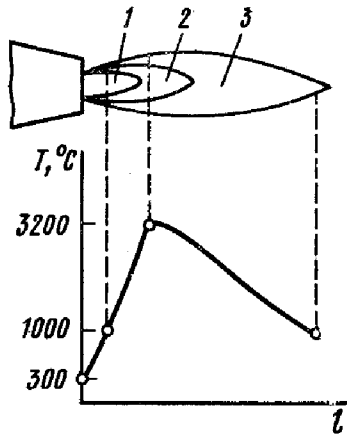


Рис. 6.9. Газозварювальне полум'я

Відновлювальна зона II за своїм темним кольором помітно відрізняється від ядра II. Вона складається в основному з оксиду вуглецю і водню, що виходять у результаті часткового згорання ацетилену: $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$.

У цій зоні створюється найвища температура полум'я (3150°C) на відстані 3...5 мм від кінця ядра. Цією частиною полум'я виконують нагрівання і розплавлення металу, що зварюється. Частки оксиду вуглецю і водню, що знаходяться в цій зоні, можуть відновлювати оксиди металів, що утворюються.

Смолюскіп III розташовується за другою зоною і складається з вуглекислого газу і парів води, які виходять у результаті згорання оксиду вуглецю і водню, що надходять з відновлювальної зони. Згорання відбувається за рахунок кисню, що міститься в навколишньому повітрі. Зона смолюскіпа містить також азот, що попадає з повітря.

Регулювання зварювального полум'я здійснюють за його формою і кольором. Важливе значення має правильний вибір тиску кисню, його відповідність паспорту пальника і номеру наконечника. За високого тиску кисню суміш виривається з великою швидкістю, полум'я відривається від мундштука, відбувається видування розплавленого металу зі зварювальної ванни. За недостатнього тиску

кисню швидкість викидання пальної суміші падає, полум'я коротшає і виникає небезпека зворотних ударів. Характер полум'я вибирають залежно від металу, який зварюють та виду робіт (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Співвідношення кисню до ацетилену залежно від виду робіт

Вид полум'я	Відношення кисню до ацетилену	Температура полум'я, °С	Галузь застосування
Навуглецьовувальне	0,8 – 0,9	2700-3100	Наплавлення твердих сплавів, зварювання чавуну і високовуглецевих сталей
Нормальне	1,0 – 1,2	3150	Зварювання маловуглецевої та середньовуглецевої сталей, алюмінієвих сплавів, бронзи, міді. Різання металів, паяння, металізація
Окислювальне	1,2 – 1,5	3100-3150	Різання та паяння, зварювання латуні і чавуну бронзою, поверхнєве гартування і вогняне очищення поверхні

6.9 Технологія газового зварювання

Ефективність процесу газового зварювання визначається режимами зварювання (потужністю зварювального полум'я, швидкістю зварювання, діаметром присадного матеріалу). Режими зварювання розраховуються за визначеною методикою. Підготовка заготовок під зварювання полягає в їх відрізання, обробленні зварних кромок, очищенні від забруднень. Поверхні кромок і прилеглі ділянки шириною 20-30 мм перед зварюванням очищають від окалини, іржі, масла, фарби, вологи сталевими щітками, абразивним інструментом, а також газополум'яною обробкою.

Призначення флюсів: ФСЧ-1 – газове зварювання; ФСЧ-2 – паяння та зварювання чавуну; МАФ-1 – паяння та зварювання чавуном і сплавами на мідній основі; БМ-1 – газоподібний флюс для газового зварювання.

6.10 Особливості техніки гарячого зварювання та пайко-зварювання чавуну

При зварюванні чавуну обробляють кромки шва і підігрівають основний метал навколо дефекту до світло-червоного кольору (650 °С). Потім оплавляють поверхню оброблення кромок і заповнюють її присадочним матеріалом, занурюючи його у флюс. Охолодження після зварювання сповільнене (віднести пальник на 50 – 100мм, затримувати 1-2 хв., потім закрити деталь азбестом або завантажити в піч з температурою 650-750 °С).

При пайко-зварюванні чавуну латунню основний метал підігрівають навколо дефекту до 850-950 °С, індикатором досягнення температури нагріву служить розплавлення флюсу, посипаного на кромки. Потім лудять ділянки кромок, натираючи прутком латуні, і в гарячій зоні полум'я пальника розплавляють присадний матеріал та заповнюють оброблення кромок. Гарячий метал проковують.

При холодному зварюванні застосовують присадочний пруток з маловуглецевого дроту або з монель-металу (70 % нікелю і 30 % міді). Для зварювання ковкого чавуну застосовують латунний присадочний пруток.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Класифікація газового зварювання. Які ацетиленові генератори бувають?
2. Будова і принцип дії ацетиленових генераторів низького та середнього тиску.
3. Властивості кисню. Як одержують кисень?
4. Призначення та будова однокамерного редуктора.
5. За якими ознаками класифікують газові пальники? Будова інжекторного пальника.
7. Зварювальне полум'я. Сутність процесу кисневого різання.
8. Які випадочні прутки використовують для холодного зварювання?

РОЗДІЛ 7. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЧОРНІ ТА КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ

7.1 Метали та їх класифікація

Матеріали, з яких виготовляють деталі, конструкції машин і механізмів, називають конструкційними. Конструкційні матеріали за походженням поділяють на металеві, неметалеві, композиційні (рис. 7. 1).



Рис. 7.1. Класифікація конструкційних матеріалів за походженням

Метал як хімічний елемент може бути компонентом або речовиною, що утворює систему і входить до складу сплавів з двох або кількох елементів.

У техніці поняття «метал» означає речовину, яка має характерні властивості й металевий блиск, пластичність, високу тепло- й електропровідність. Терміном «метал» користуються також у визначенні металевих сплавів.

Залежно від будови і властивостей метали об'єднуються в різні групи. Найбільш загальна і поширена класифікація поділяє метали на

дві групи – чорні і кольорові. За такою класифікацією до чорних металів відносять залізо і його сплави, а до кольорових – усі інші.

За класифікацією А. П. Гуляєва, метали також поділяються на чорні та кольорові. Чорні метали мають темно-сірий колір, високу температуру плавлення, досить високу твердість і щільність, характеризуються поліморфізмом (окрім Ni), тобто мають різну будову кристалічної ґратки за різних температур.

Серед чорних металів розрізняють залізні – Fe, Co, Ni, Mn; тугоплавкі – з температурою плавлення вищою від температури плавлення заліза (понад 1539 °С) – W, Mo, Re, Nb, Ti, V, Cr; уранові – актиніди, рідкоземельні (РЗМ) – La, Ce, Nd, Pr та інші. Типовими серед чорних металів є залізо й різні сплави на його основі (сталь, чавун). Частка використання чорних металів у техніці перевищує 90 %.

Решта металів – кольорові. Для кольорових металів характерними є забарвлення, пластичність, низькі температури плавлення, низька твердість, відсутність поліморфних перетворень. Найтипівішим представником групи кольорових металів є мідь. Серед кольорових металів розрізняють легкі метали – Be, Mg, Al; благородні – Ag, Au, Pt та метали платинової групи (Pd, Ir, Os, Ru, Rh); «напівблагородна» мідь; легкоплавкі – Zn, Cd, Hg, Sn, Pb, Bi, Tl, Sb, а також елементи з послабленими металевими властивостями – галій, германій. З кольорових металів виготовляють найрізноманітніші вироби. Кольорові метали додають також до легованих сталей і сплавів для поліпшення їхньої структури та властивостей.

Залежно від будови (розташування атомів) тверді тіла поділяють на кристалічні й аморфні. За звичайних умов метали у твердому стані мають кристалічну будову. Кристалічні тіла характеризує чітко визначений (регулярний) порядок розташування атомів (точніше іонів) у просторі, який зумовлює утворення певного типу кристалічної ґратки, де сили взаємного тяжіння і відштовхування атомів урівноважені. Регулярність розташування атомів у кристалічному тілі зумовлює під час кристалізації утворення кристалів певної форми – симетричних, геометрично правильних багатогранників (поліедрів). Просторове розташування атомів у кристалічному тілі залежить від природи металу, характеру міжатомних зв'язків, температури та тиску. Крім упорядкованого розташування атомів (кристалічна ґратка), кристалічні тіла мають певну фіксовану температуру плавлення і кристалізації.

Кристалічну будову металів характеризує строго визначений порядок і періодичність розташування атомів у просторі та відносно

один одного, які утворюють залежно від цього певну кристалічну систему (просторову кристалічну ґратку). Особливості розташування атомів у кристалах визначають сукупність і відмінності властивостей металів.

Найпоширенішим серед промислових металів є утворення трьох основних типів кристалічних ґраток: кубічної об'ємоцентричної (ОЦК), кубічної гранецентричної (ГЦК) і гексагональної щільного пакування (ГЩП) кристалічної ґратки (рис. 7. 2).

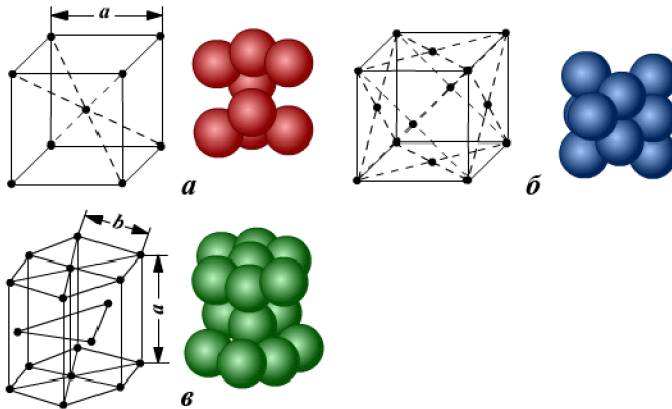


Рис. 7.2. Просторові кристалічні ґратки:

- а – об'ємоцентрична кубічна (ОЦК);
- б – гранецентрична кубічна (ГЦК); в – гексагональна щільного пакування (ГЩП)

У виробництві сільськогосподарської техніки використовують багато конструкційних матеріалів. Це сталі різних марок, чавуни, мідь і алюміній та їх сплави, сплави на основі титану, вольфраму, антифрикційні сплави, корозієстійкі матеріали, матеріали з особливими пружними властивостями, пластмаси, скло, гума.

7. 2 Чорні метали та сплави

Чорні метали – це сполуки заліза з вуглецем і іншими домішками: марганцем, кремнієм, фосфором, сіркою й т.п.

Чорний метал який складається зі сплаву заліза з вуглецем, вміст якого не перевищує 2, 14 %, називають сталлю, а понад 2, 14 % – чавуном.

Чавун. Чавун – широко відомий чорний метал, у розплавленому вигляді текучий, тому добре заповнює ливарні форми й на виробництві широко використовується для виготовлення деталей литтям. Є сірий чавун (СЧ), білий (БЧ), ковкий (КЧ), високоміцний (ВЧ), жаростійкий (ЖЧХ, ЖЧС, ЖЧЮ й т.п.), жароміцний і стійкий проти корозії (ЧН), антифрикційний (АЧС). У маркуванні після букв слідкують цифри, які позначають міцність чавуну або ж вміст окремих елементів.

Із сірого чавуну виготовляють більшість деталей, які не несуть ударного навантаження (станіни, кронштейни й т.п.). Білий чавун утворюється, якщо розплавлений сірий чавун вилити в металеві форми й швидко їх остудити. Цей чавун має білий колір, дуже міцний на стирання, але тендітний і не обробляється різальним інструментом. Ковкий чавун одержують, якщо виливки з білого чавуну витримати якийсь час у печах при високій температурі. Після охолодження такі деталі можна згинати на невеликий кут. Наприклад, зігнуті «пальці» різальних апаратів, косарок, жниварок можна вирівняти ударами молотка. З високоміцного чавуну виготовляють більш відповідальні деталі (колінчасті вали автомобілів і т.п.), а чавуну ЧН – випускні колектори двигунів, гільзи циліндрів і т.п. Антифрикційний чавун використовують для виготовлення втулок тертя замість бронзи.

Сталь. Сталь – це чорний метал, що істотно змінює свої властивості залежно від вмісту вуглецю, технології виготовлення та вмісту домішок.

Сталі звичайної якості поставляють згідно з ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005), вони найдешевші, в них допускається підвищена концентрація шкідливих домішок ($S \leq 0,06 \%$, $P \leq 0,045 \%$).

Сталі звичайної якості маркують літерами «Ст.» (сталь) і цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (умовний номер марки сталі в залежності від хімічного складу). Наприкінці марки позначають ступінь розкислення сталі, наприклад: Ст.1 кп.; Ст.2 пс.; Ст.3 сп. (кипляча, напівспокійна, спокійна). У деяких марках сталі стоїть літера «Г», яка вказує на кількість марганцю при його масовій частці в сталі 0,80 % і вище (Ст.3Гсп). Чим більший номер марки, тим вища концентрація вуглецю в сталі та її міцність, а пластичність нижча. Але слід мати на увазі, що номер марки не співпадає з кількістю вуглецю в сталі.

Вуглецеву *якісну* сталь виплавляють у кисневих конвертерах, мартенівських та електричних печах. Вуглецеві якісні сталі поставляють згідно з ДСТУ 7809-2015 (Взамін ГОСТ 1050-88). Цей стандарт встановлює загальні технічні умови для гарячекатаного та кованих сортового прокату з вуглецевої якісної конструкційної сталі марок 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55ПП) і 60 завтовшки або діаметром до 250 мм, а також для каліброваного прокату та зі спеціальним обробленням поверхні всіх марок.

Ці сталі містять менше шкідливих домішок ($S \leq 0,035 \%$, $P \leq 0,03 \%$) і неметалевих включень, ніж сталі звичайної якості. До них ставлять більш жорсткі вимоги відносно складу шихти, умов виплавлення та розливання, однорідності макро- та мікроструктури. Якісні сталі маркують двома цифрами, що вказують середню кількість вуглецю у сотих частках відсотка: сталь 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30 і далі через 0,05 % .

Автоматні сталі, або *сталі підвищеної оброблюваності різанням* (ГОСТ 1414-75). Використовують у масовому виробництві трипільних виробів (болти, гвинти, гайки і т. ін.) та деяких невідповідальних деталей на верстатах-автоматах з великою швидкістю різання.

Сталі маркують літерою А (автоматні) і цифрами, що вказують на середню кількість вуглецю у сотих частках відсотка: сталь А12, А20, А30, А40Г. Літера Г позначає підвищений вміст марганцю (до 1,2 %), який додається для зменшення червоноламкості. До недоліків цих сталей належить значна крихкість, низька пластичність і в'язкість, підвищена схильність до корозії, знижена границя витривалості.

Вуглецеві інструментальні сталі (ГОСТ 1435-99) виплавляють у мартенівських та електричних печах. Інструментальну сталь поділяють на якісну і високоякісну.

Сталь інструментальну якісну позначають літерою У і цифрою, або цифрами, що вказують на вміст вуглецю в десятих частках відсотка (наприклад, У7, У8, У9, У10, У11, У12). Якісні сталі містять не більше 0,028 % сірки і 0,30 % фосфору. Сталь інструментальна високоякісна містить менше домішок, ніж якісна (вміст сірки – не більше 0,018 % і фосфору – до 0,025 %). При її маркуванні додають букву А в кінці марки (наприклад, У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А).

З цих сталей виготовляють, насамперед, столярний та слюсарний інструмент. У7, У8 – для молотків, зубил, кернів, викруток тощо. У9 – У12 застосовують для свердел, мітчиків, ножівок. Із сталі У13 виготовляють напилки, калібри, шабери, граверний інструмент.

Легованою називається сталь, яка містить в собі крім заліза, вуглецю та постійних домішок, легуючі елементи, що змінюють її механічні, фізичні та хімічні властивості. Для позначення легованої сталі застосовують певний склад цифр і літер.

За Державним стандартом для позначення легуючих елементів взято такі літери: Х – хром, Н – нікель, Г – марганець, С – кремній, В – вольфрам, М – молібден, Ф – ванадій, К – кобальт, Т – титан, Ю – алюміній, Д – мідь, П – фосфор, Р – бор, Б – ніобій, А – азот, Е – селен, Ц – цирконій, Ч – рідкісноземельні метали (лантан та ін.).

Конструкційну леговану сталь маркують таким чином: перші дві або три цифри показують вміст вуглецю у сотих відсотка, літери – наявність відповідних легуючих елементів. Цифри, що стоять за літерами, показують процентний вміст цих елементів у сталі. Якщо після якоїсь літери не має цифр, то це означає, що сталь містить даний елемент у кількості до 1 %. Наприклад, марка 40Х означає хромисту сталь, що містить 0,40 % вуглецю і до 1 % хрому, марка 110Г13Л означає марганцеву сталь, що містить 1,10 % вуглецю і 13 % марганцю. Літера Л в кінці марки означає, що ця сталь ливарна, бо деталі з цієї сталі одержують литтям. Якщо сталь високоякісна, то в кінці марки сталі додають літеру А (наприклад, 30ХГСА). Якщо при маркуванні сталі літера А стоїть всередині марки, то це вказує на те, що сталь легована азотом. Треба пам'ятати, що коли літера А стоїть на початку марки сталі (наприклад, А20), це значить, що сталь автоматна.

Інструментальну леговану сталь маркують таким чином: кількість вуглецю зазначається однією цифрою, що показує вміст вуглецю в десятих відсотка (наприклад, 9ХС). Якщо першої цифри немає, то це означає, що сталь містить вуглецю близько 1 % (наприклад, ХВГ). Далі порядок маркування за легуючими елементами такий, як і для легованої конструкційної сталі.

Деякі сталі спеціального призначення мають особливе маркування з літер, що ставляться спереду: А – автоматна, Ш – шарикопідшипникова, Р – швидкорізальна, Е – магнітна, Э – електротехнічна сталь.

Нестандартні сталі маркують літерами ЭИ і ЭП та номерами. Це означає, що сталь виплавлена на заводі “Електросталь” (літера Э), дослідна (літера И), або пробна (літера П). Номер означає черговий номер запису марки сталі у заводському журналі (наприклад, сталь ЭП276, або ЭИ269).

Шарикопідшипникові сталі маркують великою літерою Ш, за якою вказують легуючий елемент – хром. Цифра, або цифри за літерою Х означають вміст хрому в десятих, а не в цілих відсотках. Це виняток з правила і це треба пам'ятати (наприклад, ШХ6, ШХ15: цифри 6 та 15 – це 0,6 % та 1,5 % хрому відповідно).

Сталі з особливими властивостями. Багато машин мають деталі, до яких ставляться особливі вимоги щодо фізичних та хімічних властивостей: опір корозії і дії хімічних агресивних середовищ – нержавіюча сталь (наприклад, 30Х13), жароміцність (наприклад, 45Х14Н14В2М), жаростійкість (наприклад, 40Х9С2), зносостійкість (наприклад, Г13), особливі магнітні властивості (наприклад, ЕХ3), особливі теплові властивості (наприклад, Н36).

Швидкорізальну сталь маркують літерою Р, за якою йде цифра, чи цифри, які вказують на вміст основного легуючого елемента – вольфраму у цілих відсотках. Далі порядок маркування за легуючими елементами такий, як і для легованих конструкційних сталей (наприклад: Р6, Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р18К5Ф2).

Марку сталі, її якість на промислових підприємствах визначають спектрографічним методом і пробами на твердість. У домашніх умовах її можна визначити орієнтовно за пучком іскор від точила. Маловуглецеві сталі дають довгий ясно-жовтий пучок іскор з малою кількістю зірочок на кінці. Чим більше вуглецю в сталі, тим коротше пучок іскор, тим він світліше й більш розсипчастий, з більшою кількістю зірочок. У швидкорізальній сталі темно-жовтий пучок іскор без зірочок на кінці, у хромистої – темно-червоний із розгалуженими зірочками на кінці. Сталеві сортаменти надходять у продаж у вигляді прутків (круглих, квадратних, шестигранних), прокату різного профілю (куточків, швелерів), штабного й листового матеріалу.

7. 3 Кольорові метали та їх сплави

До кольорових металів відносять мідь, алюміній, цинк, олово, свинець, нікель, хром, срібло та інші метали, крім заліза і його сплавів. Вони мають загальну властивість утворювати на поверхні окисну плівку, яка запобігає подальшій корозії металу.

Латуні. Латунь – це сплав міді із цинком. Вона має жовтуватий колір. Позначається звичайна латунь буквою Л с цифрою, що вказує на процентний вміст у латуні міді, а все інше – цинк. Наприклад, Л62 (62 % міді), Л90 (90 % міді).

Спеціальна латунь – із домішками легуючих елементів (алюміній – А, залізо – Ж, марганець – Мц, нікель – Н, свинець – С, олово – О, кремній – К та ін.), крім букви Л, мають букви легуючих елементів, далі цифру – вміст міді й через риску – вміст легуючих елементів. Наприклад, латунь ЛМЦЖ-57-3-1 містить міді 57 %, марганцю 3 %, заліза 1 %, а інше – цинк. Ця латунь стійка до впливу морської води. Домішки кремнію, олова, алюмінію підвищують міцність, антифрикційні властивості й корозійну стійкість латуні на повітрі, у морській воді та атмосфері. Марганець додає жаростійкості, а залізо – твердості. Свинцева латунь добре полірується, а домішка до алюмінієвої латуні – миш'яку, нікелю й заліза підвищує її стійкість проти кислот.

Бронзи. Бронза – це сплав міді з оловом (олов'яна бронза) або з іншими елементами, крім цинку (хоча його може утримуватися близько 3 % і в олов'яній бронзі), останні називають безолов'яними, або спеціальними. Позначають бронзу літерами Бр, а далі йдуть елементи, які входять у її склад, та їхній процентний вміст (крім міді). Наприклад, БрОФ8,0-0,3 містить 8 % олова та 0,3 % фосфору, інше – мідь; БрС30 – 30% свинцю, інше – мідь. Порівняно з латунню бронзи міцніше, корозієстійкі, мають антифрикційні властивості. З бронз виготовляють крани, вентилі, втулки навантажених підшипників і т.п. Берилієва бронза після гартування за твердістю й пружними властивостями перевершує високоякісну сталь, а кадмієві й хромисті є найбільш тепло- та електропровідними.

Мідно-нікелеві сплави. Мідно-нікелеві сплави мають високу корозійну стійкість і особливі електричні властивості, які змінюються залежно від вмісту нікелю. Крім нікелю, до складу сплаву можуть входити й інші елементи. Позначають ці сплави МН0,6; МН16, тобто

вони містять 0,6 % і 16 % нікелю. Деякі мідно-нікелеві сплави мають власні назви: *константан* (МНМц 40-1,5) – містить марганець. Використовується для реостатів, нагрівальних приладів (до 500 °С); *манганін* (МНМц 3-12) також містить марганець. Використовують для електротехнічних виробів і опорів; *копель* (МНМц43Д5) – для термопар; *куніаль* (МНА 13-3) – для деталей підвищеної міцності; *нейзильбер*, «нове срібло» (МНЦ 15-20) – для деталей електромашин, медичного інструменту, посуду; *мельхіор* (МНЖМЦ30-0,8-1) – для труб термостатів, а МН19 – для столового посуду. Жароміцні сплави міді містять у невеликих кількостях кадмій – близько 1 %, цирконій – до 0,5 %, хром 1,0 %; кобальт – до 2,7 %, берилій – до 0,7 %, титан – до 0,15 %. Використовують ці сплави для електродів машин контактного й шовного зварювання, колекторів електродвигунів і інших деталей, які в процесі роботи нагріваються.

Алюміній. Алюміній (Al) легкий і малоокислюваний метал, дуже розповсюджений у домашньому побуті. Чистий алюміній позначається буквою А, з відповідною цифрою (А99 – А0). Проте, здебільшого використовується алюміній з невеликими домішками. Так, є деформований технічний алюміній АД1, корозієстійкі сплави з домішками марганцю (АМц) і магнію (АМг), конструкційні сплави (дуралюміні) Д1 – Д19, жароміцний із домішками міді АК4, конструкційний високоміцний з домішками цинку й міді В 93 – В96; ливарний алюміній (АЛ1-АЛ21). З останніх двох виливають поршні, головки двигунів і інші деталі, які працюють при температурі до 350 °С. Дуралюміні широко використовують в авіації. На дуралюмінієвих листах завжди наноситься марка та спосіб обробки, позначений буквою наприкінці. Так, гарячекатані листи позначають буквою А, відпалені – М (Д1А-М); листи з поверхневим ущільненням механічним шляхом (нагартівкою) – Н (наприклад, Д1А-Н), аркуші підвищеної міцності – ТВ. Листи зі сплавів алюмінію, покриті зверху тонким шаром чистого алюмінію, не мають ніякого позначення або ж на них буває напис «Плаковані», а неплаковані позначають буквою Б.

Цинк. Цинк (Zn) – у чистому вигляді ЦВЧ, ЦО, ЦЗ – використовують в основному як покриття чорних металів, щоб захистити їх від корозії, оскільки на поверхні виробу із чорного металу цинкове покриття тримається дуже міцно. Крім сплаву цинку з міддю, що утворюють латунь, є сплави цинку з алюмінієм, міддю і магнієм ЦАМ4-1 і з алюмінієм – ЦА4, з яких виливають карбюратори

автомобілів, рамки спідометрів, бензонасоси, деталі пирососів і т.п. Застосовують також антифрикційні сплави ЦАМ 9-1,5, ЦАМ 10-5 для виготовлення вкладишів, втулок і т.п.

Магній. Магній (Mg) – кольоровий метал, що у чистому вигляді практично не використовують, але є магнієво-літєві сплави, надлегкі – ИМВ2, з високою звукопровідністю – МА17, з високою демпферною здатністю – МЦІ, їх використовують у конструкціях, які піддаються вібрації.

Титан. Титан (Ti) — майже вдвічі більше легкий ніж сталь, але з такою ж міцністю, він має вищу температуру плавлення, низьку теплопровідність і погані антифрикційні властивості, але легко кується й штампується. При нагріванні до 500 °С на повітрі він не окислюється, а при вищій температурі на його поверхні утворюється міцна захисна плівка. Тому з титану і його сплавів виготовляють обшивку надзвукових літаків, компресори реактивних двигунів, у турбобудуванні – лопаті й диски турбін і т.п. З листового титану можна виготовити (із застосуванням аргонового зварювання) легкі глушители для автомобілів, які не іржавіють і не прогорають.

Олово. Олово (Sn) — важкий м'який кольоровий метал сріблястого кольору з температурою плавлення 232 °С. У чистому виді олово не окисляється, стійке проти дії харчових кислот. Прутки чистого олова при згинанні хрумтить, тому що відбувається розрив кристалів. Раніше їм покривали кухонний посуд, молочні бідони. Тепер для цього переважно застосовують нержавіючу сталь або «харчовий алюміній». Використовують олово в чистому виді для паяння або готування різних припоїв (переважно зі свинцем). Днище й крила автомобіля, покриті оловом або його сплавом, не піддаються корозії, але цю луджену поверхню потрібно захистити від ударів камінчиків, піску, твердих предметів м'якою мастикою. Якщо олово зберігається при температурі нижче -13 °С, воно поступово перетворюється в сірий порошок. Таке явище називають «олов'яною чумою». Тому прутки чистого олова потрібно зберігати при плюсовій температурі.

Свинець. Свинець (Pb) – важкий, м'який, синювато-сірого кольору, блискучий метал із температурою плавлення 327,4 °С. Він дуже пластичний, стійкий проти вологи й агресивних середовищ ґрунту, тому в чистому виді його використовують для захисту кабелів, які укладають у землю, для ущільнення сполук чавунних труб, де його

запресовують за допомогою спеціальних оправлень, для ущільнень кришок казанів, вода в які не використовується для питва й готування їжі. З нього також відливають рибацькі грузила. Свинець стійкий проти соляної й сірчаної кислоти. Азотна й плавикова кислоти добре його розчиняють. В основному ж свинець використовують для готування припоїв у сплаві з оловом і іншими легкоплавкими металами.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які метали і сплави називаються чорними, які кольоровими?
2. Що називається чавуном?
3. Що являє собою сталь?
4. За якими ознаками класифікують вуглецеві сталі?
5. Вкажіть основні розбіжності між чавуном і сталлю.
6. Для яких інструментів використовують вуглецеві сталі?
7. Наведіть основні властивості міді, алюмінію, магнію і титану.
8. Поясніть вплив різних домішок на властивості міді.
9. Як позначаються марки деформівних та ливарних алюмінієвих сплавів?
10. Який сплав називають силуміном? Де він застосовується?
11. Як впливає модифікування на структуру і механічні властивості силуміну?
12. Які сплави називають латунями, бронзами? Наведіть приклади марок.
13. За якими принципами маркують латуні, бронзи?
14. Які сплави на основі титану застосовуються в техніці? Наведіть приклади марок.
15. За якими ознаками класифікують титанові сплави?
16. Наведіть принципи маркування сплавів з магнію. Де застосовуються ці сплави?
17. Як маркуються сплави на основі цинку? Наведіть приклади маркування цих сплавів

РОЗДІЛ 8. ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Спроможність металів до зварювання оцінюється їх зварюваністю.

Під *зварюваністю* розуміють можливість утворювати при зварюванні герметичні шви з необхідними фізико-хімічними властивостями та міцністю.

Найкращу зварюваність мають метали, спроможні необмежено розчинятися один в одному у твердому стані. Гірше зварюються метали з обмеженою розчинністю, і зовсім не зварюються ті, що у твердому стані не розчиняються. Такі метали зварюють тиском або з застосуванням проміжного металу, спроможного до розчинення.

При зварюванні у шві можуть утворюватися *гарячі тріщини* (у результаті розтягуючих напруг) або *холодні тріщини* (у результаті гартування біляшовної зони). Ці явища визначають методом технологічних проб, після чого починають необхідні заходи для ліквідації цих явищ.

8.1 Зварювання вуглецевих сталей

Вирішальний вплив на зварюваність вуглецевих сталей має вуглець. При збільшенні утримання вуглецю підвищується загартованість сталі і погіршується зварюваність.

Маловуглецеві сталі (до 0,25 %C) добре зварюються різними способами. Середньовуглецеві сталі (0,26-0,45 % C) здебільшого зварюються з попереднім підігріванням, а іноді й з наступною термообробкою – нормалізацією або відпусканням чи відпалюванням. Сталі з вмістом вуглецю $C > 0,36$ % схильні до утворення гартівних тріщин, тому потребують попереднього підігріву і наступного технічного обслуговування. Щоб не відбувалося загартування шва, застосовують маловуглецеві зварювальні дроти з легуючими добавками для забезпечення механічної міцності шва. Високовуглецеві сталі (0,46-0,75 %C) погано зварюються, тому їх не рекомендують для виготовлення зварних конструкцій.

Фосфор при концентрації вуглецю більше 0,04% підвищує крихкість шву, а сірка викликає червоноламкість, тому її концентрація не повинна перевищувати 0,04 %.

8.2 Зварювання низьколегованих сталей

Низьколеговані сталі з вмістом до 5% легуючих елементів зварюються різними способами. Однак на відміну від звичайних маловуглецевих сталей вони, подібно до сталей з підвищеним вмістом вуглецю, мають підвищену схильність до загартування і утворення гартувальних тріщин у зоні термічного впливу. Тому більшість низьколегованих сталей при товщині понад 10 мм зварюють з попереднім підігріванням до температури 150...350 °С, а після зварювання піддають термічній обробці – нормалізації і високотемпературному відпусканню.

Для виготовлення електродів, що застосовуються для зварювання цих сталей, використовують низьколегований зварювальний дріт. Електродні покриття, як правило, мають фтористо-кальцієву шлакову основу.

При зварюванні легованих сталей відбувається вигорання легуючих елементів, виділення карбідів, самогартування шва й біляшовної зони, виникають усадочні напруги, з'являються тріщини.

Для запобігання цих явищ при зварюванні цих сталей не допускається перегрів, режими зварювання повинні бути помірні, треба застосовувати захист шва й електрода, підігрівати виріб перед і після зварювання.

При вмісті $C < 0,2$ % сталі зварюються добре, при $C = 0,32$ % – задовільно, при $C = 0,4$ % – обмежено і при $C > 0,4$ % – дуже погано.

8.3 Зварювання хромистих сталей

Хромисті корозійностійкі сталі з вмістом хрому 13...18 % при наявності вуглецю понад 0,1 % мають різко виражену схильність до загартування на повітрі. Тому зварювання цих сталей, щоб уникнути появи в зварюваних швах і навколошовних зонах структури мартенситу, виконують з обов'язковим підігріванням до 200...250 °С і наступним відпалюванням або високотемпературним відпусканням. У практиці широко застосовують дугове зварювання хромистих сталей електродами з хромонікелевого дроту або дроту того самого складу, що й основний метал, з покриттям типу УОНИ-13.

Хромисті сталі, які містять хрому понад 25 %, наприклад марок 15X25, 13X28, належать до феритного класу. При зварюванні феритних хромистих сталей у металі шва утворюється крупнозерниста

структура з низькими механічними властивостями. В навколишній зоні також відбувається інтенсивний ріст зерна, що властиве однофазним сталям, які не зазнають фазових змін зі зміною температури.

Структура і механічні властивості швів на цих сталях трохи поліпшаються, якщо в електродні покриття ввести титан, алюміній та інші елементи, які сприяють подрібненню зерна. Застосовують також проковування зварних швів. Сталі марок 15X25 і 15X28 зварюють електродами, металевий стрижень яких має такий самий склад, що й основний метал.

Хромисті нержавіючі сталі з вмістом 12-28 %Cr і до 0,2 %C мають задовільну зварюваність. Проте, перед зварюванням їх треба попередньо підігріти до 200 - 300 °C, а після зварювання зробити відпал при 800 - 900 °C із наступним швидким охолодженням. З метою запобігання вигорання Cr зварювання ведуть із захистом шва (під прошарком флюсу або в захисній атмосфері).

8.4 Зварювання хромонікелевих аустенітних сталей

Хромонікелеві аустенітні сталі мають високу корозійну стійкість і широко використовуються для виготовлення хімічної і нафтової апаратури, особливо сталь марки 10X18H9T. Ці сталі зварюються всіма способами і значно краще, ніж хромисті.

Хромонікелеві сталі, з вмістом хрому 18% і нікелю 8%, є сталями аустенітного класу. При зварюванні можливо виділення карбідів хрому по межах зерен при тривалій витримці при 500 °C, а також виникнення міжкристалітної корозії. Для запобігання міжкристалітній корозії у зварних швах необхідно зменшити у шві вміст вуглецю та ввести в його склад титан і ніобій. Зварювання таких сталей ведуть при малих плинних енергіях із мідними підкладками для тепловідведення і водяним охолодженням.

Після зварювання роблять стабілізуючий відпал при 850-900 °C протягом 2-3 годин, що підвищує стійкість проти міжкристалітної корозії. Іноді здійснюють гартування від $T = 1050^{\circ}\text{C}$ з метою розчинення карбідів хрому в аустеніті.

Основними труднощами при зварюванні хромонікелевих сталей є утворення при температурі 500...700 °C карбідів хрому і випадання їх на границях зерен, що значно погіршує антикорозійні властивості зварних з'єднань. Щоб перешкодити цьому явищу,

хромонікелеві сталі зварюють при мінімальному розігріванні і великих швидкостях охолодження. Для повного відновлення аустенітної структури після зварювання рекомендується виробити піддавати загартуванню від температури 1050...1100 °С з наступним швидким охолодженням у воді.

Ручне дугове зварювання виконують на малих струмах аустенітними хромонікелевими електродами малого діаметра, що мають покриття типу УОНИ-13.

Газове зварювання здійснюють із застосуванням флюсів з бури, борної кислоти і плавикового шпату, а при автоматичному дуговому і електрошлаковому зварюванні використовують спеціальні марки флюсів. Зварювальний дріт у всіх випадках застосовують того самого складу, що й основний метал, але з більш низьким вмістом вуглецю і з присадками титану, молібдену, ніобію й інших елементів.

Тонколистові вироби успішно зварюють на точкових і шовних контактних машинах, в середовищі вуглекислого газу, аргонодуговим способом.

При зварюванні *марганцевих сталей* (0,8-1,3 %С, 12-14 %Mn) можливо утворення мартенситу в зоні термічного впливу та утворення тріщин. Для запобігання цьому зварювання марганцевих сталей треба виконувати швидко з водяним охолодженням, щоб зменшити зону термічного впливу. Зварювання марганцевих сталей ведуть електродами того ж складу, що й хімічний склад основного металу або електродами з марганцево-нікелевих сталей із спеціальними покриттями, з більш низьким вмістом вуглецю і з присадками титану, молібдену, ніобію і інших елементів.

Підготовка металів під зварювання. Поверхня металу перед зварюванням повинна бути зачищена до повного видалення іржі, окалини, змащувальних матеріалів та інших забруднень. При зварюванні та наплавці лиття слід видаляти й виявлені внутрішні дефекти (шлакові включення, газові раковини і т. ін.), оскільки забруднення поверхні та неметалеві включення у процесі зварювання, стикаючись із рідким металом, сприяють виникненню непроварів та шпаристості шва. Прихватки в процесі складання слід виконувати якісними електродами з наступним ретельним зачищенням швів.

Великий вплив на якість зварних кромок здійснює геометрія зварюваних деталей (кути скосу кромок, притуплення у корені шва).

8.5 Особливості зварювання чавуну

Зварювання чавуну утруднене тим, що в ньому велика кількість вуглецю і мала пластичність. При цьому утворюються карбіди, вибілений чавун, тріщини і т.п.

Зварювання чавуну застосовують для усунення браку у чавунних виливках, під час ремонтних робіт (наприклад, при зварюванні тріщин у блоках циліндрів двигунів, у станинах верстатів і пресів), при виготовленні зварно-литих конструкцій з чавуну з кулястим графітом. Основні труднощі в таких роботах пов'язані з утворенням у зварному з'єднанні зони відбілювання – структур цементиту, які виникають внаслідок швидкого охолодження розплавленого чавуну, і появою в зв'язку з цим у зоні термічного впливу структур гартування (мартенситу, троститу та ін.), що утворюються через швидке охолодження чавуну, нагрітого вище точки A_{C1} (727°C). Чавун з такими структурами дуже твердий і крихкий, його важко обробляти звичайним різальним інструментом, до того ж він дуже схильний до утворення тріщин. Тому основним завданням при зварюванні чавуну є виготовлення зварного з'єднання з однаковою твердістю металу шва і перехідних зон, яке не мало б тріщин і яке можна було б механічно обробляти.

У практиці застосовують багато способів і прийомів зварювання чавуну, які можна поділити на три групи: гаряче, напівгаряче і холодне зварювання.

Гаряче зварювання виконують із попереднім і супровідним підігріванням усього виробу до $400\text{...}650^{\circ}\text{C}$ у горнах, печах або інших пристроях, які опалюють деревним вугіллям, коксом тощо. Найчастіше зварюють ацетиленокисневим полум'ям. Як присадний метал застосовують чавунні стрижні діаметром $5\text{...}15$ мм, які містять $3,0\text{...}3,5\%$ вуглецю і $3,0\text{...}4,6\%$ силіцію.

При виправлянні ливарних дефектів у важких товстостінних чавунних виливках або під час ремонту деталей, які потребують наплавлення значних об'ємів металу, застосовують також ручне або напівавтоматичне дугове і електрошлакове зварювання. У ручному зварюванні використовують чавунні електроди з покриттям, яке містить графіт, феросиліцій та інші компоненти.

Гаряче зварювання роблять із попереднім підігрівом до $600\text{--}650^{\circ}\text{C}$, створюють збільшену зварювальну ванну, а процес охолодження здійснюють повільно. Для цього місце зварювання

обкладають листовим азбестом або засипають деревним вугіллям. Зварювання здійснюють вугільним або металевим електродом діаметром 12 мм із чавуну з великим вмістом кремнію (до 3,6 %).

Застосовується також газове зварювання, при якому використовується або чавунний пруток, або пруток із міді. При зварюванні міддю та її сплавами застосовують флюси: буру (50 %), Na_2CO_3 (47 %) та SiO_2 (3 %).

Напівавтоматичне зварювання виконують самозахисним порошковим дротом або із захистом з вуглекислого газу. Для електрошлакового зварювання застосовують пластинчасті електроди з сірого чавуну. Після зварювання деталь повільно охолоджують разом із піччю або засипають сухим піском чи шлаком. Гаряче зварювання чавуну забезпечує найкращу якість зварних з'єднань без зон відбілювання і тріщин. Наплавлений метал після зварювання легко піддається механічній обробці. Цей спосіб застосовують при зварюванні найважливіших деталей, що мають складну форму (блоки циліндрів, станини та ін.).

Напівгаряче зварювання. При такому зварюванні деталь нагрівають тільки частково до температури 250...450 °С (переважно в місцях зварювання). Такий метод застосовують для деталей невеликої товщини і при невеликому об'ємі наплавленого металу. Зварюють ацетиленокисневим полум'ям і рідше – електродуговим способом вугляними електродами. Зварені деталі, як і при гарячому способі, засипають сухим піском або шлаком для повільного остигання.

Холодне зварювання є більш поширеним способом зварювання чавуну. Холодне зварювання чавуну здійснюють без попереднього підігрівання виробу. Для цього найчастіше використовують дугове зварювання сталевими електродами, електродами з кольорових металів (мідними, мідно-залізними, мідно-нікелевими), порошковим дротом. При цьому зварювання ведуть короткими валиками.

У випадку застосування сталевих електродів їх склад вибирають так, щоб був малий вміст вуглецю, а механічна стійкість забезпечувалася легуючими добавками. Для посилення зв'язку в розробку швів закручують сталеві шпильки, які обварюють у першу чергу, а потім з'єднують загальною наплавкою.

Зварювання сталевими електродами застосовують під час ремонту неважливих деталей, які після зварювання не потребують механічної обробки. Більш складні і більш важливі деталі (станини і

рами потужних дизелів, циліндрів газоповітровувних машин, станини верстатів, корпуси електродвигунів великої потужності тощо) ремонтують з установленням на різьбі по кромках деталей сталевих шпильок. Спочатку кільцеподібне обварюють шпильки, потім короткими валиками наплавають усю поверхню кромки і, нарешті, заповнюють увесь об'єм, розчищений під шов. Зварюють електродами невеликого діаметра при малій силі струму так, щоб основний метал не встигав розігріватися.

Зварювання електродами з монель-металу застосовують, коли потрібно одержати м'який метал шва, що легко піддається механічній обробці.

Мідно-залізні електроди являють собою сталевий дріт, покритий мідною трубкою. Електроди покриті спеціальними покриттями. Мідно-нікелеві електроди являють собою стержні з *монель-металу* (70 % Ni, 28 % Cu, 2 % Fe) або мельхіору (80 % Cu, 20 % Ni) із стабілізуючою обмаскою. Мідно-залізні і мідно-нікелеві електроди дають гарну якість зварювання без відбілювання шву. Зварювання чавуну застосовується при виправленні браку в чавунних виливках, при ремонтних роботах, наприклад при зварюванні тріщин у блоках циліндрів двигунів, в станинах верстатів і пресів, а також при виготовленні зварно-литих конструкцій з високоміцних чавунів. Чавун, як відомо, містить більшу кількість вуглецю (3,5-4%), кремнію (0,5-4,5%), сірки (до 0,2%) і фосфору (до 2,0%), ніж сталь, що сильно утруднює його зварювання.

При швидкому остиганні розтопленого чавуну утворюється відбілений чавун, який має велику твердість і крихкість. Високий вміст таких домішок, як сірка і фосфор, ще сильніше знижує пластичність чавуну і збільшує його здатність до утворення тріщин. Тому основними труднощами при зварюванні чавуну є появлення зон відбілювання і утворення тріщин як у наплавленому, так і в основному металі. Щоб цього уникнути, зварювання чавуну слід вести з попереднім підігрівом і з наступним уповільненим охолодженням. Однак, такий метод зварювання дуже трудомісткий і не завжди може бути використаний. Тому в практиці застосовуються три основних способи зварювання чавуну: гарячий, напівгарячий і холодний.

Мідними, мідно-нікелевими і залізо-нікелевими електродами зварюють складні виливки з високоміцного чавуну в основному тоді, коли після зварювання потрібна механічна обробка.

8.6 Зварювання міді та її сплавів

Зварювання міді та її сплавів утруднене тим, що мідь має велику теплопровідність і легко окислюється на повітрі.

Теплопровідність міді майже в шість разів перевищує теплопровідність сталі, мідь інтенсивно поглинає і розчиняє різні гази, утворюючи з киснем оксиди Cu_2O і CuO . Оксид міді з міддю утворює евтектику, температура плавлення якої (1064°C) нижча за температуру плавлення міді (1083°C). При твердінні рідкої міді евтектика розташовується по краях зерен, робить мідь крихкою і схильною до утворення тріщин. Тому основним завданням при зварюванні міді є захист її від окислення і активне розкислення зварювальної ванни.

Найбільш поширене газове зварювання міді ацетиленокисневим полум'ям з допомогою пальників, які в 1,5...2 рази потужніші за пальники для зварювання сталей. Присадним металом є мідні прутки, що містять як розкислювачі фосфор і силіцій. Якщо товщина виробів більша за 5...6 мм, їх спочатку підігрівають до температури $250\text{...}300^\circ\text{C}$. Флюсами при зварюванні є прожарена бура або суміш, що складається з 70 % бури і 30% борної кислоти (або 70 % бури, 10 % борної кислоти, 20 % NaCl). Щоб підвищити механічні властивості і поліпшити структуру наплавленого металу, мідь після зварювання проковують при температурі близько $200\text{...}300^\circ\text{C}$. Потім її знову нагрівають до $500\text{--}550^\circ\text{C}$ і охолоджують у воді.

Мідь зварюють також електродуговим способом вугільними або металевими електродами, у струмені захисних газів, під шаром флюсу, на конденсаторних машинах, способом тертя. У якості електродів застосовуються електролітична мідь з вмістом 0,2 % фосфору і 0,3 % сірки, які розкисляють рідку ванну. Зварювання міді роблять на підвищених режимах із метою зменшення тепловідводу, із підвищеними швидкостями при нахилі мундштука пальника $70\text{--}80^\circ\text{C}$. Зварний шов при $T = 400\text{--}500^\circ\text{C}$ проковують для поліпшення механічних властивостей, а також відпалюють із метою подрібнення зерна.

При зварюванні міді вугільним електродом використовують прутки фосфористої міді з обмазкою флюсом. Зварювання металевим електродом проводиться закритою дугою під шаром флюсу.

Зварювання латуні. Латунь – це сплав міді з цинком (до 50 %). Основне забруднення при цьому – випаровування цинку, в результаті чого шов втрачає свої властивості, в ньому виникають пори. Крім

цього, пари цинку отруйні, тому зварники повинні працювати в спеціальних масках.

Латунь, як і мідь, в основному зварюють ацетиленокисневим окислювальним полум'ям, при якому на поверхні ванни створюється плівка тугоплавкого оксиду цинку, яка зменшує подальше вигорання і випаровування цинку. Флюси використовують такі самі, як і при зварюванні міді. Вони створюють на поверхні ванни шлаки, які зв'язують оксиди цинку і утруднюють вихід парів із зварювальної ванни. Латунь зварюють також в захисних газах і на контактних машинах.

Латунь, так само як і мідь, в більшості випадків зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям. Газове зварювання латуні ведуть окислювальним полум'ям, при якому на поверхні ванни з'являється плівка тугоплавкого оксиду цинку, що зменшує далі вигорання і випаровування цинку. Як присадний метал застосовують латунний дріт з присадкою до 0,5 % кремнію. Флюси використовують ті ж самі, що і при зварюванні міді.

Зварювання бронзи. В більшості випадків бронза – це ливарний матеріал, тому зварювання застосовують при виправленні дефектів або під час ремонту. Найчастіше застосовують зварювання металевим електродом. Присадним металом є прутки того самого складу, що й основний метал, а флюсами або електродним покриттям – хлористі та фтористі сполуки калію і натрію.

При нагріванні бронзи вище температури 500 °С вона втрачає в'язкість і стає крихкою. Для запобігання з'явленню тріщин під час зварювання застосовують попередній підігрів до 300...450 °С. Всі сорти бронзи мають цілком задовільну зварюваність.

Бронзи, що містять олово, найчастіше зварюють ацетиленокисневим полум'ям з застосуванням тих же флюсів, що й при зварюванні міді. Присадним металом служить фосфориста бронза або латунь.

Алюмінієві або алюмінієво-залістисті бронзи краще зварюються електродуговим способом вугільними або металевими електродами. Як присадний метал в цьому випадку застосовують прутки такого ж складу, що й основний метал, а як флюси або електродні покриття – хлористі і фтористі сполуки калію і натрію.

8.7 Зварювання алюмінію та його сплавів

Основними факторами, що утруднюють зварювання алюмінію, є низька температура його плавлення (658 °C), велика теплопровідність (приблизно в 3 рази вища від теплопровідності сталі), утворення тугоплавких оксидів алюмінію AlO_3 , які мають температуру плавлення 2050 °C і густину, що значно перевищує густину алюмінію. Крім того, ці оксиди слабо реагують як з кислотами, так і з основними флюсами, тому погано видаляються зі шва.

При зварюванні алюмінію виникають труднощі в результаті утворення тугоплавкого окису алюмінію, що перешкоджає зварюванню. При твердінні алюміній дає велику усадку, у результаті чого біля шва можуть утворитися тріщини. Найчастіше використовують газове зварювання алюмінію ацетиленокисневим полум'ям. Перед зварюванням алюміній очищають металевими щітками, обезжирюють бензином і каустиковою содою і піддають травленню в розчині $NaOH$ протягом 1 хвилини при 50-70 °C. Для видалення плівки Al_2O_3 при зварюванні застосовують флюси, наприклад АФ-4а, що містить 50 % KCl , 28 % $NaCl$, 14 % $LiCl$ і 8 % NaF . Цей флюс у виді пасти на воді застосовують при газовому зварюванні. Після зварювання його видаляють промиванням водою, потім 5% розчином HNO_3 і 2 % розчином хромпіку, потім знову водою. При зварюванні алюмінію застосовують прутки з алюмінію. Зварювання алюмінію здійснюють із попереднім підгрівом до 250-260 °C із наступним відпалом при $T = 300-350$ °C.

Електродугове зварювання ведуть металевим електродом з алюмінію з обмазкою із хлористих і фтористих солей на постійному струмі оберненої полярності. Автоматичне зварювання ведуть під шаром флюсу алюмінієвим електродом. При цьому застосовують мідні або сталеві підкладки, тому що рідкий алюміній при $T = 400-500$ °C має малу стійкість і може зруйнуватися під дією особистої ваги. Найбільш широко застосовують зварювання алюмінію в захисних газах із вольфрамовим електродом (при малих товщинах) або алюмінієвим електродом на постійному струмі зворотної полярності.

Останніми роками значно поширилось також автоматичне дугове зварювання металевими електродами під флюсом і в середовищі аргону. При всіх способах зварювання, крім аргонодугового, застосовують флюси або електродні покриття, до складу яких входять фтористі і хлористі сполуки літію, калію, натрію

та інших елементів. Під впливом флюсів Al_2O_3 переходить у леткий $AlCl_3$, що має низьку густину і самосублімується при температурі 183 °С. Як присадний метал при всіх способах зварювання використовують дріт або стрижні того самого складу, що й основний метал.

Зварювання сплавів алюмінію. До сплавів алюмінію, які широко застосовуються в техніці, належать алюмінієво-марганцевисті, алюмінієво-магнієві, алюмінієво-мідні і алюмінієво-кремністі. Перші два сплави мають хорошу зварюваність і їх зварюють аналогічно алюмінію. При зварюванні сплаву АМц застосовують пруток АК, що містить 5 % кремнію.

Гірше зварюються два інших сплави – дуралюміни (сплави алюмінію з міддю) і силумін, які звичайно зварюють ацетиленово-кисневим полум'ям.

Дуралюміни термічно зміцнюються після гартування і наступного старіння. При нагріванні понад 350°C у них відбувається зниження міцності, яке не відновлюється термічною обробкою. Тому при зварюванні дуралюміну в зоні термічного впливу міцність зменшується на 40...50%. Якщо дуралюмін зварювати в захисних газах, то таке зниження може бути відновлене термічною обробкою до 80...90% відносно міцності основного металу.

8.8 Зварювання магнієвих сплавів, нікелю, титану та інших кольорових металів

Зварювання магнієвих сплавів. Із магнієвих сплавів для зварних конструкцій використовують переважно магнієво-манганові, які краще за інші зварюються за допомогою контактної газової і аргонодугового зварювання. При газовому зварюванні обов'язково застосовують фторидні флюси, які на відміну від хлоридних не спричиняють корозії зварних з'єднань. Дугове зварювання магнієвих сплавів металевими електродами через низьку якість зварних швів до цього часу не застосовується.

При зварюванні магнієвих сплавів спостерігається великий ріст зерна у навколошовних ділянках і сильний розвиток стовпчастих кристалів у зварному шві. Тому границя міцності зварних з'єднань становить 55 - 60% границі міцності основного металу.

Зварювання нікелю. Нікель і деякі його сплави зварюють вольфрамовим електродом в аргоні, дуговим зварюванням покритими

електродами під флюсом. Зварювання в аргоні виконують на постійному струмі при прямій полярності. При ручному, як і при автоматичному зварюванні під флюсом, як присадний метал використовують дріт того самого складу, що й основний метал. На електродні стрижні наносять покриття типу УОНИ-13/45; автоматичне зварювання здійснюється під фторидними флюсами.

Зварювання титану. Титан зварюють вольфрамовими електродами в середовищі інертних газів і плавкими металевими електродами під фторидними і хлоридними флюсами, які не містять кисневих сполук. Зварювання в середовищі інертних газів ведуть на постійному струмі прямої полярності, а зварювання під флюсом – на постійному струмі зворотної полярності. Газове зварювання для титану і його сплавів не застосовується.

Зварювання свинцю. Свинець зварюють ацетиленокисневим і воднево-кисневим полум'ям. Зварювання виконують в нижньому положенні із застосуванням присадного металу або без нього.

Зварювання цирконію, танталу, ніобію і молібдену. При виготовленні конструкцій з цирконію, танталу і ніобію найбільш поширене зварювання в аргоні і гелії вольфрамовими і плавкими електродами, а також електронним променем у вакуумі.

Молібден зварюють як електронним променем у вакуумі, так і вольфрамовими електродами в камерах з контрольованою атмосферою. Як контрольовану атмосферу використовують захисні інертні гази – аргон або гелій, якими заповнюються вакуумні камери.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке «зварюваність»?
2. Який хімічний елемент найбільш впливає на зварюваність вуглецевих сталей?
3. Наведіть основні особливості зварювання маловуглецевих та середньовуглецевих сталей.
4. Які існують способи зменшення термічного впливу у зоні зварювання для низьколегованих сталей?
5. Наведіть особливості зварювання хромистих сталей.
6. Наведіть особливості зварювання хромонікелевих аустенітних сталей.
7. Наведіть особливості зварювання марганцевих сталей.

8. Як слід підготувати поверхні зварюваних деталей?
9. Які існують способи та прийоми зварювання чавунів?
10. Що являє собою гаряче, напівгаряче та холодне зварювання чавуну?
11. Особливості зварювання із застосуванням монель-металу.
12. Особливості зварювання міді.
13. Які флюси застосовуються при газовому зварюванні мідних сплавів?
14. Особливості зварювання латуней та бронз.
15. Зварювання алюмінію та його сплавів.
16. Зварювання магнієвих сплавів: способи та флюси.
17. Особливості зварювання нікелю, титану, свинцю, цирконію, танталу, ніобію і молібдену.

РОЗДІЛ 9. СТРУКТУРА МЕТАЛУ ШВА І ЗОНИ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ

При зварюванні плавленням під впливом теплоти дуги або газозварювального полум'я на зварюваному металі утворюється ванна рідкого металу – зварювальна ванна, що є сплавом основного і присадного металів. У міру переміщення джерела теплоти, а також внаслідок відведення теплоти з ванни в масу зварюваного металу і теплообміну з навколишнім середовищем температура металу зварювальної ванни знижується, і в ній починається процес кристалізації. Центрами кристалізації є нерозплавлені кристали основного металу на межі зварювальної ванни. Кристали ростуть у напрямі, зворотному відведенню теплоти, тобто від стінок основного металу до центра шва. При зварюванні сталі первинна структура зварного шва крупнокристалічна, дендритна, здебільшого має форму стовпчастих кристалів (рис. 9.1).

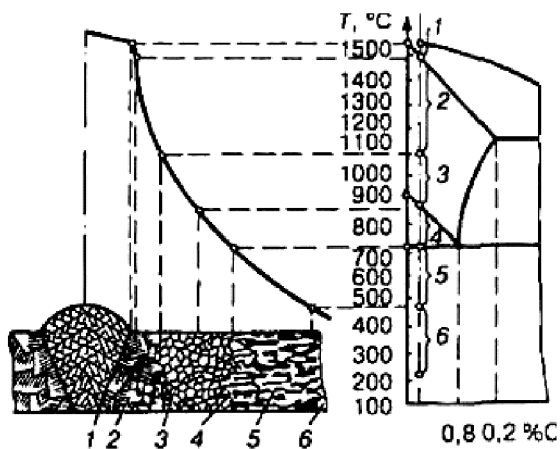


Рис. 9.1. Схема будови зварного шва і зони термічного впливу

При повторному нагріванні металу шва до температури приблизно 900...950 °С і швидкому охолодженні стовпчастих структура перетворюється на дрібнозернисту рівноважну. Тому при багатозаровому електродуговому зварюванні структура перших і наступних шарів дрібнозерниста і рівноосна, а останнього, тобто

верхнього, шару – стовпчаста зі зниженими механічними властивостями.

9.1 Структура зони термічного впливу

Частина основного металу, яка близько прилягає до металу зварного шва, називається *зоною термічного впливу*. В процесі зварювання вона піддається нагріванню до високих температур і наступному охолодженню. Окремі ділянки її нагріваються до різних температур і тому мають різну структуру. При зварюванні маловуглецевої сталі в зоні термічного впливу розрізняють такі ділянки (рис. 9.1):

1 – вузька смужка *зони сплавлення* основного металу, нагрітого до температури плавлення з розплавленим присадним металом. Ця ділянка має крупнокристалічну будову і незначні лінійні розміри;

2 – *зона перегріву*. Температура нагрівання металу в ній становить 1100...1500 °С. Вона характеризується крупнозернистою і навіть *відмаништеттовою*, або *зернисто-голчастою*, структурою, яка має знижені механічні властивості;

3 – *зона нормалізації*. Метал у ній нагрівається приблизно до 900...1100 °С і має дрібнокристалічну будову та підвищені механічні властивості;

4 – *зона неповної перекристалізації*. Для маловуглецевої сталі це відповідає нагріванню до температури між точками A_{C1} і A_{C3} . В інтервалі цих температур відбувається лише часткова перекристалізація основного металу, яка характеризується тим, що поряд з великими зернами, які ще не перекристалізувалися, утворюються нові, дрібніші зерна, які зазнали перекристалізації. Механічні властивості металу, що має таку структуру, дещо знижені;

5 – *зона рекристалізації* (450...727 °С). В цьому інтервалі температур укрупнюються роздрібнені зерна, що утворилися під дією попередньої пластичної деформації;

6 – *зона синьоламкості*. Тут метал нагрівається до температури 200...450 °С і за своєю структурою не відрізняється від структури основного металу, але порівняно з ним він менш пластичний.

Зона термічного впливу, як і структурні зміни на окремих ділянках, залежить від способів та режимів зварювання і типу зварюваного матеріалу. В процесі дугового зварювання маловуглецевих сталей зона термічного впливу не перевищує 6...10 мм, у

газовому зварюванні її лінійні розміри збільшуються до 25...28 мм. Якщо зварюють маловуглецеві сталі, то структурні зміни в зоні термічного впливу майже не знижують механічних властивостей зварних з'єднань. Під час зварювання сталей з підвищеним вмістом вуглецю або легуючих домішок у зоні впливу утворюються гартівні структури, а іноді й гартівні тріщини. Тому, щоб мати оптимальні властивості зони термічного впливу цих сталей, суворо дотримуються заданого режиму зварювання, а іноді застосовують попереднє підігрівання або наступну термічну обробку. Термічна обробка сприяє також перетворенню дендритної структури в металі шва і відманштеттової у зоні термічного впливу на зернисту структуру, завдяки чому пластичні властивості зварних з'єднань значно підвищуються.

РОЗДІЛ 10. НАПРУЖЕННЯ І ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

10.1 Значення напружень і деформацій у зварних конструкціях

Сварка забезпечує найміцніше і надійне з'єднання, якщо проведена правильно. Однак, при порушенні технології, в конструкції виникають напруги і деформації, викликані зварювальним процесом. Спотворюється форма і розміри виробу, в результаті чого воно не може виконувати свої функції.

Що таке напруга? Зварювальну напругу визначають як силу, що діє на одиницю площі виробу. Вона може бути розтягуючою, вигинаючою, обертаючою, стискаючою або зі зрізаючими зусиллями. Ці сили досягають таких величин, що в процесі експлуатації напруги і деформації в окремих деталях призводять до руйнування всієї конструкції. Крім цього відбувається зниження антикорозійних властивостей, змінюються геометричні розміри і жорсткість конструкції.

Напруги і деформації бувають *тимчасовими і залишковими*. Які зварювальні деформації називають тимчасовими, а які залишковими визначається просто. Тимчасові з'являються під час зварювання деталей, другі з'являються і залишаються після закінчення зварювання і охолодження конструкції.

Поява в деталях і конструкціях зварювальних, або внутрішніх, напружень, спричинених зварюванням, небезпечна, оскільки, додаючись до напружень, що виникають від зовнішніх зусиль, вони можуть досягти значень, більших за допустимі. У такому разі в зварних швах або навколошовних ділянках можуть утворитися тріщини, які іноді призводять до руйнування зварної деталі чи конструкції.

Деформації або короблення, більші за допустимі, потребують наступного правління або механічної обробки, що значною мірою ускладнює процес виготовлення зварних конструкцій і знижує економічність зварювання.

10.2 Причини виникнення напружень і деформацій

Причинами виникнення напружень і деформацій є нерівномірне нагрівання основного металу; ливарна усадка металу зварного шва і зміна об'єму металу в зоні термічного впливу при структурних перетвореннях металу.

Одним з властивостей металів є їх здатність розширюватися при підвищенні температури і стискатися при охолодженні. При плавленні в області зварювального з'єднання з'являється неоднорідна термозона. Вона викликає напруги, стискає або розтягує, отже, впливає на властивості. Якщо ці напруги перевищують межу текучості металу, то відбувається зміна форми виробу, виникають залишкові деформації. Різновиди деформацій залежать від того, в яких обсягах вони проявляються. Виділяють три роди деформацій. Деформації першого роду діють в макрооб'ємах, деформації другого роду відбуваються в межах кристалічних зерен, а третього роду відбуваються в кристалічній решітці металу.

Деформації та напруги при зварюванні виникають і при кристалізації зварного шва, коли відбувається усадка рідкого металу. Обсяг остигаючого рідкого металу зменшується, це викликає напруження всередині металу. Паралельно і перпендикулярно вісі зварювального шва формуються напруги, які викликають зміну форми виробів. Поздовжні сили викликають зміни довжини зварного шва, а поперечні призводять до кутових деформацій.

При перевищенні певних граничних температур при зварюванні вуглецевих і легованих сталей відбуваються їх структурні

перетворення. У них з'являється інший питомий об'єм і змінюється коефіцієнт лінійного розширення, що призводить до величезних зварювальних напружень. Найбільші з них виникають в легованих сталях. У них утворюються гартівні структури, які при охолодженні не повертаються до колишньої структури металу, як в більшості випадків, а зберігають колосальні напруги можуть привести до руйнування зварного шва. Для цих сплавів розробляються спеціальні технологічні процеси, що знижують залишкові напруги і деформації.

Нерівномірне нагрівання основного металу є результатом нагрівання до високих температур лише тієї частини металу, що безпосередньо межує зі зварним швом. Вільній зміні її об'єму перешкоджають сусідні, холодніші ділянки, внаслідок чого в ділянках, що нагріваються, виникають напруження стискання, а в холодних – напруження розтягнення. При досягненні границі текучості, що, як правило, й відбувається в зварюванні, в нагрітих ділянках виникають пластичні деформації. Під час охолодження металу в цих зонах виникають напруження розтягнення, які є вже залишковими, або внутрішніми, напруженнями, що призводять до появи в зварних виробках деформацій або короблень.

Ливарна усадка металу шва може бути поздовжньою і поперечною. Прикладом поздовжньої може бути усадка, що виникає при зварюванні встик двох листів великої довжини. В процесі зварювання внаслідок поздовжньої усадки зменшується зазор між кромками листів. Коли кромки зйдуться впритул, то при невеликій товщині листів вони почнуть наповзати один на одного (рис. 10.1, а).

Прикладом поперечної усадки може бути зварювання встик листів із V-подібним розкриттям кромки. Оскільки об'єм наплавленого металу з широкого боку шва більший, то й усадка тут буде більшою. Через це листи після зварювання деформуються так, як це показано на рис. 10.1, б.

Зміна об'єму металу внаслідок структурних перетворень відбувається в зоні термічного впливу головним чином при зварюванні металів, схильних до гартування. Напруження, що виникають при цьому, можуть бути настільки значними, що часто саме вони є причиною утворення тріщин при зварюванні деталей з цих металів.

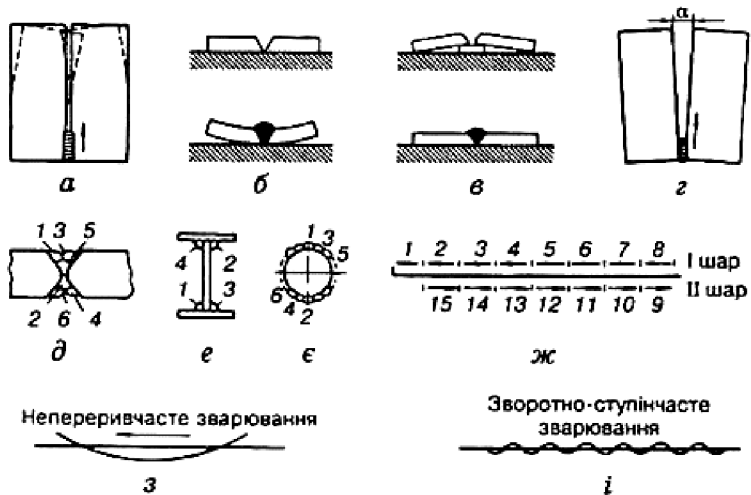


Рис. 10.1. Види деформацій зварюваних виробів та деякі способи їх зменшення

Для попередження шкідливих впливів зварювальних деформацій необхідно дотримуватися таких правил і провести кілька заходів:

- зварних швів повинно бути мінімум, і вони повинні бути якомога коротше;
- кількість пересічних і разнотовщинних швів так само зводять до мінімуму;
- зварювальні з'єднання роблять з плавним переходом товщини;
- метал наплавляють в мінімальній кількості;
- в найнапруженіших місцях конструкції шви зовсім не роблять;
- залишають припуск на усадку.

10.3 Способи зменшення напружень і деформацій

Способи зменшення напружень і деформацій – це попереднє підігрівання деталі, а після зварювання – відпалювання, або нормалізація. Є й інші способи.

Необхідно правильно вибирати спосіб зварювання, який залежить від зварюваності матеріалів, енергії та режиму. Щоб

зменшити зону прогріву, потрібно збільшити швидкість зварювання. Для збільшення глибини зварювання (прогрів в товщину) необхідно збільшити силу струму.

Для зменшення шкідливих впливів нагріву в зоні зварювання зварнику необхідно по можливості уникати прихваток. Позитивний результат дає використання затискачів та інших зварювальних пристосувань. Вони дозволяють зберегти рухливість деталей при зварюванні в поздовжньому напрямку і перешкоджати кутовому переміщенню. Заготовки розташовують таким чином, щоб виникаючі при охолодженні зварювальні деформації були протилежні напруженням.

Для зменшення залишкових напруг і деформацій треба використовувати попереднє нагрівання. Крім цього потрібно правильно вибрати технологію зварювання. Послідовність накладення швів повинна врівноважувати виникають напруги. Накладати шви треба так, щоб зварювані деталі мали найбільшу рухливість. У процесі зварювання проводять проковку зварного шва, яке деформує зварене з'єднання, яке холодне, і зменшує вплив усадки.

Попереднє підігрівання зменшує різницю температур між не-нагрітим і нагрітим до високих температур основним та розплавленим присадним металом і цим сприяє зниженню внутрішніх напружень. Підігрівають ті деталі, метал яких чутливий до термічної обробки. Температура підігріву визначається властивостями металу. Так, при зварюванні різних сталей вона становить 100...600 °С, при зварюванні чавуну – 500...800 °С, алюмінію – 250...270 °С, бронзи – 300...400 °С. Підігрівання може бути загальним і місцевим.

Відпалювання після зварювання знімає внутрішні напруження і сприяє підвищенню пластичності зварних швів. Сталі, схильні до гартування, іноді піддають відпусканню після зварювання при температурі 300...400 °С. Цим знімають напруження від структурних перетворень.

Для зменшення деформацій застосовують так званий метод зворотних деформацій, зрівноважування і рівномірне розподілення деформацій, жорстке закріплення та інші заходи.

Метод зворотних деформацій полягає в тому, що деталі перед зварюванням установлюють з урахуванням наступної деформації (рис. 10.1, в) або деформують у зворотному напрямі (рис. 10.1, г) на величину a деформації, яку зумовить зварювання.

Зрівноважування деформацій застосовують у зварюванні Х-подібних (рис. 10.1, д) або таврових (рис. 10.1, е) з'єднань, а також зварюванні труб, наплавленні валів (рис. 10.1, є) та інших деталей.

При вказаній (цифрами) на рисунках послідовності накладання швів наступні шви спричиняють деформації, протилежні тим, що виникли у попередніх швах. У результаті такого методу зварювання деформації значно зменшуються.

Рівномірного розподілення деформацій досягають поділом довгих швів на окремі короткі ділянки, які зварюють зворотноступінчастим методом (рис. 10.1, ж). У цьому разі деформація, яка виникає при непереривчастому зварюванні (рис. 10.1, з), рівномірно розподіляється по всій довжині шва і стає зовсім незначною (рис. 10.1, і).

Жорстке закріплення звичайно використовують, зварюючи складні деталі. При цьому застосовують спеціальні пристрої. Жорстке закріплення перешкоджає коробленню деталей, тоді як зусилля, що виникають у процесі зварювання, спричиняють утворення пластичної деформації нагрітого металу. Після закінчення зварювання, незважаючи на великі внутрішні напруження, деформація не може значно зрости, оскільки вся система стає досить жорсткою. Для зняття внутрішніх напружень застосовують наступне відпалювання.

10.4 Основні заходи щодо зменшення деформацій і напружень при зварюванні

При зварюванні виробів неможливо повністю уникнути залишкових деформацій. При всебічному затисканні можна лише звести деформації виробу (до кінця охолодження) до мінімальної величини.

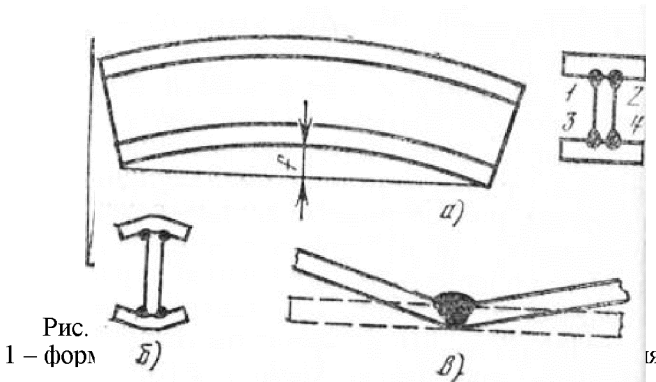


Рис. 1 – форма

Рис. 10.3. Деформації поза площиною зварних з'єднань

Всебічне защемлення при зварюванні виробу практично здійснити важко, тому такий спосіб боротьби із зварювальними деформаціями майже не застосовують. Використовуються тільки такі способи, які дозволяють отримувати зварні вироби з мінімальними залишковими деформаціями. Деякі способи боротьби з деформаціями виробу призводять до зростання внутрішніх напруг, наприклад, закріплення деталей, що здійснюється перед зварюванням.

Для боротьби зі зварювальними деформаціями застосовуються *конструктивні і технологічні способи*. До *конструктивних способів* відносяться:

1. Зменшення кількості зварних швів і їх перетину, що знижує кількість введеного при зварюванні тепла. Тому мінімальна деформація конструкції буде при найменших протяжності і перетині швів, наприклад резервуари виготовляють в даний час з невеликих листів або з попередньо зібраних в заводських умовах смуг і карт.

2. Симетричне розташування швів для врівноваження деформацій (рис. 10.4).

3. Симетричне розташування ребер жорсткості.

4. Мінімальне використання накладок і косинок.

5. Застосування стикових з'єднань.

До *технологічних способів* відносяться:

1. *Раціональна технологія складання і зварювання*, яка включає правильний вибір виду і режиму зварювання, а також правильну послідовність накладення швів. Наприклад, при ручному зварюванні деформація вдвічі більше, ніж при автоматичному.

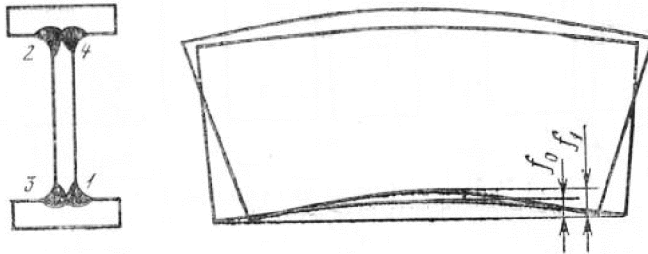


Рис. 10.4. Вплив симетричних швів на деформації:

1, 2, 3, 4 – порядок накладення швів

З'єднання без скосу кромки дають менші деформації, ніж з'єднання з обробленням кромки. З'єднання з двостороннім скосом кромки утворюють менші деформації, ніж з'єднання з одностороннім скосом. Величина деформації залежить від способу збирання і прихватки. Деталі збираються з жорстким кріпленням, що не допускає будь-якого зміщення однієї деталі щодо іншої або з еластичним, допускає зміщення деталей. Жорстке кріплення деталей здійснюється зварювальними прихватками в окремих місцях шва (рис. 9.5, а) або жорсткими складально-зварювальними пристроями.

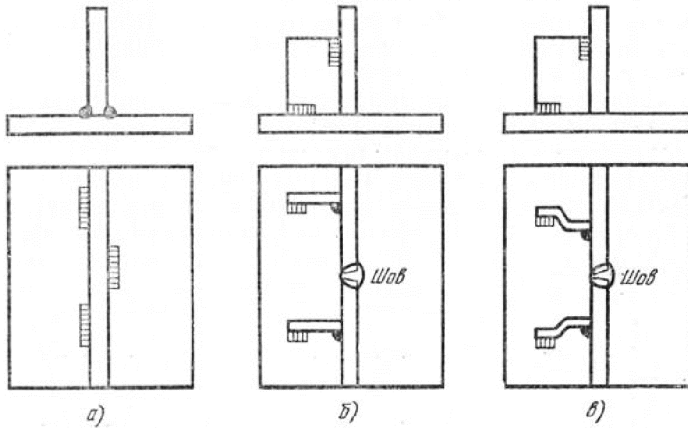


Рис. 10.5. Складання на прихватках:
а – жорсткі прихватки; б, в – еластичні прихватки

Збірка з еластичним кріпленням проводиться спеціальними пластинами, тимчасово прихоплює до деталей на деякій відстані від осі шва (рис. 10.5, б, в). Жорстка збірка призводить до меншої кінцевої деформації в порівнянні з еластичною.

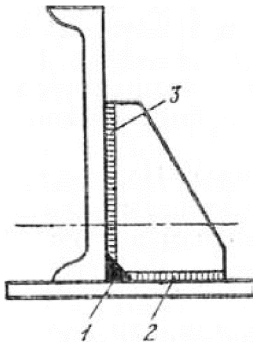


Рис. 10.6. Правильна послідовність зварювання вузла:
1 – поздовжній шов;
2, 3 – поперечні шви

На величину кінцевих деформацій впливає послідовність накладення швів. Наприклад, найменша стріла прогину вузла, показаного на рисунку 10.6 буде при такій послідовності виконання швів: спочатку – поперечний шов, потім – поздовжній і після нього – поперечний вертикальний.

2. *Жорсткі закріплення деталей.* Зібраний виріб повністю зварюється, якщо закріплений на фундаменті, плиті або пристосуванні, які мають жорсткість, в кілька разів більшу в порівнянні зі звареним виробом. Після зварювання і повного охолодження виробу затискачі видаляються. Після звільнення виробу деформація буде менше, ніж при зварюванні в вільному стані. Закріпленням можна знизити зварювальні деформації на 10-30 % в залежності від ряду умов. Цей спосіб дає найбільший ефект при зварюванні балок малої висоти і найменший – при зварюванні високих балок (1000 мм і більше).

Закріплення рекомендується при зварюванні плоских листів для запобігання кутових деформацій. Листи можна притискати поблизу шва, наприклад, електромагнітними притисками. Чим тонші зварюються листи, тим доцільніше їх закріплення, з тим щоб уникнути також і випинання.

Повністю усунути деформації закріпленням неможливо, так як при звільненні від затиску зварний виріб продовжує деформуватися за рахунок сили, сконцентрованої на ділянці металу з пластичною деформацією.

3. *Зворотний вигин деталей.* Зварювані деталі попередньо згинають перед зварюванням на певну величину f в зворотну сторону (рис. 10.7) порівняно з вигином, що викликається зварюванням. Цей прийом використовується при зварюванні вузлів таврового перетину. Величина вигину встановлюється досвідченим або розрахунковим шляхом. Зворотний вигин перед зварюванням виконують з додаванням зусилля в межах пружного, пружно-пластичного і пластичного стану.

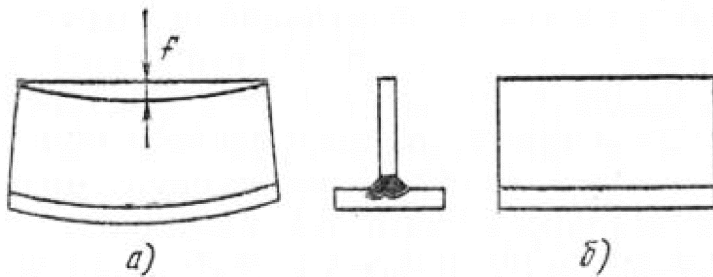


Рис. 10.7. Зворотний вигин елемента тавра: а – збірка тавра з зворотним вигином, б – форма тавра після зварювання

Зварювання виробу з пружним вигином проводиться в особливих силових пристроях. Виріб з пластичним вигином зварюється у вільному стані. Однак, для отримання пластичного вигину потрібно потужне обладнання; тому такий спосіб рідко застосовується в зварювальному виробництві. Користуючись зворотним вигином, можна повністю усунути кінцеві деформації зварних виробів.

4. Правильний тепловий режим. Для зменшення деформації виробів, особливо з малопластичних металів, наприклад чавуну або сталей, що гартуються, можна застосовувати попередній підігрів зони зварювання шириною 40-50 мм з кожного боку шва. При цьому знижується перепад температур між ділянками зварного з'єднання, що піддаються сильному нагріванню при накладенні шва, і, отже, зменшуються напруги і кінцеві деформації. Температура попереднього підігріву встановлюється в залежності від хімічного складу металу, його товщини і жорсткості конструкції, наприклад: для сталі – 400-600 °С, для чавуну – 500-800 °С, для алюмінієвих сплавів – 200-270 °С, для бронзи – 300-400 °С. При зварюванні особливо відповідальних конструкцій з низьковуглецевих сталей товщиною понад 40 мм встановлюють температуру підігріву 100-200°С, при зварюванні низьколегованих сталей товщиною понад 30 мм – 150-200 °С.

Попередній підігрів виконують газовими пальниками, електричними або індукційними нагрівачами. Можна застосовувати також супутній підігрів.

5. *Багатошаровий і зворотноступінчастий шви.* Послідовне запровадження менших кількостей тепла застосуванням багатошарових швів замість одночасного при одношаровому шві сприяє вирівнюванню нагріву зварного з'єднання і зменшує зварювальні напруги і деформації. Зворотно-ступінчастий спосіб полягає в тому, що всю довжину шва розбивають на окремі сходинки і зварювання кожної сходинки проводиться в напрямку, зворотному загальному напрямку зварювання. Цей спосіб забезпечує більш рівномірне нагрівання металу шва по всій його довжині і мінімальні зварювальні деформації і напруги (рис. 10.8).

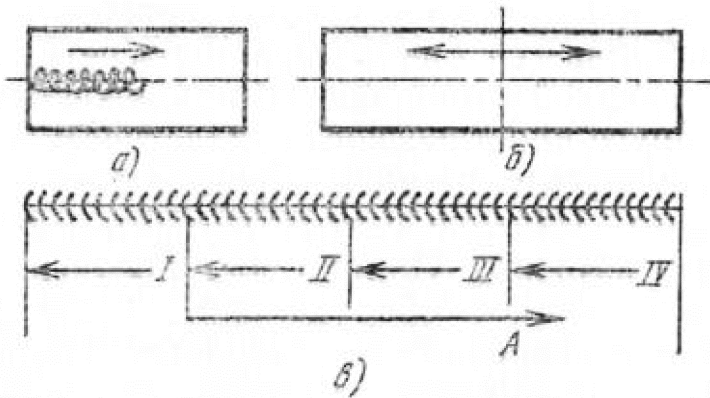


Рис. 10.8. Схеми заповнення швів по довжині:
a – на прохід; *б* – від середини до країв;
в – зворотноступінчастий; I, II, III, IV – сходинки.

Довжина сходинки при зворотно-ступінчастому зварюванні залежить від товщини металу, форми, жорсткості виробу, що зварюється. Вона вибирається в широких межах (100 – 400 мм). Чим тонше зварюваний метал, тим менше довжина сходинки. Часто довжину зварюваної сходинки розраховують по довжині шва, що виходить від одного або двох електродів.

6. *Примусове охолодження в процесі зварювання.* Зменшуючи зону нагрівання при зварюванні створенням швидкого та інтенсивного відведення тепла, можна значно зменшити залишкові деформації. Відведення тепла здійснюють, занурюючи виріб в воду і

залишаючи на повітрі тільки дільницю зварювання. Цей спосіб придатний для низьковуглецевих сталей, які за хімічним складом не гартуються. В інших випадках можна застосовувати масивні підкладки під швом з міді або мідних сплавів, які володіють високою теплопровідністю. Ці підкладки можна додатково охолоджувати циркулюючою усередині водою. Мідні підкладки дають хороші результати при зварюванні, наприклад, нержавіючих сталей невеликої товщини.

7. Застосування зовнішньої сили, що розтягує. Зовнішня сила, що розтягує, прикладена до кінців зварюваного виробу, наприклад двотаврової балки, дозволяє звести до нуля вкорочення нагрітого металу обтисканням (осадкою). Цим усувається кінцева зварювальна деформація у напрямку дії сили. Сила усадки при зварюванні виробу сприяє вкороченню, а зовнішня сила, що розтягує – подовженню волокон металу. Якщо волокна металу будуть деформуватися в напрямку сили, що розтягує, то при правильно підібраній величині цієї сили можна домогтися повного усунення кінцевих деформацій зварного виробу.

Цей спосіб боротьби з деформаціями цілком доцільний, проте рідко використовується через відсутність відповідного силового обладнання.

8. Місцева силова обробка зварних швів і біляшовної зони. Зниження зварювальних деформацій і напружень в зварних з'єднаннях досягається куванням (ударною силою), обкаткою (статичною силою), вібраційним тиском (пульсуючою силою) і іншими силовими впливами. Всі види силової обробки металу шва і біляшовної зони створюють місцеву пластичну деформацію подовження, яка є зворотною деформації укорочення від зварювання. В результаті цього зварний виріб набуває первісних форми і розмірів.

Кування проводиться ручним або механічним молотком масою 5-15 кг; холодне кування виконується при температурі 20-200 °С, гаряче – при температурі 450-1000 °С (для сталі). Кування сталі в температурному інтервалі 200-450 °С не рекомендується з огляду на її низьку в'язкість і можливість утворення тріщин.

У разі ручного зварювання штучними електродами і під час гарячого кування слід виконувати шви довжиною 150-200 мм і відразу ж після зварювання проковувати їх. При багатопрхідному або багатопрохідному зварюванні проковування проводиться після кожного

проходу або накладення шару, за винятком першого і останнього (декоративного). Перший, кореневий шов, проковувати не можна, так як він має малий перетин, і при ударі в ньому виникнуть тріщини. Верхній, тонкий декоративний шар викликає досить незначні деформації; крім того, кування погіршить зовнішній вигляд шва. У разі ручного зварювання з подальшим холодним проковуванням слід виконувати шви заданої довжини і проковку вести при температурах не вище 200 °С молотком масою 5-15 кг. При виготовленні зварних конструкцій час кування перевищує час зварювання в 1-2 рази, тому кування застосовується рідко.

Широко застосовується кування в ремонтних зварювальних роботах. Воно покращує структуру металу, ущільнює його і цим збільшує корозійну стійкість і підвищує механічні властивості зварного з'єднання. Метали, які мають малу пластичність при високих температурах, повинні куватися в холодному стані. Кування гартівних при зварюванні сталей не рекомендується через можливість появи тріщин.

Зварний виріб виправляється від кінцевих деформацій (викривлення) механічною або термічною правкою. Сутність правки полягає в доданні виробу нових деформацій, що знищують первинні, що виникли від зварювання. Механічна правка виробу виконується вручну важким молотком або на верстатах і пресах, а термічна – місцевим нагріванням виробу газовим полум'ям. Місцевий нагрів розширює метал, а сусідній холодний метал надає розширенню гарячого металу опір, в результаті чого в гарячому металі виникають пластичні напруги стиснення. Після охолодження нагрітої ділянки його розміри зменшуються в усіх напрямках, що призводить до зменшення або повного зникнення деформації. Для отримання максимального ефекту можна робити нагрів з одночасним охолодженням сусідніх ділянок водою.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку структуру має верхній шар при багат шаровому зварюванні?
2. Які основні ділянки розрізняють у зоні термічного впливу при зварюванні?

3. Чому дорівнює ширина зони термічного впливу маловуглецевих сталей при електродуговому та газовому зварюванні?
4. Які приймаються міри для отримання оптимальних властивостей зони термічного впливу при зварюванні сталей з підвищеним вмістом вуглецю?
5. До чого можуть призвести напруги та деформації у зварних конструкціях?
6. Які бувають напруги та деформації? Як їх розрізнити?
7. Наведіть причини виникнення напружень і деформацій.
8. Наведіть три різновиди деформацій. Де вони виникають?
9. Які сталі мають найбільшу схильність до зварювальних напружень?
10. До чого призводить нерівномірне нагрівання при зварюванні?
11. Яка буває ливарна усадка зварюваного шва?
12. Які існують заходи щодо попередження впливу зварювальних деформацій?
13. Для чого виконують попереднє прогрівання при зварюванні?
14. Для чого виконується відпалювання та що воно собою являє?
15. Для яких з'єднань застосовується метод зрівноважування деформацій?
16. Що являє собою метод рівномірного розподілення деформацій?
17. Коли використовується жорстке закріплення?
18. Наведіть конструктивні способи боротьби зі зварювальними деформаціями.
19. Наведіть технологічні способи боротьби зі зварювальними деформаціями.

РОЗДІЛ 11. ПАЯННЯ МЕТАЛІВ

11.1 Фізична суть паяння

Паяння металів – це процес з'єднання металевих виробів, який ґрунтується на властивості розплавленого присадного металу

(припою), що має меншу, ніж основний метал, температуру плавлення, проникати в поверхневі шари основного металу, нагрітого до температури плавлення припою. Після остигання оплавленого припою створюється міцне нероз'ємне з'єднання. Залежно від температури плавлення припою розрізняють паяння м'якими і твердими припоями.

11.2 Паяння м'якими припоями

До м'яких належать припої, температура плавлення яких не перевищує 450 °С. Для паяння майже всіх металів використовують олов'яно-свинцеві припої марок ПОС90, ПОС40, ПОС30, які містять відповідно 90, 40 і 30 % олова і мають температуру плавлення 180...260°С. М'які припої забезпечують границю міцності 50...70 МПа.

Щоб захистити нагрітий основний метал і розплавлений припій від окислювання, а також розчинити утворювані оксиди і сприяти розтіканню рідкого припою по поверхні місця спаювання, застосовують такі флюси, як каніфоль і хлористий цинк ($ZnCl_2$) або суміш хлористого цинку з хлористим амонієм. М'які припої виготовляють у вигляді прутків, дроту, порошку та ін.

Нагрівають виріб і розплавляють припій звичайно паяльниками, робоча частина яких виготовляється з міді і має клиноподібну форму. Паяльники нагрівають у горнах, паяльними лампами або газовими паяльниками, проте найчастіше з цією метою застосовують електронагрівання. Паяння м'якими припоями можливе і при зануренні виробів у ванну з розплавленим припоєм.

Щоб мати якісні з'єднання, поверхню виробів у місці спаювання треба ретельно очистити механічним або хімічним способом; зазор не повинен перевищувати 0,1 мм.

11.3 Паяння твердими припоями

Тверді припої мають температуру плавлення понад 450°С. До них належать мідно-цинкові припої типу ПМЦ, олов'яно-силіцієві латунні типу ЛОС, срібні припої типу ПСр, мідно-фосфористі, мідно-силіцієві, мідно-нікелеві, звичайні латунні припої і чиста мідь.

Для паяння виробів особливо відповідального призначення часто застосовують такі мідно-срібні припої, як ПСр-25, ПСр-45, що містять 25 і 45% срібла (решта – мідь і цинк). Срібні припої мають температуру плавлення 780...830°C.

При паянні твердими припоями границя міцності з'єднань досягає 400...500 МПа. Як флюси використовують буру ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), борну кислоту (H_3BO_3) або їх суміші, хлористий цинк та ін. Вироби нагрівають зварювальними пальниками, в соляних ваннах, нагрівальних печах з нейтральною, відновною або захисною атмосферою, на контактних електричних машинах і високочастотних установках. Зазор між виробами в цьому разі не повинен перевищувати 0,05...0,08 мм.

11.4 Галузі застосування і переваги паяння металів

Паянню добре піддаються всі вуглецеві та леговані сталі, в тому числі корозієстійкі та інструментальні, тверді сплави, сірі і ковкі чавуни, кольорові метали та їхні сплави, благородні й рідкі метали. До переваг паяння належать простота і дешевизна способу з'єднання, зручність автоматизації і механізації, відсутність зони розплавлення і незначне нагрівання основного металу, що забезпечує сталість хімічного складу і механічних властивостей з'єднань. Усе це сприяє широкому застосуванню паяння в різних галузях промисловості: в автомобільній, тракторній, приладобудівній і авіаційній, у виробництві велосипедів і мотоциклів тощо.

РОЗДІЛ 12. НАПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

12.1 Суть процесу і способи наплавлення

Наплавлення – це процес нанесення шару сплаву потрібного складу і властивостей на робочу поверхню виробу. Наплавлення широко застосовують при виготовленні нових та відновленні

спрацьованих поверхонь, для утворення поверхневого шару, який мав би високу твердість і стійкість до спрацьовання, потрібну жаро- або кислотостійкість тощо.

Є багато різних способів наплавлення, проте найбільш поширені такі: ручне дугове, автоматичне та напівавтоматичне дугове, газовим полум'ям, плазмовою дугою, вібродугове, струмами високої частоти, електрошлакове.

12.2 Ручне дугове наплавлення

Ручне дугове наплавлення є універсальним способом і широко застосовується в напавленні штампів, різального інструменту, рейкових кінців і хрестовин, зубців щелеп камендробарок і екскаваторів, бил розмельних млинів тощо. Для цього найчастіше використовують металеві електроди, що їх випускає промисловість. Щоб дістати напавлений метал потрібного складу і властивостей, у шихту електродних покриттів вводять різні легуючі елементи у вигляді ферохрому, феромангану, феросиліцію, графіту тощо, які дають змогу мати напавлений метал різної твердості (25...65 HRC) і високої стійкості до спрацьовання.

12.3 Автоматичне і напівавтоматичне дугове наплавлення

Автоматичне і напівавтоматичне дугове наплавлення здійснюють під флюсом, у захисних газах і відкритою дугою, використовуючи при цьому зварювальний або спеціальний напавний дріт, сталеву або чавунну стрічку, а також порошкові дроти і стрічки. Дроти і стрічки виготовляють порожнистими на спеціальних протяжних верстатах зі сталевих стрічок холодного прокату. В порожнисту частину дроту або стрічки засипають і міцно запресовують порошкову легуючу шихту, яка складається з різних легуючих компонентів і шлакоутворювальних речовин. Ефективне також автоматичне напавлення під флюсом по шару легуючого порошку.

Автоматичне і напівавтоматичне напавлення широко використовують при напавленні колінчастих валів автомобільних і тракторних двигунів, валків прокатних станів, конусів засипних апаратів доменних печей, металорізального інструменту, ножів землерийних машин тощо.

12.4 Напавлення газовим полум'ям менш продуктивне, ніж дугове, проте й воно широко застосовується у виробництві і при

відновленні різних дрібних деталей з чавуну, сталі, міді, латуні, бронзи, алюмінію тощо.

При газовому наплавленні сталевих деталей, які потребують великої твердості, часто застосовують такі литі тверді сплави, як сормайт (2,5 %C; 2,8 %Si; 25 %Cr; 3,5 %Ni); «Смена» (3,8 %C; 28 %Cr; 30 %Ni; 18 %Co), та інші, виготовлені у вигляді стрижнів.

12.5 Наплавлення плазмовою дугою здійснюється з використанням як присадних матеріалів зварювальних дротів, стрічок і порошоків. При використанні порошкових матеріалів наплавка здійснюється по шару грубозернистого порошку, з подачею порошку в зварювальну ванну і з вдуванням його в плазмовий струмінь. У всіх випадках застосовують дугу прямої дії. Цим методом наплавляють різальний інструмент та інші деталі.

12.6 Вібродугове наплавлення полягає в тому, що до деталі, яка обертається, через мундштук, що вібрує, подається сталевий електродний дріт під струмом. Вібрація дроту здійснюється електромагнітним або механічним вібратором з частотою 50 Гц і амплітудою 1,5...2,5 мм. Внаслідок вібрування відбуваються короткі замикання дроту з виробом. Місце контакту нагрівається до високої температури. У момент відривання дроту від виробу частина металу дроту залишається на виробі і розплавляється дугою, що виникає при цьому. До місця наплавлення з мундштука під тиском подається рідина, яка охолоджує і загартовує наплавлену поверхню.

Основною перевагою цього способу є можливість створити шар завтовшки 1...2 мм, а також незначне короблення наплавлених деталей. Цей спосіб застосовується при наплавленні циліндричних деталей (осей, валів, шпинделів тощо) автомобілів, тракторів, верстатного устаткування та ін. Недоліком його є наявність у наплавленому шарі мікротріщин, яких можна уникнути, якщо процес вібродугового наплавлення поєднати з наступною пластичною деформацією.

12.7 Наплавлення струмами високої частоти. На деталь наносять шар порошкоподібної легуючої шихти і флюсу або легуючої пасти. Після цього деталь поміщають у магнітне поле індуктора, який живиться від джерела струму високої частоти. Індукційні струми, що

виникають, нагрівають до плавлення поверхневий шар деталей і легуючу шихту, яка утворює на деталі рівну поверхню.

Спосіб характеризується незначною глибиною проплавлення основного металу і високою продуктивністю: щоб наплавити 200 см² поверхні, потрібно тільки 2...2,5 хв. Наплавлення струмами високої частоти застосовують для створення стійкого до спрацювання шару на деталях, які швидко спрацьовуються (ножі дорожніх машин, деталі землерийного устаткування тощо). До недоліків цього способу належить висока вартість генераторів струму високої частоти.

12.8 Електрошлакове наплавлення застосовують для наплавлення плоских поверхонь, зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також поверхонь тіл обертання зі змінним діаметром (конічних тощо), коли треба утворити шар, не менший за 10...12 мм. При цьому для виготовлення шару потрібної товщини і форми використовують спеціальні мідні форми (кристалізатори), охолоджувані водою. Між ними і наплавленою деталлю створюють шлакову ванну, в яку подається присадний метал.

Електрошлакове наплавлення відзначається високою продуктивністю і забезпечує високу якість наплавленого шару. Цим способом можна наплавляти різні високолеговані сталі, а також кольорові метали і сплави (мідь, латунь тощо) на сталь або чавун.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що являє собою пайка?
2. Які припої належать до м'яких?
3. Які припої належать до твердих?
4. Які флюси застосовують при паянні м'якими припоями?
5. Які припої застосовуються для паяння виробів відповідального призначення при паянні твердими припоями?
6. Які флюси застосовують при паянні твердими припоями?
7. Підготовка поверхонь виробів до паяння.
8. Галузі застосування паяння.
9. У чому полягає суть процесу наплавки?
10. Наведіть основні види наплавки.
11. Галузь застосування різних видів наплавки.

РОЗДІЛ 13. ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ТА КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАННЯ

13.1 Дефекти зварних з'єднань

13.1.1 Види дефектів

Дефекти зварних з'єднань бувають *зовнішні* і *внутрішні*.

До *зовнішніх дефектів* при дуговому і газовому зварюванні належать: нерівномірність поперечного перерізу по довжині швів, незаплавлені кратери, підрізи основного металу, зовнішні тріщини, відкриті пори тощо.

Внутрішні дефекти: непроварення кромки або несплавлення окремих шарів при багатошаровому зварюванні, внутрішні пори і тріщини, шлакові включення тощо.

Контактне точкове і шовне зварювання може дати великі вм'ятини в основному металі, які ослаблюють місця зварювання, пропалини і виплески металу, а всередині зварних з'єднань – тріщини, пори та інші дефекти.

13.1.2 Причини утворення дефектів

Дефекти в зварних з'єднаннях утворюються з різних причин. При дуговому і газовому зварюванні переріз швів буде нерівномірним, якщо порушено режим зварювання або низька кваліфікація зварника. Причинами підрізів здебільшого є велика сила струму і велика потужність зварювального пальника.

Основна причина утворення пор у зварних швах – насиченість їх воднем, азотом та іншими газами, що потрапляють у шов при зварюванні електродами зі зволженим покриттям, або при наявності оксидів чи інших забруднень на кромках зварюваного металу.

Тріщини і непровари є найбільш небезпечними дефектами зварних з'єднань. Тріщини утворюються найчастіше під час зварювання сталей із підвищеним вмістом вуглецю або легуючих домішок та коли метал шва насичений сіркою, фосфором або іншими шкідливими елементами. Причинами непроварів можуть бути мала сила струму або недостатня потужність пальника, погане зачищення кромки основного металу або шарів при багатошаровому зварюванні, низька кваліфікація зварника, неправильна технологія складання і зварювання деталей.

Отже, дефектами зварних з'єднань є: *непровар* – відсутність з'єднання наплавленого металу з основним; *підріз* – поглиблення уздовж шва на основному металі; *перепал* – окислювання металу шву і

прилягаючих до нього зон; *проплавлення* – місцеве наскрізне проплавлення; *шпаристість* – поява свищів, газових пухирів або шорсткості. *Причини* – вода в обмазці, іржавий метал, газ у металі; напливи на швах (у результаті неправильних режимів і швидкості зварювання); шлакові включення – через наявність неметалічних включень у металі; тріщини шва – через великі напрути.

13.2 Контроль якості зварювання

13.2.1 Методи контролю якості зварних з'єднань

Існує дві групи видів контролю якості: руйнуючі, не руйнуючі.

Основні види контролю якості зварних з'єднань такі: випробування зварних швів на щільність, механічне випробування металу шва і зварних з'єднань, металографічні дослідження і просвічування швів рентгенівським і гамма-випромінюванням, ультразвуковий і магнітний методи контролю.

Випробовують шви на щільність тоді, коли зварювані вироби є посудинами, призначеними для зберігання або транспортування рідин чи газів. Залежно від умов роботи посудини піддають гідравлічному, пневматичному або газовому випробуванню.

Гідравлічному випробуванню підлягають усі посудини, котли і трубопроводи, які працюють під тиском. Посудину заповнюють водою, а потім гідравлічним пресом у ній утворюють тиск, що в 1,5 рази перевищує робочий. Під цим тиском посудину тримають протягом 5 хв., після чого тиск знижують до робочого, а посудину обстукують молотком і старанно оглядають.

Якщо тиск не змінюється то можна зробити висновок, що витікання води відсутнє, а якщо тиск падає, то для того, щоб виміряти витікання води, всі зварні шви простукують молотком з круглим бойком і оглядають усі зварні шви. В тих місцях де є мокрі місця або витікання помічають і переварюють заново.

Випробування наливанням води проводять для контролю щільності відкритих споруд, вертикальних циліндричних резервуарів, цистерн і баків.

Зварні шви просушують повітрям, заповнюють водою до рівня, передбаченого технічними нормами, і після певного часу ці

з'єднання обдивляються. Такі випробування проводять при температурі вище нуля градусів Цельсія.

Випробування поливанням водою проводять у випадках, коли є можливість доступу з обох сторін; з одного боку поливають водою з бронсбойту, одночасно з іншого боку оглядають з метою виявлення течі, шви поливають з низу вгору.

При *пневматичних випробуваннях* посудину заповнюють стисненим повітрям до контрольного тиску, після чого шви змочують мильною водою, або ж виріб цілком занурюють у воду. Якщо є наскрізні дефекти, то на поверхні швів з'являються газові бульбашки.

Випробування проводять 2 способами:

1. Наповнення системи повітрям.
2. Обдуванням стиснутим повітрям після герметизації.

Створюють тиск повітря, а на шви наносять піноутворюючу речовину і по наявності бульбашок виявляють неполадки.

На з'єднанні сторони наносять піноутворюючу рідину за допомогою пензлика або губкою, з другого боку шви обдувають стиснутим повітрям і по наявності бульбашок виявляють дірки.

Випробування обдуванням роблять для контролю герметичності герметичних швів крупно габаритних листових конструкцій такі як корпуса суден.

Пневмогідралічний спосіб проводять шляхом занурення посудини в індикаторну речовину і подачі контрольного газу, дефекти визначають по наявності бульбашок.

Гасовим випробуванням перевіряють посудини, що працюють без надлишкового тиску. Один бік шва забілюють крейдою, а другий змочують гасом. Якщо у швах є наскрізні дефекти, то на забіленій крейдою поверхні виникають темні гасові плями, що свідчать про нещільність з'єднань.

Механічні випробування призначені для визначення механічних властивостей зварних з'єднань. Властивості (границі міцності і текучості, відносне подовження і поперечне звуження) наплавленого металу перевіряють на круглих стандартних зразках, виготовлених з наплавленого металу, а властивості зварних з'єднань – на плоских зразках. Перевірка зварних з'єднань на статичне згинання до утворення першої тріщини дає уявлення про в'язкість металу шва. Для визначення ударної в'язкості наплавленого металу зі зварних з'єднань вирізують зразки, на яких роблять надрізи.

Металографічні дослідження полягають у проведенні макро- і мікроаналізу зварних швів. Мікроаналізом виявляють у металі шва пори, тріщини, шлакові включення, непровари та інші дефекти. Мікроструктурним аналізом визначають структуру і структурні складові, наявність мікротріщин, включення оксидів, нітридів тощо.

Рентгенівським просвічуванням виявляють у зварних швах без їхнього руйнування пори, тріщини, непровари і шлакові включення. Рентгенівський контроль зварних швів ґрунтується на здатності рентгенівського проміння, випромінюваного рентгенівською трубкою, інтенсивніше проникати крізь дефектні місця і більше засвічувати рентгенівську плівку, прикладену зі зворотного боку шва.

За допомогою електронно-оптичного перетворювача невидиме рентгенівське проміння можна перетворити на видиме світлове і рентгенівське просвічування зварних швів спостерігати візуально.

Просвічування гамма-випромінюванням. Рентгенівське просвічування потребує складної установки, яка дорогого коштує.

Для виявлення внутрішніх дефектів у зварних швах магістральних газо- і нафтопроводів метод рентгенівського контролю малопридатний. Тому використовують простіший метод контролю – просвічування гамма-випромінюванням штучних радіоактивних ізотопів кобальту, кобальту-60, цезію, цезію-137 та інших елементів. Здебільшого використовують ізотопи кобальту. Радіоактивний елемент вміщують у спеціальну ампулу, яка зберігається в свинцевому футлярі, призначеному для захисту обслуговуючого персоналу від шкідливого впливу гамма-випромінювання на організм людини. Фіксують дефекти в зварних швах при просвічуванні гамма-випромінюванням, як і при рентгенівському просвічуванні, за допомогою рентгенівської плівки.

Ультразвуковий метод контролю застосовують для виявлення дефектів у металі завтовшки 5...3600 мм. Суть методу полягає в здатності ультразвукових коливань, що збуджуються в кварцових пластинах змінною напругою високої частоти (понад 20 кГц), проникати в метал на велику глибину і відбиватися від тріщин, непроварів, шлакових включень та інших дефектів, що лежать на їхньому шляху. Коливання, що відбиваються поверхнею металу, вловлюються спеціальними електронними пристроями і перетворюються на світлові сигнали, які передаються на екран дефектоскопу. У місцях дефектів з'являється пік сигналу.

Магнітні методи контролю ґрунтуються на принципі магнітного розсіяння (замикання магнітних потоків через повітря), що виникає в місцях дефектів під час намагнічування випробуваного зразка. Дефекти, що зумовлюють утворення потоків розсіяння, виявляються за допомогою магнітного порошку або індукційним методом. Виявляючи дефекти першим способом, використовують властивість магнітного порошку втягуватися в потік розсіяння і скупчуватись над дефектом. Коли ж дефекту немає, магнітний потік не відхиляється і не змінює свого напрямку.

Порошок виготовляють із залізної окалини. Магнітні потоки розсіяння спостерігають візуально або фіксують на феромагнітній плівці з наступним відтворенням «записаних» дефектів на освітленому екрані електронного осцилографа. За величиною і формою відхилення променя на екрані осцилографа роблять висновок про характер дефекту. Такий метод контролю називається *магнітографічним*.

Індукційний метод контролю ґрунтується на використанні ЕРС (електрорушійної сили), яка індукується в спеціальній котушці потоком магнітного розсіяння, що виникає в місцях дефектів. Наведена в котушці ЕРС посилюється і передається на спеціальний магнітоелектричний прилад, в якому дефект визначають за посиленням звуку, запалюванням сигнальної лампи або відхиленням стрілки.

Магнітні методи контролю використовують для виявлення в зварних швах тріщин, непроварів та інших дефектів.

13.2.2 Контроль якості зварних швів і з'єднань трубопроводів та металоконструкцій

Контроль якості зварного шва – необхідна процедура для визначення якості металевої конструкції. Якщо шов недостатньо щільний, з порушеною герметичністю і іншими деформаціями – все це неминуче позначиться на терміні експлуатації металевої конструкції. Особливо швидко це відбудеться у випадку, якщо конструкція буде перебувати під постійним тиском.

Контроль якості зварних з'єднань трубопроводів і інших металоконструкцій здійснюється різними методами, проте всі вони

необхідні для встановлення того, наскільки продукція відповідає ГОСТ.

Після того як візуальний огляд завершено, слідує його просвічування. Ця процедура вимагає використання рентгенівського або гамма-променів.

При *перевірці рентгеном* апарат встановлюють з внутрішньої сторони заготовки. За допомогою рентгена можна побачити місця, де зварювальне обладнання зробило недостатній вплив – на півці вони будуть відзначені плямами більш темних відтінків, ніж основний колір сполук.

За допомогою подібного методу відбувається виявлення тріщин, непроварів, шлакових включень та інших деформацій, непомітних при зовнішньому огляді. За допомогою просвічування можна оцінити металеві з'єднання завтовшки не більш 6 см, при виявленні дефектів просвічується в два рази більше стиків.

Магнітографічний спосіб перевірки якості необхідний, щоб виявити поле розсіювання, що утворюється там, де є дефекти. Спосіб полягає в намагнічуванні поверхні деталі, після чого область полів з'являється зверху магнітної стрічки, яку притискають на поверхню швів. Весь процес перевірки фіксується з допомогою дефектоскопу, а після інформація зчитується і, таким чином, встановлюється, чи є на швах дефекти. Подібний метод дозволяє виявляти наявність тріщин,



пор, непроварів, шлакових включень та інших дефектів, що виникають в процесі зварювання. Також з допомогою цього методу можна визначити наявність на поверхні швів поперечних тріщин, широких непроварів або округлих пір, однак з пошуком дефектів подібного роду даний метод справляється дещо гірше.

Ультразвуковий спосіб перевірки якості часто використовується для оцінки на відповідність ГОСТ сталі і виробів з кольорового металу. Ультразвуковий спосіб полягає у направленні звукових коливань на

поверхню металу та подальшого відображення, щоб виявити можливі дефекти.

Для отримання ультразвукової хвилі використовують кілька п'єзоелектричних кварцових пластин, які фіксуються в щупі. Після коливання ультразвукової хвилі, які відбиваються від металу, уловлюються спеціальним пристроєм – шукачем, який перетворює ультразвуковий промінь в заряджений електрикою імпульс, переходить до підсилювача, а потім відтворюється з допомогою індикатора.

Для того щоб ультразвуковий спосіб був ефективний, перед тим, як ультразвуковий промінь спрямовують на метал, його поверхню попередньо покривають автолом або компресорним маслом.

Розкриття швів – більш радикальний метод перевірки, коли ймовірність дефектів досить висока, але при цьому ні ультразвуковий, ні інші методи не можуть її виявити. Шви розкриваються спеціальним пристроєм лише у тій ділянці, де висока ймовірність наявності дефекту. Розтин відбувається шляхом просвердлювання поглиблення, діаметр якого повинен трохи перевищувати розмір шва, а потім поверхню піддається шліфовці і обробляють розведеною азотною кислотою. Цей метод помітно деформує металеву заготовку, і після нього межа проходження швів проступає дуже явно, тому без потреби цей спосіб контролю не використовують.



Хімічний метод контролю на відповідність ГОСТ полягає в обробці поверхні швів фенолфталеїновим розчином, перед цим поверхню необхідно ретельно зачистити, видаливши всі шлаки і

забруднення. Після нанесення розчину місце обробки накривається тканиною, яка просочується азотнокислим сріблом (розчин 5%).

Цей метод дозволяє виявити наявність локальних течій: на цих місцях срібло набуває сріблясто-чорного виду, а фенолфталеїн – червоного.

Для того щоб визначити, наскільки щільність зварного шва відповідає ГОСТ, застосовують метод проби гасом.

13.2.3 Призначення процедури і метод візуального огляду

Перед перевіркою металоконструкції на відповідність вимогам ГОСТ, спочатку обов'язково потрібно перевірити, наскільки якісно зроблені шви – на цьому етапі виявляються всі зовнішні і внутрішні недоліки швів, а також виправляються, якщо це можливо. Ретельному контролю піддається кожний готовий виріб перед тим, як його допустять до експлуатації. Перший і найпростіший рівень контролю якості: *візуальний огляд*.

Візуальний огляд дозволяє виявити зовнішні і найбільш явні деформації швів, такі як тріщини, непровари та інші недоліки. Більшість подібних деформацій дозволяє визначити звичайний візуальний огляд без використання додаткового обладнання, однак, в деяких випадках практикується застосування спеціальних пристроїв.

Види контролю зварних швів діляться на руйнівні та неруйнівні. Перший вид контролю передбачає лише візуальний огляд, всі інші, більш складні техніки перевірки належать до другого типу. Другий вид контролю може бути капілярним, ультразвуковим, радіаційним, магнітним і перевіркою на проникність. При будь-якому неруйнівному способі перевірки зовнішній вигляд виробу не деформується, що робить його більш зручним і популярним, ніж руйнівний спосіб. Руйнівний візуальний спосіб контролю використовується тільки в тому випадку, якщо зварна деталь зварена постійним типом зварювання без зміни умов.

Методи контролю зварних швів також бувають різні. При проведенні контролю за ГОСТ почергово проводяться різні види процедур, які виявляють якість зварного шва. Процедури ділять на хімічні, механічні, фізичні, а також візуальний і ультразвуковий огляд.

Найбільш бюджетним є візуальний огляд, оскільки він не вимагає жодних фінансових витрат. Проте він використовується не в

цілях економії, а через необхідність, оскільки дозволяє виявити найбільш значні порушення швів.

Візуальний огляд необхідний для абсолютно всіх видів металевих з'єднань, незалежно від того, які методи контролю підуть за ним. Часто візуальний огляд за ГОСТ проводять без застосування будь-яких допоміжних пристроїв, однак у деяких випадках для того, щоб перевірка була більш точною, використовують лупу, яка здатна збільшити простір швів, що оглядаються, в 10 разів. У цьому випадку можна помітити навіть найдрібніші непровари, подрізи, напливи та інші дефекти.

Зовнішній контроль швів включає не тільки безпосередньо візуальний огляд, але також обмір зварних швів, заміри кромки і інші процедури.

Якщо вироби для металоконструкцій, які піддаються контролю, випущені масовим тиражем, то в цьому випадку для їх створення використовують спеціальний шаблон, який дозволяє виконувати точні і однакові вимірювання всіх параметрів зварних швів.

Якщо візуальний перегляд пройшов успішно, то за ним здійснюється фізичний огляд, на якому виявляється якість шовного з'єднання та інші характеристики. Мета такого контролю у тому, аби переконатися, що за своїми характеристиками зварні шви повністю відповідають ГОСТ.

Перевірка фізичними і хімічними методами проводиться з підключенням спеціального обладнання, наприклад, електромагнітного сердечника, а також інших пристроїв.

Головна мета проведення будь-якого типу контрольної перевірки – виявити не тільки безпосереднє стан швів, але також перевірити, наскільки якісна сама металева деталь, і чи не було порушень під час зварювальних робіт.

В залежності від типу металу, характеристики швів будуть дещо відрізнятися між собою, проте всі вони повинні відповідати ГОСТ 6996-66, у якому зазначені всі належні до виконання види контрольних робіт.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які існують види дефектів зварних з'єднань?

2. Яки види дефектів зварних з'єднань відносяться до зовнішніх?
3. Яки види дефектів зварних з'єднань відносяться до внутрішніх?
4. Яки існують причини наступних дефектів зварних з'єднань: нерівномірний переріз шва, підрізи, утворення пор, тріщини та непровари?
5. На які дві групи видів контролю якості поділяються усі методи контролю якості зварних з'єднань?
6. Наведіть основні види контролю якості зварних з'єднань.
7. Дайте коротку характеристику гідравлічним випробуванням.
8. Що являють собою пневматичні випробування?
9. Для чого призначені механічні випробування зварних з'єднань?
10. У чому полягають металографічні дослідження зварних з'єднань?
11. Що можна визначити при рентгенівському просвічуванні зварних з'єднань?
12. Як проходить просвічування гамма-випромінюванням та для чого його застосовують?
13. У чому полягає суть ультразвукового методу контролю?
14. Дайте коротку характеристику магнітних методів контролю.
15. Як здійснюють контроль якості зварних швів і з'єднань трубопроводів?
16. Як призначають процедуру та метод візуального огляду?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов / А.М. Дальский – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с., ил.

2. Прейс Г. А. Технология конструкционных материалов / Под ред. д-ра техн. наук проф. Г. А. Прейса. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 359 с.

3. Опальчук А.С. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник для вищих навчальних закладів III-IV ступенів акредитації за ред. А.С. Опальчука. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. – 792 с.

4. Сушко О.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник / О.В. Сушко, С.В. Кюрчев – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232 с.: іл.

6. Котенко В.І., Сушко О.В. Навчальний посібник для лабораторних та практичних робіт з дисципліни «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів» Розділ «Гаряча обробка металів» (для студентів 1, 2 курсів факультетів МТ та ПЗПСГ), Мелітополь, 2012.

5. Методичні вказівки до практичних робіт з М і ТКМ, розділ «Гаряча обробка» для студ. ф-ту МТ напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». – ТДАТУ, 2018.

Інтернет ресурси

1. www.osvarke.com/osaite.html – інформаційний проект, присвячений зварюванню, різці, наплавці та іншим спорідненим процесам.

2. <http://weldingsite.com.ua/osobenosti.html> – Зварювання сталей та сплавів, особливості.

3. <http://osvarke.info/88-uchenye-filmy.html> – «Про зварювання» інформаційний сайт для майстрів для викладачів спецдисциплін.

4. http://www.gost-svarka.ru/konspekt/0_konspekt.htm – ГОСТи зі зварювання <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

5. <http://electrosvarka.su/> – Дугове зварювання та різка металів.