

Лекція 13

Змістовий модуль 2 Практичні засади використання систем автоматизованого проектування

Тема 5 Складання технологічного процесу виготовлення деталей типу «вал»

Особливості технологічного процесу виготовлення деталей типу «вал»

- 1) Загальні відомості.**
- 2) Попередня обробка заготовок.**
- 3) Токарна обробка ступінчастих валів.**
- 4) Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах.**
- 5) Обробка шліців на ступінчастих валах.**
- 6) Нарізання різьби на валах.**
- 7) Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень.**
- 8) Шліфування шийок та торців валів.**
- 9) Способи остаточної обробки зубів.**
- 10) Шліфування шліців.**
- 11) Накаткування рифлень.**

1 Загальні відомості

Розробка технологічного процесу виготовлення валу починається з детального вивчення його службового призначення в машині і усіх технічних вимог, яким він повинен відповідати. Для цього необхідно вивчити складальні креслення машини або тієї складальної одиниці, в яку входить оброблюваний вал, проаналізувати технічні вимоги, норми точності та вимоги технології збирання. Це вивчення повинне супроводжуватися критичним аналізом робочого креслення валу, технічних вимог і вимог технологічного процесу збирання, яким повинна відповідати готова деталі. Цей аналіз дає можливість встановити взаємозв'язок між поверхнями, що повинні бути забезпечені у результаті обробки валу. Встановити взаємозв'язок валу з іншими деталями, правильно проставити розміри і допуски, намітити послідовність обробки окремих поверхонь деталі. Розрахувати міжопераційні розміри і допуски допомагають виявлені схеми розмірних ланцюгів.

Так, установка валу з підшипниками в редукторі, електродвигуні чи генераторі виконується з зазором між торцем одного із підшипників і однією кришкою редуктора чи генератора з метою компенсації величини переміщення підшипника за рахунок нагрівання валу під час роботи. Такий підшипник

називається плаваючим тому, що він може зміщуватися в осьовому напрямку при видовженні валу за рахунок нагрівання.

Розміри валу з допустимими відхиленнями можна правильно визначити лише виходячи зі службового призначення і технічних вимог. Ця задача вирішується за допомогою розмірних ланцюгів.

Обробка валів, як і обробка інших деталей, починається з підготовки базових поверхонь. Тому маршрут обробки починається з обробки базових поверхонь. На перших операціях технологічними базами можуть бути необроблені поверхні, а далі – оброблені зовнішні і внутрішні поверхні. Найбільш висока точність досягається при використанні основних базових поверхонь, тобто опорних шийок валу, але їх можна використовувати тільки після їх остаточної обробки. Тому найбільш зручними є допоміжні бази – центрові отвори, що можуть бути базами від початку до кінця обробки, забезпечуючи принцип постійності баз. У ряді випадків при обробці точних пустотілих валів обробка ведеться на спеціальних зацентрованих пробках (базою служать точно оброблені центрові отвори пробки). Таке базування принципово не відрізняється від установки в центрах, тому що базування виконується по центрових отворах пробки. Технологія обробки валів, як і вибір устаткування, залежить від конфігурації, розмірів і жорсткості деталей, а також від заданої програми випуску.

Термічну обробку виконують шляхом поверхневою загартування шийок з нагріванням в індукторі за допомогою СВЧ, використовують також цементацію з наступним загартуванням шийок або загальне загартування валу.

Гладкі вали виготовляють з каліброваної сталі 8-10-го квалітетів точності по визначеному маршруту: відрізка заготовки по довжині на відрізних автоматах чи на токарних відрізних верстатах в залежності від заданої програми; попереднє шліфування заготовки на безцентрово-шліфувальному верстаті з наскрізною подачею; фрезерування закритих шпонкових пазів на шпонково-фрезерних або горизонтально-фрезерних верстатах; свердління поперечних отворів, якщо вони передбачені конструкцією; термічна чи хіміко-термічна обробка (якщо передбачена); чистове шліфування після термічної обробки на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Довгі вали, які виконуються з гарячекатаної сталі, попередньо обточують на безцентрових верстатах (9330А), а потім шліфують на безцентрово-шліфувальних верстатах або обкатують роликами на правильно-полірувальних верстатах. До обточування, якщо прутки мають викривлення, їх правлять і калібрують на правильно-калібрувальних верстатах. Виправлення обточених заготовок після відрізки виконують також на пресах.

Вали з центральними отворами одержують із суцільних заготовок, а отвір свердлять після попереднього обточування в центрах зовнішніх поверхонь валу і підготовки шинок під затиск у патроні і під люнет. Наскрізні отвори

одержують свердлами для глибокою свердління одnobічного чи двостороннього різання залежно від діаметра отвору. При діаметрі отвору більше 80 мм застосовують головки для кільцевого свердління. Для чистової обробки центрального отвору використовують зенкери і розгортки чи розточувальні головки в залежності від пропонованих вимог і діаметра отвору. Наступну обробку зовнішніх поверхонь виконують за допомогою пробок з центровими гніздами, що вставляються в отвір валу. Для досягнення найбільшої концентричності зовнішніх поверхонь щодо отвору рекомендується наступні операції обробки робити без зміни пробок.

Важкі вали це такі, які мають діаметр більше 200 мм і масу більше 1 т. Їх конструктивні різновиди і технічні умови на виготовлення ті самі, що і звичайних валів. Важкі вали в більшості випадків мають центральні отвори для зменшення маси і контролю якості матеріалу заготовки, а також для розміщення всередині валу керуючих пристроїв машини.

Заготовки для важких валів одержують куванням на пресах і молотах. вихідним матеріалом для заготовки є злиток. Після кування заготовки піддають відпалу для зняття внутрішніх залишкових напруг і нормалізації. Заготовки пустотілих валів фланцевого типу одержують електрошлаковим зварюванням з попередньо підготовлених елементів. При цьому варіанті досягається економія матеріалу і значне зниження трудомісткості наступної обробки різанням. Після термічної обробки від кінців поковки відрізають проби для визначення вмісту окремих хімічних елементів у металі.

У пустотілих валів глибоке свердління виконують після попереднього обточування зовнішніх поверхонь, що використовують як установочні бази на операції глибокого свердління. При розрахунку припуску на наступну обробку зовнішніх поверхонь з базуванням по отвору необхідно враховувати відхилення осі цього отвору при глибокому свердлінні. При установці в чотирьохкулачковому патроні з підтискуванням заднім центром перевіряють заготовку на биття з боку патрона. Остаточну обробку шийок валів 6-8-го квалітетів точності діаметром до 300 мм виконують на круглошліфувальних верстатах. Шийки більш великих валів обробляють широким різцем, що забезпечує чистоту поверхні Ra 2,5.. 0,63 мкм.

2 Попередня обробка заготовок

У механічних цехах середнього та малого масштабу попередня обробка заготовок зазвичай відбувається в заготівельному відділенні, яке часто розташовується біля цехового складу заготовок та матеріалів. При наявності на заводі одного або декількох великих механічних цехів замість заготівельних відділень облаштовують самостійний заготівельний цех, яких обслуговує усі металообробні цехи заводу.

В заготівельному відділенні або цеху прокат у вигляді прутків піддають правці, обдирці, розрізанню, centruванню. Поковки та штамповки також проходять заготівельні операції: фрезерування та centruвання торців, обдирання та попереднє розточування отворів.

Заготівельні операції для прутків зазвичай виконуються у такій послідовності: правка, безцентрове обдирання, розрізування; centruвання (якщо пруток призначено для подальшої обробки на револьверному верстаті або автоматі, centruвання прутка не виконують), контроль виконаних операцій.

Правка заготовок. Перед початком механічної обробки прутковий матеріал та заготовки для валів правлять у холодному стані. Заготовки у вигляді поковок та штамповок при значному їх діаметрі та довжині правлять у нагрітому стані під молотами.

Прутки і заготовки для валів можна правити на пресах – ручних гвинтових, ексцентрикових, гідравлічних, пневматичних та фрикційних. Перед правкою вали перевіряють у центрах. При цьому визначають місця, що підлягають правці. Після цього їх правлять на пресах за допомогою призм.

При великій кількості прутки заготовки правлять на спеціальних правильних верстатах (рисунок 1).

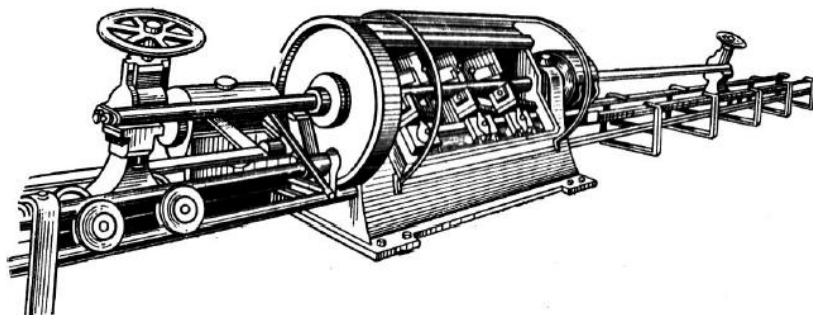


Рисунок 1 – Правильний верстат

На цих верстатах правка здійснюється трьома парами роликів з увігнутою поверхнею, які розташовані в шаховому порядку, причому у першій парі роликів, що подають випрямляти пруток, один ролик розташований над

іншим. Всі шість роликів розташовані в барабані під кутом 70° до осі барабана, який обертається навколо прутка. При обертанні барабана ролики також обертаються і, обкатуючись при цьому навколо прутка, здійснюють процес його правки. Швидкість поступального руху прутка – подача – лежить в межах 5-30 м/хв залежно від швидкості обертання барабана, що приводиться в дію електродвигуном через коробку швидкостей. Перед надходженням в барабан прутки закріплюються в спеціальних стійках, які пересуваються на роликах.

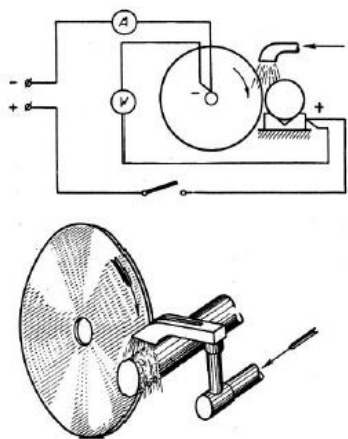
Залежно від ступеня викривлення осі прутка і необхідної прямолінійності поверхні прутки пропускають через барабан від 1 до 6 разів. Точність правки досягає 0,1-0,2 мм на 1 м довжини прутка.

На багатьох заводах зустрічаються також правильні верстати з трьома роликами, що знаходяться в нерухомому барабані і передають обертання прутку. Зважаючи на наявність всього лише трьох роликів продуктивність таких верстатів менше, ніж верстатів з шістьма роликами.

Для прутків діаметром від 3 до 20 мм застосовуються невеликі правильні верстати з однією парою роликів.

Обдирка прутків. Для обдирки прутків використовують бесцентрово-обдирні верстати, на яких можна виконувати обдирання пруткового матеріалу діаметром від 15 до 80 мм, довжиною 7 м.

Розрізання заготовок. Прутки та вали розрізають на приводних ножівках, на пилах – дискових, стрічкових, фрикційних, електро-фрикційних (рисунки 2), токарно-відрізних верстатах (з одним або двома відрізними різцями), відрізних автоматах, що працюють тонким абразивним кругом (використовуються для розрізання загартованої сталі та труб). В механічних цехах розрізання інколи виконують на фрезерних верстатах прорізними фрезами. Прутковий матеріал можна розрізати також на пресах та ножицями, що використовуюється головним чином в заготівельних відділеннях ковальських цехів.



Крім вказаних вище способів прутки, труби і заготовки (штамповки, поковки, відливки) можна розрізати на звичайних токарних, горизонтально-фрезерних та стругальних верстатах. Всі ці способи менш продуктивні і використовуються не в спеціалізованих заготівельних цехах, відділеннях, а в невеличких механічних цехах. Розрізання на горизонтально-фрезерних верстатах відрізними фрезами використовується найбільш часто.

Рисунок 2 –
Електро-фрикційний верстат

Прутковий матеріал можна розрізати також на пресах та ножицями, що використовується головним чином в заготівельних відділеннях ковальських цехів. Крім вказаних вище способів прутки, труби і заготовки (штамповки, поковки, відливки) можна розрізувати на звичайних токарних, горизонтально-фрезерних та стругальних верстатах.

Для розрізання листового матеріалу звичайно застосовують ножиці різних конструкцій: ручні, гільйотинні, роликові. Крім зазначених способів механічного розрізання пруткового і листового матеріалу (деякі з них використовуються і для розрізання труб) застосовується також газове (автогенне), анодного механічне, електроіскрове та ультразвукове розрізання.

Центрування. Центрові отвори у деталях типу валів є базою для ряду операцій: обточування, нарізання різьби, шліфування, нарізання шліців тощо, а також для правки і перевірки деталей, що виготовляються.

При ремонтних роботах центровими отворами користуються як базами для обточування зношених поверхонь або пошкоджених поверхонь шийок валів для правки, шліфування, контролю та при інших операціях. При такому великому значенні центрових отворів центрування необхідно виконувати дуже ретельно: центрові отвори повинні бути правильно засвердленими і мати певні розміри, конусність їх повинна точно співпадати з конусністю центрів верстата. При недотриманні цих вимог центрові отвори швидко втрачають форму та розміри і ушкоджують центри верстата.

На практиці найчастіше застосовують центри у верстатів, а значить, і центрові отвори у заготовок (деталей) з кутом конуса 60° . Іноді при обробці великих, важких деталей цей кут збільшують до 75° , 90° . Центр верстата повинен стикатися з центровим отвором заготовки (деталі) лише по поверхні конуса. У центровому отворі вершина центру не повинна упиратися в заготовку. Тому центрові отвори (ГОСТ 14034-68, рис. 3) завжди мають циліндричну частину малого діаметра d і конічну поверхню з найбільшим діаметром D й кутом конуса 60° (тип А).

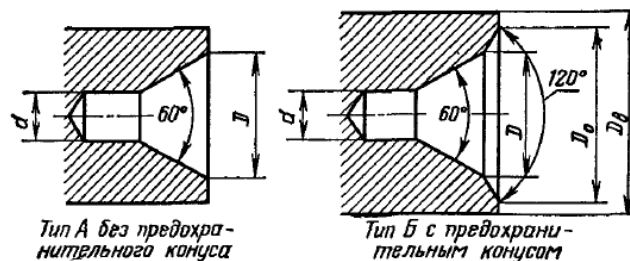


Рисунок 3 – Центрові отвори

Іноді центровий отвір має ще другу конічну поверхню з більшим діаметром D_0 і кутом при вершині конуса 120° (тип Б), яка виконується з

метою уникнення появи на торцях валу задирок при невеликому зносі центрових отворів, щоб оберегти їх при випадковому пошкодженні торців валу або щоб мати можливість підрізати ці торці без зменшення опорної поверхні центрових отворів. Така конструкція центрових отворів застосовується головним чином для оправок і ріжучого інструменту.

В одиничному та дрібносерійному виробництві центрування заготовок виконують на вертикально- та горизонтально-свердлильних, токарних та револьверних верстатах. В серійному виробництві фрезерування і центрування торців заготовок виконуються на фрезерно-центрувальних верстатах, у масовому – на фрезерно-центрувальних напівавтоматах. Виконують і роздільне фрезерування торців на повздовжньо-фрезерних, а центрування – на двосторонніх чи односторонніх верстатах.

Фрезерування торців виконують з установкою в призмах з базуванням заготовки в осьовому напрямку. Базою служить уступ, розташований посередині заготовки, чи торець. Так забезпечуються рівні припуски на обробку для кожного торця. Розміри центрових отворів призначають за ГОСТ 14034-74 в залежності від діаметра заготовки і навантаження на центр. Стандарт установлює вісім форм центрових отворів.

В одиничному і дрібносерійному виробництвах центрування заготовок виконують двома інструментами: спіральним свердлом, яким свердлять циліндричний отвір невеликого діаметру, і зенківкою, яка утворює конічну поверхню (рис. 4, а)

В крупносерійному і масовому виробництвах центрування заготовок виконують спеціальними комбінованими центрувальними свердлами (рис. 4, б, в), а після термічної обробки валів центрувальні отвори правлять на центрошліфувальних верстатах.

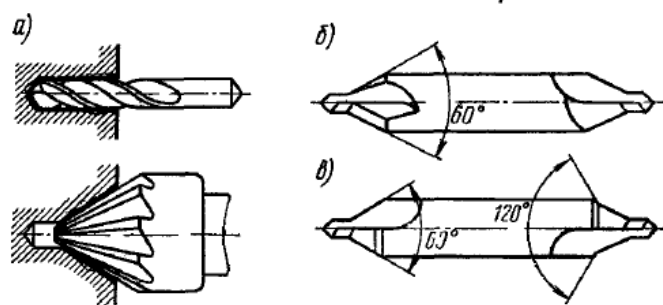


Рисунок 4 – Інструменти для центрування

На фрезерно-центрувальних верстатах у заготовки спочатку фрезерують торці одночасно з обох боків, після чого комбінованими центровими свердлами одночасно свердлять обидва кінця валу (рисунок 5).

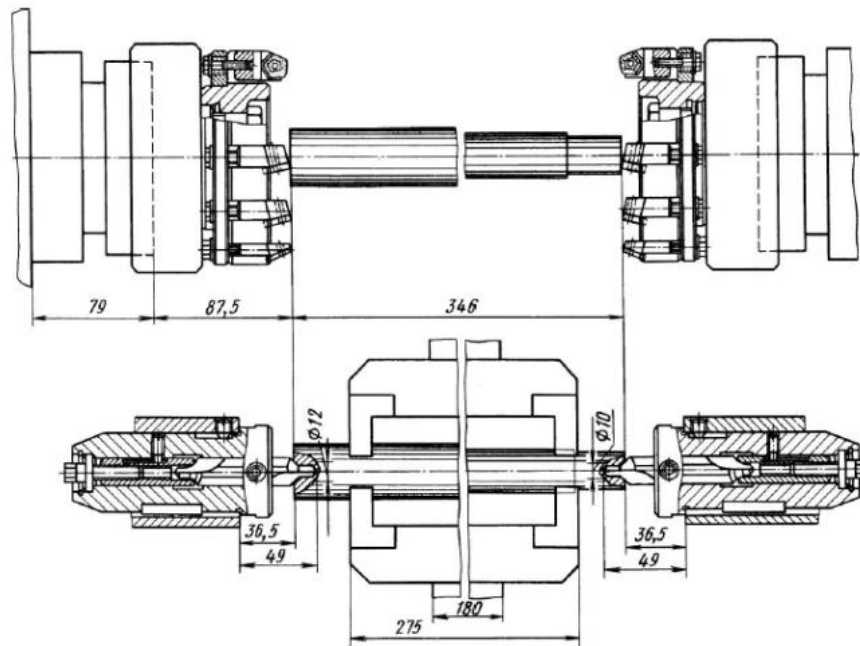


Рисунок 5 – Наладка фрезерно-центрувального верстата

Як технологічні бази на цій операції використовують зовнішні поверхні заготовки, встановлюваної в призми, і торець. У порожнисті заготовки після підрізування торця і обробки отвору з двох сторін вводять пробки або облямовування з отворами, що зацентровують, або на кромці отвору знімають конічні фаски, використовувані як технологічні бази. Технологічною базою при чорновій обробці зовнішньої поверхні заготовки тіла обертання (валу) є поверхні центрових отворів.

Деякі моделі фрезерно-центрувальних верстатів дозволяють окрім фрезерування торців та центрування отворів також обточувати крайні шийки валу з одного установу, що створює, таким чином, основні технологічні бази з мінімальними похибками. Більшість фрезерно-центрувальних верстатів можна вмонтовувати в автоматичну лінію.

Двобічний фрезерно-центрувальний верстат має дві позиції для закріплення заготовки, на яких проводиться послідовно фрезерування та центрування. Фрезерно-центрувальні верстати барабанного типу одночасно фрезерують та центрують дві заготовки без знімання їх з верстату. Ці верстати продуктивні, але громіздкі і складні в наладці. В існуючих автоматичних лініях використовують верстати для фрезерування торців і верстати для центрування.

3 Токарна обробка ступінчастих валів

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно-копіювальних, горизонтальних багаторізцевих верстатах, на вертикальних одношпиндельних та багатошпиндельних автоматах, а також на верстатах з ЧПУ.

Деталі встановлюють в центрах верстата або закріплюють у патроні чи на планшайбі. Заготовки коротких деталей, поковки, штамповки, відливки закріплюють у трьохкулачкових і менш часто у чотирьохкулачкових патронах. Вали з відношенням довжини до діаметра більш 12 обточують з використанням рухомих та нерухомих люнетів.

Базування валів на центрах верстата не забезпечує: стабільності їх положення в осьовому напрямку, тому що глибина центрових отворів може бути різною за рахунок появи похибки центрування. З метою зменшення цієї похибки застосовують центрування з упором у торець.

Для обертання заготовки використовують повідковий центр і хомутик, застосування яких пов'язано з рядом недоліків. До них відносяться: великий допоміжний час на установку і зняття хомутика, неможливість обробки деталі по всій довжині без її переустановки, труднощі забезпечення безпечних умов роботи через виступаючі частини у хомутика і повідкового патрона.

Зазначених недоліків не мають швидкодіючі повідкові пристрої сучасних конструкцій, що забезпечують як правильне базування деталі, так і передачу моменту без використання хомутика. Застосовуються вони при обробці невеликих валів з однієї установки на прохід по всій довжині.

При обробці довгих (нежорстких) валів, коли відношення довжини деталі до її найбільшого діаметра складає більше 12, застосовують люнети. Вони бувають рухомими і нерухомими. Нерухомий люнет встановлюють і закріплюють на станині верстата.

Люнети встановлюються на попередньо оброблені поверхні. Тому при обробці заготовок спочатку обточують (з малими швидкостями і подачами) шийки під люнет або надягають на заготовку спеціальну муфту під люнет. На рис. 6 представлена схема обробки валу в нерухомому люнеті. Так обробляють ступінчасті нежорсткі та особливо важкі вали.

При обробці гладких нежорстких циліндричних деталей на верстаті з висотою центрів менше 500 мм застосовують рухомий люнет, що встановлюється і закріплюється на супорті і при роботі переміщується разом з ним. При обробці деталі з рухомих люнетом шийку проточувати не треба, тому що базою для установки кулачків може служити оброблена поверхня, по якій вони переміщуються. Основна технологічна задача при обробці ступінчастих валів – забезпечення розташування осей всіх оброблюваних ступеней валу на одній геометричній лінії для зменшення радіального биття.

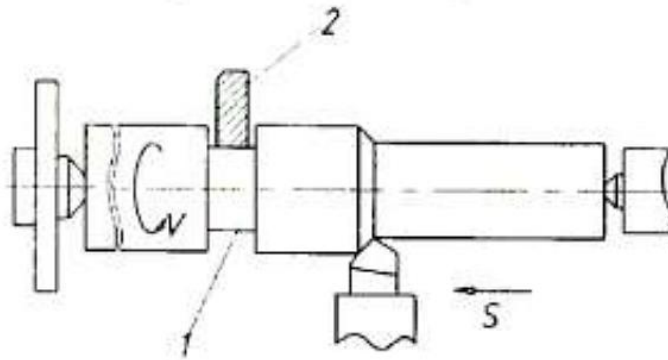


Рисунок 6 – Схема обробки валу за допомогою нерухомого люнету

У загальному випадку обробку валів можна розділити на чорнову, чистову і оздоблювальну. Їх можна обробляти по принципах диференціації чи концентрації операцій.

Принцип концентрації операцій при токарній обробці здійснюється при обточуванні одночасно декількох поверхонь декількома інструментами на багаторізцевих верстатах. Такі верстати-напівавтомати широко використовуються у серійному та масовому виробництвах. Зазвичай на багаторізцевих верстатах є два супорти – передній та задній. Передній супорт призначений для поздовжнього обточування заготовок. Задній супорт призначений для підрізання торців, прорізання канавок, фасонного обточування. Кількість різців на багатомісцевих супортах може досягати 20. Багаторізцеві верстати з великою відстанню між центрами мають два передніх і два задніх супорти. Рухи супортів автоматизовані.

Ступінчасті вали обробляють на токарних гідро-копіювальних напівавтоматах. Такі верстати легко вмонтовуються в автоматичні лінії. Обточують вали зазвичай одним різцем, який розташований у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізні або канавкові різці розташовуються у нижньому супорті. Верстат налаштовують на розмір тільки по одній шийці валу, оскільки отримання інших розмірів забезпечується копіром та системою для стеження на верстаті. Обточувати вали на гідро-копіювальних верстатах можна за 1, 2, 3 та 4 проходи. Кожний прохід здійснюється по окремому копіру. Після кожного проходу супорт з різцем переміщується у початкове положення, а барабан, на якому встановлені всі копії, обертається у відповідне положення.

Сучасні токарно-копіювальні верстати на 50 - 100 % продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні типорозмірів. На токарно-копіювальних верстатах сучасних моделей можна виконувати чорнову обробку багаторізцевим супортом, а чистове обточування – однорізцевим копіювальним супортом, при чому при закріпленні валу торцевим повідком обробку можна робити з одного установа. Останні моделі

деяких токарно-копіювальних верстатів мають декілька (до п'яти) копіювальних супортів, що рухаються незалежно один від одного.

Завдяки суміщенню в одній операції декількох переходів та використанню багатоінструментальних наладок у серійному виробництві на токарно-револьверних верстатах здійснюють різноманітну багатоперехідну обробку валиків та втулок замість роздільного використання тих же переходів на токарних, свердлильних та інших верстатах.

На багатошпindelьних вертикальних напівавтоматах безперервної дії при установці в центрах оброблюють деталі типу валів. На цих верстатах за одну установку заготовку обробляють тільки на одній позиції, при чому при обробці знаходиться одночасно декілька (за числом шпindelів мінус один) заготовок. Отже, декілька заготовок оброблюють якби одночасно на декількох одношпindelьних автоматах, що налаштовані на одну й ту ж операцію. Багатошпindelьні автомати безперервної (паралельної) дії призначені для обробки валів нескладної форми в центрах або патронах. На них обточують поверхні, розточують отвори, підрізають торці або здійснюють комбінацію цих переходів при попередній та остаточній обробці. Наладки напівавтоматів дозволяють здійснювати одно-, дво- та три циклову обробку заготовок.

В умовах серійного виробництва операції токарної обробки валів доцільно виконувати на верстатах з ЧПУ. Ці верстати забезпечують ефективно зняття стружки на чорнових та чистових переходах, допускають практично необмежену концентрацію в одному установі різних видів робіт. На верстатах з ЧПУ забезпечується максимальна автоматизація процесу обробки при мінімальному об'ємі ручних робіт. Робочі та допоміжні рухи різального інструменту, зміна режимів різання, подача охолоджувальної рідини, зміна різальних інструментів тощо виконується автоматично. Для скорочення часу зняття та установки верстати обладнують автоматичними патронами, механізують або автоматизують переміщення задньої бабки та пінолі. Для скорочення витрат часу на переналадку та підналадку на деяких верстатах можлива заміна інструменту без припинення автоматичного циклу. Суттєво скорочується також простій верстату, пов'язаний з замірами деталей, за рахунок використання вимірювальних щупів та введення корекцій у процес обробки.

Висока концентрація обробки на одному верстаті дозволяє довести до мінімуму число установів та переустановів заготовок, пов'язаних з участю робочого. Заготовки, деформація яких при зніманні великих припусків не виходить за межі, передбачені технічними вимогами до операції, необхідно обробляти як правило за один-два установи.

Заготовки для центрових робіт, що подаються на верстати з ЧПУ, повинні мати центрові отвори і хоча б один оброблений торець.

У серійному виробництві токарні верстати з ЧПУ можна ефективно використовувати не тільки для повної токарної обробки, але й в технологічному процесі поряд з токарними верстатами з ручним управлінням, револьверними верстатами, копіювальними та іншими напівавтоматами. При цьому на верстатах з ЧПУ доцільно обробляють точні та взаємозв'язані поверхні, поверхні складної форми, наприклад, конуси, сфери, канавки. На верстатах з ручним управлінням виконують попередню підготовку центральних отворів, центрових гнізд та торців валів; поверхонь під затискання та встановлення заготовок в люнети; обробку на шліцьових та циліндричних оправках та інших спеціальних пристосуваннях без точної орієнтації вздовж осі обробки, нарізання різьби, накатку рифлень, зняття фасок напилком та полірування, а також поверхонь, що виготовляються за попередніми замірами.

Вимоги до технологічності конструкції деталей типу тіл обертання з урахуванням особливостей їх обробки на верстатах з ЧПУ зводяться до наступного.

1 Деталь повинна бути утворена із поверхонь, конфігурація яких дозволяє їх утворення при обертанні заготовки відносно осі. Кожна із поверхонь повинна бути відкрита з однієї із сторін для підводу різального інструменту при його переміщенні, що забезпечує утворення поверхні.

Для обробки на звичайних токарних верстатах найбільш технологічною вважається форма виробу, яка складається з як найменшого числа циліндричних ділянок (ступеней) та прямих торців. Для верстатів з ЧПУ утворення більшого числа циліндричних та конічних ступеней, сферичних та інших фасонних поверхонь не пов'язано з перешкодами їх виготовлення, але незначно збільшує трудомісткість програмування. Використання токарних верстатів з ЧПУ відкриває можливість поліпшення функціональних властивостей виробів за рахунок конструювання виробів складної форми, які більш відповідають своєму призначенню за конфігурацією. З розширенням використання верстатів з ЧПУ суттєво збільшується застосування виробів складної форми.

2 Конфігурація виробу повинна дозволяти її повну (чорнову чи чистову) обробку на одному установі. Для цього заготовка (виріб) повинна бути достатньо жорсткою, не деформуватися при знятті великого припуску або від сил затискання; мати розвинену поверхню під затискні кулачки при обробці в патроні, місце для кулачків або повідків при обробці в центрах. Заготовка, крім того, не повинна потребувати термічної обробки поміж чорновими та чистовими операціями.

3 Поверхні виробу, що обробляють, не повинні перетинатися поверхнями, що виступають і не можуть бути утворені при обертанні. Наявність таких поверхонь заважає підходу звичайного інструменту, супортів, дуже часто потребує використання спеціального інструменту з великими вільотами.

4 Усі пов'язані технічними вимогами поверхні виробу повинні бути доступні для обробки на одному установі. При цьому у заготовок, що оброблюють у патроні, розміри зовнішніх поверхонь повинні збільшуватися при приближенні до патрону, а розміри внутрішніх поверхонь – зменшуватися.

5 Місця стикання циліндричних, конічних, криволінійних поверхонь з торцевими поверхнями повинні за можливістю бути одного радіусу, якщо в цих місцях немає канавок, виточок або інших елементів.

6 Канавки, виточки, заглиблення на зовнішній та внутрішній поверхнях бажано відповідно уніфікувати, забезпечивши спроможність їх утворення одним різцем для зовнішньої обробки і одним – для внутрішньої.

Різке скорочення витрат при обробці виробів на верстатах з ЧПУ, як показують розрахунки, може бути досягнуто за рахунок широкого використання типізованих технологічних рішень, перевірених в конкретних виробничих умовах.

З метою типізації операційної технології усю різноманітність поверхонь виробу поділяють на основні та додаткові форми.

Чорнова та чистова обробки валів виконуються за різними схемами.

Токарні верстати з ЧПУ (16K20Ф3, 1Б732Ф3, 1713Ф3, 1М63Ф306 тощо) оснащують одним чи двома супортами з поворотними різцетримачами, револьверною головкою і супортом. Залежно від обраної схеми можлива послідовна, рівнобіжна і паралельно-послідовна обробка. При виборі схеми обробки варто враховувати особливості конструкції верстатів із ЧПУ. На цих верстатах звичайно по програмі змінюється лише подача: частота обертання шпинделя в більшості випадків не регулюється, і при проектуванні операцій обробки її встановлюють по діаметру середньої шийки валу.

Токарні верстати з ЧПУ вигідно застосовувати при обробці складних багатоступінчастих заготовок, особливо з криволінійними поверхнями.

Отвори свердлять на одношпиндельних чи багатошпиндельних верстатах. Тип верстата і схема установки залежать від конструкції валу і розташування отворів.

4 Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах

Шпонкові канавки на валах виготовлюють для призматичних та сегментних шпонок. Шпонкові канавки для призматичних шпонок можуть бути закритими з двох сторін (глухі), закритими з однієї сторони та наскрізними.

Шпонкові канавки виготовлюють різними способами в залежності від конфігурації канавки та виду інструменту, який використовують. Вони виготовляються на горизонтально-фрезерних або вертикально-фрезерних верстатах загального призначення або спеціальних.

Наскрізнi та закритi з однієї сторони шпонкові канавки виготовляють фрезеруванням дисковими фрезами. Фрезерування канавки відбувається за один-два проходи. Цей спосіб найбільш продуктивний і забезпечує достатню точність ширини канавки. Використання цього способу обмежує конфігурація канавок: закриті канавки з закругленнями на кінцях не можна виготовити цим способом. Такі канавки виготовляються кінцевими фрезами за один або декілька проходів.

Фрезерування кінцевою фрезою за один прохід відбувається таким чином: спочатку фреза при вертикальній подачі проходить на повну глибину канавки, а потім вмикається повздовжня подача, на якій шпонкова канавка фрезерується на повну довжину. При цьому способі потрібен потужний верстат, місце закріплення фрези та рясне охолодження. Цей спосіб дає неточний розмір канавки за шириною внаслідок зносу діаметру фрези.

Для отримання за шириною точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двоспіральними фрезами з лобовими різальними кромками. При цьому способі фреза врізається на 0,1 - 0,3 мм і фрезерує канавку на всю довжину, потім знову врізається на ту ж глибину і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку і так далі. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному та масовому виробництві. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення канавки в порівнянні з фрезеруванням за один прохід і тим паче з фрезеруванням дисковою фрезою.

Наскрізнi шпонкові канавки валів можна обробляти на стругальних верстатах. Канавки на довгих валах стругають на поздовжньо-стругальних верстатах. Канавки на коротких валах стругають на поперечно-стругальному верстаті. Ці способи поширені в індивідуальному та дрібносерійному виробництві.

Шпонкові канавки під сегментні шпонки виготовляють фрезеруванням за допомогою кінцевих дискових фрез.

5 Обробка шліців на ступінчастих валах

Шліци на валах виготовляють: фрезеруванням з наступним шліфуванням, шліцьонакатуванням, протягуванням, шліцьоструганням.

У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізують шліци на шліцьофрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатування. Нарізати шліци можна за один або два робочих ходи в залежності від потрібної точності. Можна використовувати багатозахідну черв'ячну фрезу

для чорнового фрезерування, яка збільшує продуктивність, але потрібної точності не дає.

Шліці валів невеликих діаметрів (до 100 мм) фрезерують за один прохід, великих діаметрів – за два проходи.

Чорнове фрезерування шліців, особливо великих діаметрів інколи проводиться фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, що мають ділильні механізми. Методом копіювання отримують шліці за допомогою шліцьової дискової фрези; за допомогою трьох фрез (спочатку двома фрезами фрезерують бокові поверхні шліців, а потім третьою фрезою внутрішню поверхню шліців); двома дисковими фасонними фрезами.

Чистове фрезерування шліців дисковими фрезами дозволяється у випадку відсутності спеціального верстата або інструмента, тому що воно не дає достатньої точності за кроком і шириною шліців. Існує метод нарізання прямобічних шліців попереднім фрезеруванням фасонними дисковими фрезами і чистовим фрезеруванням бокових поверхонь шліців торцевими фрезами, оснащеними пластинами із твердого сплаву.

Стругання шліців на валах відбувається набором фасонних різців, зібраних у головці. Їх кількість і профіль відповідають числу шліців і профілю западини між шліцами валу. Число подвійних ходів головки визначається глибиною різання за один робочий хід. За кожний подвійний хід різці сходяться радіально на величину подачі. Цим методом можна обробляти як наскрізні, так і ненаскрізні шліці. В останньому випадку передбачається канавка для виходу різців глибиною не менш 6 – 8 мм і швидке відведення різців від заготовки.

Одним із методів виготовлення шліців на поверхні валів є протягування їх на горизонтально-протяжних верстатах спеціального пристосування. Для протягування наскрізних шліців використовується спеціальна протяжка з ножами, профіль різальної частини яких відповідає формі шліца.

Кожний шліц протягується по чергово за допомогою подільного пристрою. Також існує шліцьопротягування за допомогою двох блочних протяжок, які складаються із набору різців-зубчат, що незалежно рухаються у радіальному напрямку. Цей метод дозволяє обробляти наскрізні і ненаскрізні шліці одночасно діаметрально протилежних западин на валу з наступним поворотом валу на визначений кут після кожного ходу протяжки.

Великі перспективи має холодне протягування шліців, при якому шліці утворюються пластичним деформуванням без зняття стружки. Накатка виконується роликами, рейками та багатороликовими профільними головками. Ущільнення шару металу при накатуванні підвищує міцність шліцьових валів. У ряді випадків холодне накатування дозволяє вилучити термічну обробку і подальшу механічну. Шліці евольвентного профілю з модулем до 2,5 мм отримують холодним накатуванням двома або трьома роликами. Шліці довжиною до 80 – 100 мм можна накатувати рейками. Для накатування шліців

високої точності заготовки повинні бути попередньо оброблені по зовнішньому діаметру. Діаметр заготовки являє собою середнє арифметичне між діаметром кола виступів і діаметром кола западин зуба.

Накатування шліців без нагріву деталі здійснюється також багаторошковими накатними головками. Усі шліци накатуються одночасно, без обертання деталі на спеціальних верстатах з гідроприводом, гідрозатискувачем деталі та зі змінною роликовою головкою.

6 Нарізання різьби на валах

В конструкціях валів зустрічаються зовнішні та внутрішні кріпильні різьби.

Внутрішні різьби на валах зазвичай нарізують машинними мітчиками та різбовими різцями на різьбонарізних, свердлильних, револьверних, агрегатних напівавтоматах та автоматах, а також токарних, фрезерних верстатах та багатоопераційних верстатах з ЧПУ. Верстати повинні мати швидкий реверс шпинделя для швидкої зміни напрямку робочого обертання на зворотне, коли різьба буде нарізана до потрібної глибини. При нарізанні глухих різьб для точної зупинки руху подачі та обертання мітчика використовують патрони, що самі вимикаються.

Зовнішні різьби на валах нарізають плашками, різбовими фрезами, різьбонарізними головками, гребінками, різбовими різцями, а також формуються накатуванням (один із методів пластичного деформування). Різьбу накатують інструментом з плоскою (плашки, рейки) та круглою (ролики) робочою частиною.

Калібрування різьби виконують плашками з доведеними різальними кромками.

Різьби на шейках, що загартовуються, нарізають до термічної обробки, а на тих що не загартовуються – після їх остаточного шліфування, чим зменшується небезпека ушкодження різьби при транспортуванні заготовок.

Метод утворення різьби залежить від її класу точності. Дія валів з різьбою 2-го класу точності в часовому і крупносерійному виробництві застосовують різьботокарні напівавтомати 1920 і 1921. Нарізування різьби здійснюють інструментом із твердого сплаву по автоматичному циклу. Дія утворення різьби 2-го класу точності застосовують різьбонакатні (5А932 та 5А936) і різбофрезерні (КТ-45, КТ-43, КТ-86) верстати. У серійному і дрібносерійному виробництві різьбу 2-го класу точності одержують на токарно-гвинторізних верстатах звичайним чи вихровим методом. Різьбу 3-го класу точності нарізають на універсальних токарних, а в окремих випадках, на болторізних верстатах. Більш точним і продуктивним є нарізання різьби на

верстатах з ЧПУ, особливо для середньо- і дрібносерійного виробництва. При нарізанні різьби на зовнішній поверхні валу, щоб полегшити роботу, варто передбачати канавки для виходу інструменту або збігу різьби. Діаметри шийок під нарізування різьби виконують за 3-м класом точності і для гладких поверхонь.

7 Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень

Гвинтова поверхня циліндричних черв'яків в залежності від серійності може бути нарізана за допомогою профільних різців на токарно-гвинторізних верстатах або за допомогою дискових фрез – на універсально-фрезерних, різьбофрезерних та спеціальних верстатах.

Фрезерування дисковими фрезами в основному застосовують для чорнового нарізання витків черв'яка. У цьому випадку використовують фрези з прямо лінійним профілем. Остаточне нарізання гвинтової поверхні рекомендується виконувати різцями з прямолінійною різальною кромкою. Потрібний профіль витка забезпечується при цьому відповідною установкою різця.

У крупносерійному та масовому виробництвах нарізання черв'яків здійснюють круглим довбачем на спеціальних або універсальних зубофрезерних верстатах, оснащених протяжним супортом.

При обробці черв'як і довбач обертаються (їх осі обертання перетинаються під прямим кутом), а одночасно довбач здійснює відносне переміщення вздовж осі черв'яка.

В умовах крупносерійного та масового виробництва черв'яки нарізують кільцевими різцевими головками на токарних верстатах, а також торцевою різцевою головкою, яка буде оснащена пластинами із твердого сплаву, на вертикально-фрезерних верстатах, що обладнані спеціальним пристосуванням.

Нарізання черв'яків черв'ячними фрезами за методом обкату здійснюють на універсальних зубофрезерних та шліцефрезерних верстатах.

Основний метод обробки циліндричних зубів – зубофрезерування. Зубофрезерування виконують черв'ячною фрезою на одношпindelних та двошпindelних зубофрезерних верстатах за один або два проходи. У випадку, коли немає вільного виходу фрези, використовують зубодовбання. Існує також гаряче та холодне накатування зубів.

Конічні зубчата виготовляють фрезеруванням дисковими та пальцевими модульними фрезами за методом копіювання на спеціальних та фрезерних верстатах. Дискові фрези використовують для чорнового нарізання прямих

зубів в умовах крупносерійного виробництва та для чистового нарізання невеликих зубів невисокої точності в одиничному виробництві.

Пальцеві фрези використовують для нарізання крупних прямих та криволінійних зубів невисокої точності. Нарізання конічних прямих та косих зубів в умовах одиничного та серійного виробництва відбувається струганням на спеціальних зубостругальних верстатах методом обкату за допомогою двох стругальних різців. Нарізання прямих крупномодульних конічних зубів здійснюють струганням одним або двома різцями по копіру за чотири – п'ять робочих ходів. Цей спосіб дозволяє нарізати зубчата будь-якого профілю, що визначається формою змінного копіру.

Фрезерування двома дисковими фрезами за методом обкатування відбувається на спеціальних зубофрезерних верстатах в умовах крупносерійного виробництва. Так нарізують прямі та конічні зубчата з прямим або бокоподібним профілем у поздовжньому перетині.

Нарізання зубів круговою протяжкою є найбільш продуктивний метод виготовлення прямих конічних зубів невеликого діаметру методом копіювання.

Профіль зуба може мати як пряму, так і бочкоподібну форму. Так нарізують зубчата у масовому виробництві на спеціальних автоматах та напівавтоматах, що мають пневматичні блокувальні пристрої для контролю точності встановлення заготовки та пристрої для утворення гарантованого натягу у кінематичному ланцюгу.

Фрезерування торцевими різцевими головками використовують для нарізання конічних криволінійних зубів. Обробку здійснюють на спеціальних верстатах за методом копіювання (врізання) або обкату. За методом копіювання заготовка залишається нерухомою, а різцева головка обертається та пересувається вздовж осі та прорізає впадину зуба. За методом обкату заготовка та різцева головка здійснюють узгоджене обертання.

У валів-шестерень, що призначені для коробок передач, де відбувається перемикання на ходу, для полегшення вмикання роблять закруглення торців зубів на спеціальних зубозакруглювальних верстатах за допомогою пальцевих фрез методом копіювання. В процесі роботи пальцева фреза обертається та одночасно пересувається по дузі зі зворотно-поступовим рухом вздовж кромки зуба шестерні, яка періодично відводиться в осьовому напрямку, повертається навколо осі на один зуб та відводиться до фрези.

8 Шліфування шийок та торців валів

Найбільш відповідальними операціями, що впливають на якість валу є операції чистової обробки шийок та їх торців. Точність вказаних поверхонь досягається шліфуванням в умовах одиничного та серійного виробництва на універсальних шліфувальних верстатах та шліфувальних верстатах з ЧПУ, в умовах крупносерійного та масового виробництва – на безцентрово-шліфувальних, торцекруглошліфувальних, багатокругових верстатах, а також верстатах з декількома шліфувальними бабками.

Існують два способи круглого шліфування: шліфування з поздовжньою подачею та шліфування з поперечною подачею (врізне); а також три схеми круглого шліфування: з поздовжньою подачею, з поперечною подачею, шліфування торців та шийок валу.

Відповідальні поверхні валів підлягають: притирці, суперфінішуванню, поліруванню, обкатці роликми. Притирку використовують для покращення точності форми, зменшенню шорсткості та хвилястості. Суперфінішування використовують для зменшення параметрів шорсткості поверхні. Полірування виконують також з метою зменшення шорсткості обробленої поверхні та надання їй дзеркального блиску. Обкатування (пластичне деформування мікронерівностей) роликми призводить до підвищення твердості поверхневого шару, виникнення стискаючих напруг, зменшення параметрів шорсткості і, як наслідок, покращення експлуатаційних властивостей виробу.

Шийки валів шліфують за дві операції попередньо і остаточно, а вали – на круглошліфувальних верстатах методом повздовжньої або поперечної подачі з установкою заготовки в центрах; гладкі та ступінчасті вали шліфують також на безцентрово-шліфувальних верстатах. Шліфування з поперечною подачею (врізне) відрізняється високою продуктивністю, особливо при обробці набором кругів, коли одночасно шліфують кілька шийок валу. Загальна ширина круга досягає при цьому 300 мм.

При врізному шліфуванні обробка шийок валу часто ведеться в автоматичному циклі. Одночасне шліфування шийки і торця уступу виконують на торцешліфувальних верстатах 3Т16Е з нахилом круга. На верстатах цього типу можна більш точно витримати лінійний розмір від базового торця, застосовуючи установку на плаваючий передній центр. Шийки і торці уступів можна обробити також на звичайному круглошліфувальному верстаті, застосовуючи круг з піднутрінням на торці. Для підвищення продуктивності праці на шліфувальних операціях передбачають пристрої для контролю розмірів в процесі обробки і вимикання подачі при досягненні заданого розміру.

Для умов одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва знаходять все більше застосування круглошліфувальні верстати з ЧПУ. Верстат

ЗА151У призначений для врізного і повздовжнього шліфування. В ньому передбачена аналогова вимірювальна система керування з числовим введенням координат. В систему входять прилад активного контролю; прилади, що контролюють переміщення шліфувальної бабки і столу верстата; прилад для початкової осьової орієнтації заготовки, командно-відліковий пристрій для завдання розмірів і відліку відпрацьованих координат. Це дозволяє скоротити час обробки в 1,5-2 рази в порівнянні з обробкою на верстаті з ручним керуванням. Продуктивність шліфування підвищують також шляхом використання верстатів, що працюють за принципом силового шліфування зі швидкостями різання 50-80 м/с.

Точність форми шийок валу після шліфування залежить від стану центрових отворів; тому перед чистовим шліфуванням центрові отвори виправляють за допомогою конусного абразивного круга або притирання. При шліфуванні шийок передбачають канавки для виходу шліфувального круга. Для полегшення обробки шийки валу, що мають той самий розмір, але різні посадки, розмежовують канавками. Безцентрове шліфування здійснюють при наскрізній подачі (на прохід) чи поперечній подачі врізанням. Жорсткість технологічної системи при безцентровому шліфуванні у 1,5-2 рази вища жорсткості системи при круглому шліфуванні. Тому при безцентровому шліфуванні режими різання підвищують у 1,5-2 рази; у той самий час полегшується задача обробки нежорстких валів. Однак при шліфуванні в центрах можна одержати більш круглі шейки і їх точну співвісність. Безцентрові верстати легко автоматизуються і вбудовуються в автоматичні лінії.

9 Способи остаточної обробки зубів

Остаточна чистова обробка зубів здійснюється наступними способами: обкаткою, шевінгуванням, шліфуванням, притиркою та припрацюванням.

Обкатка – це процес отримання гладкої поверхні незагартованих зубів шляхом обертання шестерні між трьома загартованими шліфованими зубчастими колесами (еталонами). При цьому досягається деяке виправлення незначних похибок у формі зуба.

Шевінгування – це процес чистової обробки зубів, при якому відбувається зняття дуже дрібних волосоподібних стружок. В наслідок чого значно виправляється ексцентриситет початкового кола, помилки у кроку, у профілі евольвенти та у куті підйому гвинтової лінії. Шевінгування (або інакше шевінг процес) відбувається двома способами. За першим способом шевінгування виконується за допомогою спеціального інструменту – шевера. Шевер виконано у вигляді ріжучого зубчастого колеса з прорізними на бічних сторонах кожного зуба канавками глибиною 0,8 мм. Ці канавки утворюють

ріжучі кромки, які й знімають стружку. За другим способом шевінгування виконується за допомогою шевер-рейки, який складається з окремих зубів з канавками, що й утворюють ріжучі кромки на боках кожного зуба. Шевінгування зубів виконують до термічної обробки – загартовування. Шліфування зубів збільшує точність незагартованих та особливо загартованих зубчастих шестерень, які деформуються під час термічної обробки. Шліфування зубів з евольвентним профілем здійснюють: методом копіювання за допомогою фасонного шліфувального круга з евольвентним профілем; методом обкатки. Верстати, що працюють за методом копіювання, обладнані шліфувальним кругом, профіль якого відповідає впадині зубів. Круг шліфує обидві сторони двох сусідніх зубів. Такі верстати використовуються у масовому, крупносерійному, а інколи і середньосерійному виробництві. Метод обкатки менш продуктивний, але більш точний. Поширений спосіб шліфування зубів методом обкатки здійснюється на зубошліфувальних верстатах з двома тарілковими кругами, що розташовані один відносно другого під кутом 30° або 40° і утворюють як би профіль розрахункового зуба, за яким і відбувається обкатка зубчастої шестерні. Використовується також шліфування зубів методом обкатки одним дисковим кругом, який представляє як би зуб рейки. Більш прогресивним методом є шліфування зубів методом обкатки на верстатах з двома дисковими абразивними кругами, що розташовані паралельно. Продуктивність цих верстатів значно вища, ніж верстатів з одним таким же кругом. Криволінійні зубчата конічних шестерень шліфуються чашковим абразивним кругом. Перетин бокових сторін круга повинен мати профіль зуба рейки.

Притирка (лаппінг процес) широко використовується для чистової, остаточної обробки зубів після їх термічної обробки замість шліфування. Суть цього способу полягає в тому, що виготовлювана шестерня обертається в зачепленні з чавунними шестернями-притирками, які обертаються та змащуються пастою-сумішшю дрібного абразивного порошку з маслом. Притирка дає поверхні високої якості, вона вирівнює нерівності та шорсткість, надає дзеркальний блиск поверхні, значно зменшує шум та підвищує плавність роботи зубчастого з'єднання.

Припрацювання зубів відрізняється від притирки тим, що притираються не шестерня з притиром, а шестерня з зубчастим колесом, які будуть працювати разом у складеній машині. Припрацювання відбувається за допомогою абразивного матеріалу, який прискорює процес припрацювання та надає зубчаткам гладку поверхню.

10 Шліфування шліців

У випадку центрування шліцьових валів по зовнішньому діаметру шліфують тільки зовнішню циліндричну поверхню валу на звичайних шліфувальних верстатах.

У випадку центрування шліцьових валів по внутрішньому діаметру шліці шліфують за дві окремі операції. У першій операції шліфують тільки впадини по внутрішньому діаметру, а у другій операції – бокові сторони шліців. Вал дискретно обертається після кожного подвійного ходу стола верстата. Для об'єднання двох операцій в одну використовують верстати, на яких шліці шліфують одночасно двома кругами: один шліфує впадину, а два інших – бокові поверхні шліців.

Існує також спосіб шліфування внутрішньої та бокових поверхонь шліців одночасно фасонним кругом.

11 Накатування рифлень

У деяких випадках на гладких валах виконують накатування рифлень за допомогою накатних загартованих роликів на універсальних верстатах або спеціальних накатних верстатах. Накатка буває прямою та перехресною, крупною, середньою або мілкою в залежності від розмірів зубчат на роликах