

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-14>

УДК 515.2

О. Є. Мацулевич, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-5553-709X

І. Р. Тетервак, асистент

ORCID: 0009-0009-0616-8983

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr.matsulevych.tsatu.edu.ua

## ВЕРСТАТНЕ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ВАЛІВ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТИВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

*Анотація.* Упровадження групових методів обробки за наявності добре укомплектованої бази механізації та випуску уніфікованих деталей дає змогу здійснити часткову або повну автоматизацію всього робочого циклу виробу. Такі методи можуть використовувати навіть заводи з дрібносерійним типом виробництва завдяки використанню сучасних програмних модулів для розробки технологічних процесів.

У роботі особливу увагу приділено компоненту технологічної системи – пристосуванню. На відміну від верстата, пристосування (для конкретної деталі, що входить до групи) матиме варіанти виконання. У технолога під рукою має бути база електронних моделей групових пристосувань, що переналагоджуються. Пристосування як компонент ТЗ здійснює геометричний зв'язок між верстатом і деталлю. Водночас 3D-модель пристосування виконує низку функцій: є основним носієм інформації про геометрію виробу, може описувати завантаженість робочої зони й дає змогу провести аналіз зіткнень рухомих частин технологічної системи, а головне, найефективніше й найточніше орієнтувати деталь.

*Ключові слова:* багатофункціональний верстат, груповий метод організації виробництва, груповий технологічний процес, пристосування, комбінований патрон, черв'як.

*Постановка проблеми.* Сучасний рівень машинобудівного виробництва характеризується широким застосуванням верстатів з ЧПК. При цьому максимальної ефективності можна досягти за рахунок високої концентрації технологічних операцій на одному робочому місці за одну установку деталі. Для цього купують дорогі багатофункціональні верстати, що мають чотири й більше керуючих осей. Вартість однієї години роботи такого обладнання перевищує тисячу гривень. Ця обставина викликає потребу в підвищенні якості технологічної підготовки виробництва. Скорочення простоїв верстатів з організаційно-технічних причин можна досягти за рахунок застосування групового методу організації виробництва. Суть групового методу обробки полягає у виготовленні продукції за умови об'єднання складових виробу в групи, для кожної з яких застосовні однорідні (групові) технологічні операції й загальне (групове) технологічне оснащення, яке швидко переналаштується. Розробка групового технологічного процесу починається зі створення комплексної деталі (збірки). Вона являє собою реальну (найскладніша в цій групі) або умовну (спроектована як сукупність геометричних елементів) деталь групи. Таким чином, після проектування такого технологічного процесу (для комплексної деталі) можна виготовити будь-яку деталь із цієї групи.

*Аналіз останніх досліджень і формулювання мети статті (постановка завдання).* За готовими креслениками комбінованого патрона проектується 3D-модель пристосування. Імпорт креслень не забезпечує точного передавання всіх допоміжних ліній, але для створення 3D-моделі це не обов'язково. Загальна схема отримання моделі наведена на рисунку 1.

Для обробки черв'яків в умовах серійного виробництва на токарних обробних центрах доцільно застосовувати як установче пристосування комбінований патрон: трикулачковий гідравлічний і повідковий штирковий патрон (рис. 2).

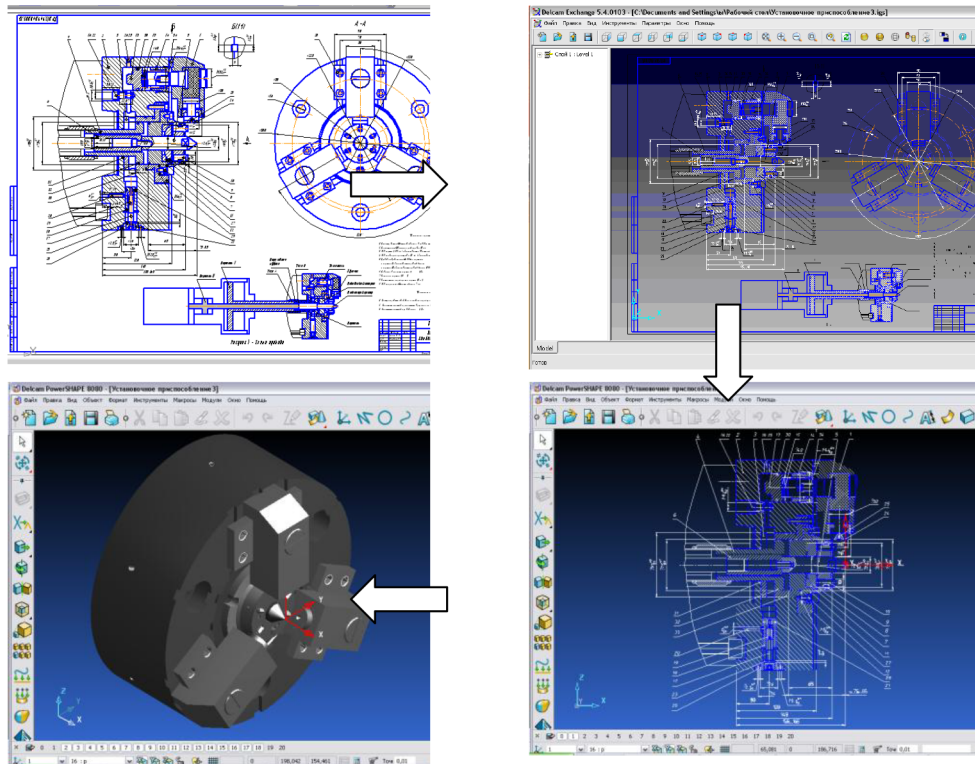


Рис. 1. Загальна методика проєктування 3D-моделі

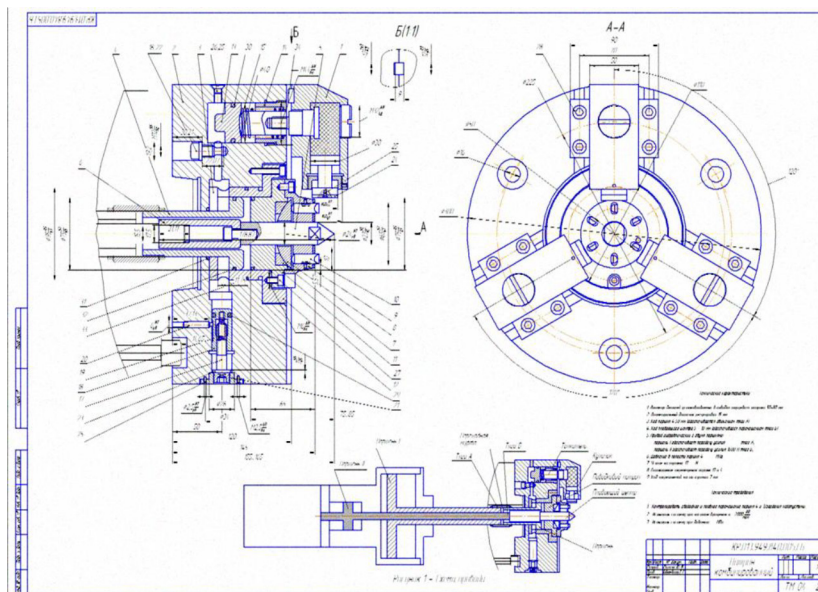


Рис. 2. Кресленник комбінованого патрона

Під час закріплення черв'яка кулачками досягається висока радіальна жорсткість за великого переданого крутного моменту, що дає змогу проводити операції фрезерування, а під час закріплення в штирковому патроні дає змогу обробити контур черв'яка з одного установлення, у такий спосіб забезпечується сталість і поєднання технологічної та виміральної баз. Деталь черв'яка базовим діаметром установлюється в кулачки й підтискається центром (рис. 3).

У патрона два виконавчі елементи – кулачки (від 3 до 6) і повідковий штирковий патрон, який потрібен для закріплення черв'яка на остаточному етапі токарного оброблення, що характеризується незначними зусиллями різання. Оскільки деталь черв'яка обробляється на токарному

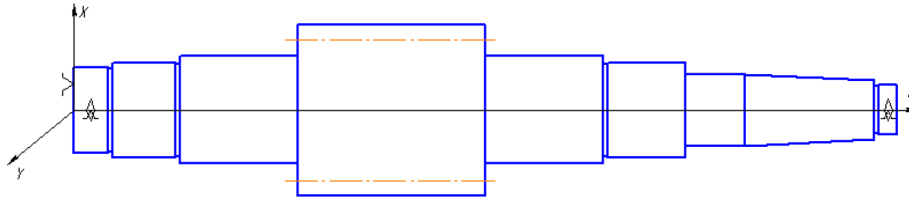


Рис. 3. Схема базування черв'яка в пристосуванні

обробному центрі, то повідковий патрон забезпечує осьову жорсткість і сталість зусилля закріплення, що є сприятливим фактором для фрезерування шпонкових пазів. Необхідне зусилля закріплення повідковим патроном сприймається від другої тяги пневмоциліндра.

*Основна частина.* Розроблене пристосування використовується в серійному виробництві для встановлення й закріплення тіл обертання, що обробляються на токарних обробних центрах. Пристосування переналаштовується для закріплення деталей типу валу різного діаметра за допомогою гідроциліндра, убудованого в патрон, за допомогою перерозподілу тиску в системі й комплекту змінних налагодок для кулачків. Для затиску деталі слугують три силові вузли, що діють від пневмогідралічного приводу (гідралічна частина вмонтована в корпус патрона). Вузли складаються з двох частин гайки і втулки, гайка взаємодіє з кулачками через гвинт, який, штовхаючи втулку, передає тиск через шар гідропласту на рухомий шток кулачка, що контактує з поверхнею заготовки. Надлишковий тиск у гідралічній системі створюється поршнем, який приводиться в дію від пневматичного приводу. Для попереднього затиску заготовки слугує гвинт, що переміщує під час прикручування поршень. Для сталості зусилля притиснення центром слугує другий шток, що взаємодіє зі штирковим центром.

Комбінований патрон складається з двох складальних вузлів: штиркового повідкового патрона й гідралічного кулачкового патрона. Тому процес створення 3D-моделі умовно поділений на два етапи: моделювання повідкового патрона; моделювання гідралічного патрона. Конструкція патрона вимагала ретельного опрацювання окремих елементів, тому процес проектування здійснювався за допомогою роботи з поверхнями. Для зручності роботи побудову формотворчих поверхонь варто вести в різних шарах.

Так само як і проектування пристосування, процес створення моделі починається від деталі, що контактує із заготовлею – центру. На кресленні з роздільних ліній створюється контур центру, після цього створюється тіло обертання (рис. 4), формуються пази на бічній поверхні центру і створюється різбовий отвір під гвинт (рис. 5).

Майже всі деталі пристосування являють собою тіла обертання, тому вони мають загальну послідовність моделювання:

- створення контуру з роздільних ліній (твірна для тіла обертання);
- створення тіла обертання;
- створення конструктивних елементів (вирізи, похилі поверхні, отвори, фаски, заокруглення, пази, об'єднання з примітивами).

Така методика побудови 3D-моделі (рис. 5) дає змогу значно скоротити час проектування. Достатньо одного разу розробити 3D-модель виробу й користуватися ним у подальших проєктах.

Асоціативний зв'язок конструкторської моделі (ескіз, креслення) і 3D-моделі оснащення забезпечує безпомилкове й швидке внесення змін. Щойно конструктор закінчить ескізне проектування деталі, технолог одразу зможе використовувати її для проектування підготовки виробництва.

Подальші уточнення й зміни, які виконує конструктор, не вимагатимуть від технолога повторного моделювання. Відповідні зміни поширюватимуться автоматично. На відміну від паперової технології, не обов'язково чекати повного завершення проектування пристосування для передання її технологам. Унесення змін у конструкцію 3D-моделі пристосування для кон-

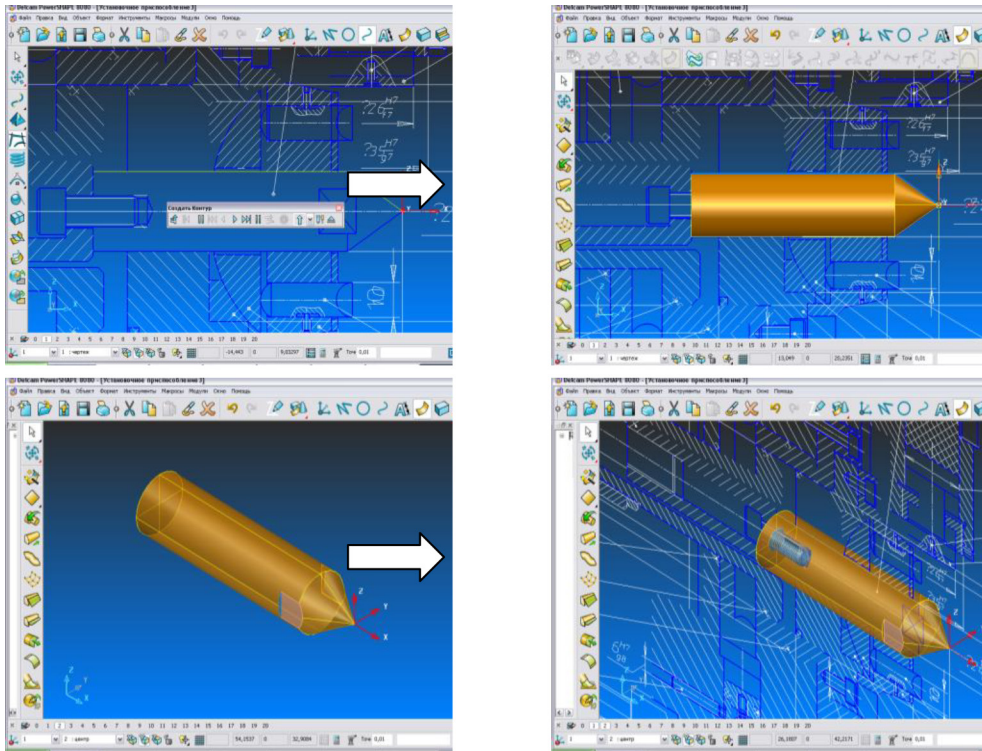
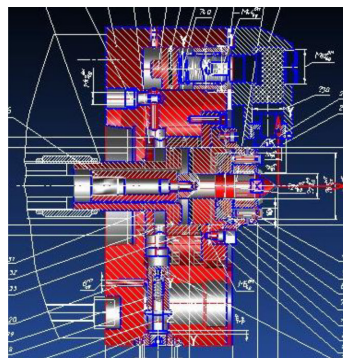
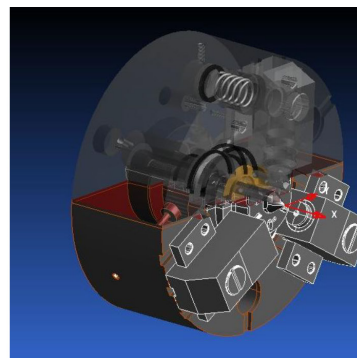


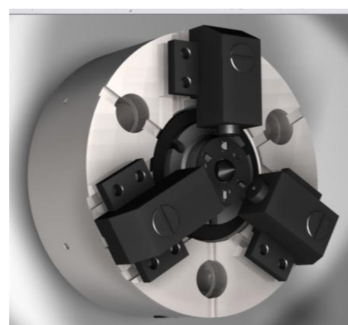
Рис. 4. Створення базового тіла обертання та послідовність моделювання центру



а



б



в

Рис. 5. Готова 3D-модель комбінованого патрона:  
а, б – відображення 3D-моделі з використанням динамічного перетину;  
в – фотореалістичне відображення пристосування



кретної деталі, що входить до групи, дає змогу значно скоротити час проектування, усунути нестикування оснащення з деталлю, скоротити зусилля, необхідні для внесення змін у моделі оснащення під час зміни деталі, мінімізувати підготовчо-заклучний час для налаштування верстата, а отже, підвищити ефективність виробництва.

**Висновки.** Щоб витримати досить жорстку конкуренцію, підприємству необхідно мати широкий вибір виробів, уміти орієнтуватися на ринку й швидко налагодити виробництво необхідного асортименту продукції. В умовах застосування групових технологій обробки це можливо лише за комплексного застосування групових підходів проектування з використанням сучасних автоматизованих засобів проектування, що дають змогу створити будь-який виріб і запустити виріб у серію в найкоротші терміни. Тому виникає потреба у створенні 3D-моделей пристосувань, але ці моделі мають бути виділені в самостійні групи. Застосування групових пристосувань дає змогу мінімізувати підготовчо-заклучний час, пов'язаний із налаштуванням верстата.

### Список використаних джерел

1. Мацулевич О. Є., Дереза О. О., Тетервак І. Р. Використання CAD-системи UNIGRAPHICS для технологічної підготовки виробництва корпусних деталей. *Удосконалення освітньо-виховного процесу в закладі вищої освіти* : збірник науково-методичних праць ТДАТУ. 2023. Вип. 26. С. 166–175.
2. Мацулевич О. Є. Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету* : наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24, Т. 1. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-13
3. Програмування автоматизованих процесів обробки деталей : навчально-методичний посібник ; лабораторний практикум / Ю. О. Дмитрієв, О. Є. Мацулевич, Є. А. Гавриленко, Ю. В. Холодняк, Г. В. Антонова. Мелітополь, 2022. 170 с.
4. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Залевський С. В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 8, Т. 1. С. 55–68.
5. Мацулевич О. Є., Зінов'єва О. Г. Розв'язання задач аналізу тренд-сезонних часових рядів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19(2). С. 264–270.
6. Вершков О. О., Мацулевич О. Є., Тетервак І. Р., Супрун М. В. Моделювання кулачків зубозаточувальних верстатів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, Т. 2. С. 106–110.
7. Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Чаплінський А. П., Супрун М. В. Моделювання зубного мосту в пакеті програм DENTCAD. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, Т. 2. С. 134–140.
8. Alrefo I. F., Rawashdeh M. O., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O. Designing the functional surfaces of camshaft cams of internal combustion engines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. № 3. P. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/072>
9. Alrefo I. F., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Designing the working surfaces of rotary planetary mechanisms. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № 4. P. 82–88. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>. ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362. (Q3).
10. Дереза О. А., Антонова Г. В., Тетервак І. А., Валієва К. М. Аналітичні дослідження методики інтелектуального аналізу даних. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 29–31 травня 2023 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. С. 147–153.
11. Гавриленко Є. А., Холодняк Ю. В., Мірошніченко М. Ю. Алгоритм моделювання одновимірних обводів за заданими умовами. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, Т. 1. № 22.
12. Івженко О. В., Антонова Г. В. Реверс інжиніринг та виготовлення складної тривимірної поверхні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, Т. 1. № 23.
13. Михайленко О. Ю., Антонова Г. В. Технологія формоутворення елементів каркасу динамічної поверхні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, Т. 2. № 26.



14. Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А. Розв'язання позиційних задач при моделюванні монотонних кривих ліній. *Сучасні проблеми моделювання*. 2022. Вип. 24. С. 173–181.
15. Вершков О. О., Бондаренко Л. Ю., Антонова Г. В., Тетервак І. Р. Аналіз дослідної експлуатації програмного модулю розрахунку норм часу обробки деталей сільськогосподарської техніки. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології* : матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Запоріжжя, 12–19 грудня 2022 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2022. С. 94–100.
16. Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А. Моделювання кривих ліній з заданою точністю. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі* : матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конференції. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 28–31.
17. Мацулевич О. Є., Михайленко О. Ю., Супрун М. В. Дискретна інтерполяція спіралеподібних дискретно представлених кривих на основі нелінійного закону зміни кутів суміжності. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15, Т. 2.
18. Вершков О. О., Мацулевич О. Є., Михайленко О. Ю., Тетервак І. Р. Програмний модуль «База інженерних знань для структурного синтезу газодувки». *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15, Т. 2.
19. Дереза О. О., Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Чаплінський А. П. Автоматизація проектування технологічних процесів виготовлення різьбонарізного інструменту на прикладі плашки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15, Т. 2.

*Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026*

*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026*

*Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.04.2026*

*Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)*



**O. Matsulevych, I. Tetervak**

*Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University*

## **MACHINE TOOL FOR PROCESSING WORM SHAFTS FOR ASSEMBLIES AND UNITS OF AGRICULTURAL MACHINERY**

### **Summary**

The main trend in modern mechanical engineering is to ensure competitiveness, which involves increasing efficiency by reducing design and manufacturing times, reducing costs, improving the operating parameters of machines and structures, reducing their material and energy consumption, and improving quality.

In order to meet market requirements, the process of design, technological and organisational preparation of production must be considered systematically (as a complex system of interrelated organisational, design, calculation and technological software tools at all stages of the project).

The introduction of group processing methods, with a well-equipped mechanisation base and the production of standardised parts, makes it possible to partially or fully automate the entire working cycle of a product. Such methods (techniques) can be used even by factories with small-batch production. This is possible thanks to the use of modern software modules for the development of technical processes, with their help it is possible to organise any type of production – from serial to mass.

In this work, special attention is paid to a component of the technological system – the fixture. Unlike a machine tool, a fixture (for a specific part belonging to a group) will have different design options. The technologist should have at hand a database of electronic models of group fixtures that can be reconfigured. As a component of the technological system, the fixture provides a geometric connection between the machine tool and the part. At the same time, the 3D model of the fixture performs a number of functions: it is the main carrier of information about the geometry of the product, can describe the workload of the working area and allows you to analyse collisions of moving parts of the technological system, and most importantly, allows you to orient the part most efficiently and accurately. The development involves the creation of a 3D model of the fixture, on the basis of which it is possible to quickly design a new fixture (reconfiguration) for installing a specific part.

**Keywords:** multifunctional machine tool, group method of production organisation, group technological process, fixture, combined chuck, worm gear.