

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**В.М. Доля, О.В. Доля**

**ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Конспект лекцій**

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 24.12.2014 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2015

УДК 621.81(072)

ББК 34.44я73

Д 64

*Рецензенти:*

*І.М. Пижов, д-р техн. наук, проф.каф. «ИТМ», НТУ «ХП»*

*В.П. Манаков, к.т.н., проф. каф. «МСТ», ХНУРЕ*

**Доля В.М.**

**Д 64** Технологія обробки деталей машин : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХП», 2015. – 112 с.

У конспекті лекцій розглянуті питання обробки типових деталей – валів та корпусів в умовах одиничного, серійного та масового типів виробництва. Подані методи обробки типових поверхонь деталей. Надані типові технологічні процеси виготовлення деталей машин.

Призначено для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання.

Іл. 40 Табл. 7. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 621.81(072)

ББК 34.44я73

© В.М. Доля, О.В. Доля 2015

© НТУ «ХП», 2015

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ТИПІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	6
1.1. Виробничий та технологічний процес.....	6
1.2. Типовий технологічний процес.....	9
1.3. Класифікація деталей машин. Типова деталь.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ.....	16
2.1. Службове призначення валів.....	16
2.2. Класифікація ступінчастих валів.....	17
2.3. Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів.....	17
2.4. Попередня обробка заготовок.....	21
2.5. Токарна обробка ступінчастих валів.....	24
2.6. Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах.....	30
2.7. Обробка шліців на ступінчастих валах.....	32
2.8. Нарізання різьби на валах.....	35
2.9. Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень.....	35
2.10. Шліфування шийок та торців валів.....	39
2.11. Способи остаточної обробки зубів.....	40
2.12. Шліфування шліців.....	43
2.13. Накатування рифлень.....	43
2.14. Типові технологічні процеси виготовлення валів....	44
3. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ.....	55
3.1. Службове призначення корпусних деталей.....	55
3.2. Класифікація корпусних деталей.....	55
3.3. Матеріали та способи отримання заготовок корпусних деталей.....	57
3.4. Технічні вимоги до корпусних деталей.....	61
3.5. Вибір баз та загальна послідовність обробки корпусних деталей.....	62
3.6. Обробка зовнішніх поверхонь корпусних деталей....	65
3.7. Методи обробки головних отворів.....	74

3.8. Обробка кріпильних та інших отворів корпусних деталей.....	82
3.9. Контроль корпусних деталей.....	84
4. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТАХ.....	90
4.1. Багатоцільові верстати.....	90
4.2. Агрегатні верстати.....	91
4.3. Верстати з ЧПУ.....	92
4.4. Вимоги до технологічності корпусних деталей та заготовок, що оброблюються на автоматизованих верстатах.....	94
4.5. Особливості технологічного процесу обробки заготовок корпусних деталей на автоматизованих верстатах.....	97
4.6. Методи проектування технологічних процесів.....	105
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	111

## ВСТУП

Технологія машинобудування – наука, яка вивчає та встановлює закономірності протікання процесів обробки та параметри, вплив на які найбільш ефективно позначається на інтенсифікації процесів та підвищенні їх точності. Предметом вивчення у технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості у встановленому програмою випуску кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності праці.

Технологічний процес машинобудування характеризується як поліпшенням конструкцій машин, так і неперервним удосконаленням технології їх виробництва. Головна задача технології машинобудування – виготовити машину заданої якості у необхідній кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності.

Технологія обробки типових деталей є складовою частиною технології машинобудування. Студент, який навчається за спеціальністю «Технології машинобудування» повинен чітко володіти навичками виготовлення типових деталей найбільш поширених у виробничій сфері, оскільки інженеру цієї спеціальності доводиться на практиці займатися і конструюванням, і виробництвом, і експлуатацією різних машин, приладів та апаратів. Тому незалежно від тієї або іншої направленості його інженерної діяльності інженер-механік повинен достатньо добре знати і володіти сучасними методами виробництва цієї продукції. Кваліфікована трудова діяльність спеціалістів, які успішно вирішують технологічні задачі – необхідна умова неперервного удосконалення машинобудівного виробництва. Це навчальне видання повинно допомагати студентам оволодіти необхідною часткою знань у галузі технології машинобудування, сприяти освоєнню матеріалу з питань вивчення методів та прийомів виготовлення типових деталей у сучасних виробничих умовах.

## 1. ТИПІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

### 1.1. *Виробничий та технологічний процес*

Виробнича програма, містить номенклатуру виробів, що виготовляються (із зазначенням їх типів та розмірів), кількість виробів кожного найменування, які підлягають випуску протягом року, перелік та кількість запасних деталей до виробів, що випускаються.

Виробничий процес – сукупність окремих процесів, що здійснюються для отримання із матеріалів та полуфабрикатів готових машин (виробів).

Залежно від виробничої програми, а також технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу усі різноманітні виробництва умовно поділяються на три основні види (або типи):

- **одиничним (індивідуальним)** називається таке виробництво, при якому вироби виготовляються одиничними екземплярами, різноманітними за конструкцією або розмірами, причому повторність цих виробів рідкісна або зовсім відсутня;
- **серійним** називається таке виробництво, при якому виготовлення виробів виробляється партіями або серіями, які складаються із одноіменних, однотипних за конструкцією та однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом даного виду виробництва є виготовлення усієї партії (серії) цілком як у обробці деталей, так і у складанні. Поняття «партія» відноситься до кількості деталей, а поняття «серія» – до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії можуть бути різними;
- **масовим** називається виробництво, у якому при досить великій кількості однакових випусків виробів виготовлення їх ведеться шляхом безперервного виконання на робочих місцях одних і тих же постійно повторюваних операцій.

Технологічний процес – частка виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії до зміни та (або) наступному визначенню стану предмета праці. Технологічним процесом називають послідо-

вну зміну форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату з метою отримання деталі або виробу відповідно до заданих технічних вимог.

Зміст технології виготовлення виробів визначається не їх галузевою придатністю, а залежить від службового призначення виробів, вимоги до їх точності та кількісного випуску.

Технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці. Технологічна операція зв'язана, як правило, з діями з обробки чи складанні, тобто зі зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або поверхонь заготовок та утворенням роз'ємних або нероз'ємних з'єднань. До допоміжних операцій належать контроль, транспортування та інші види робіт, при яких розміри, форма, якість заготовок не змінюються. Технологічну операцію виконують звичайно на окремій одиниці обладнання (верстаті, автоматичній лінії і т.п.).

Операція є основою виробничого планування та обліку. За кількістю та складом операцій визначають необхідне число робочих, забезпечення обладнанням, інструментом, оснасткою.

Установом називається частина технологічної операції, що виконується при одному закріпленні деталі (або декількох деталей, що обробляються одночасно) на верстаті або у пристосуванні.

Позиція – кожне окреме положення деталі, займане нею відносно верстата при незмінному її закріпленні.

Перехід – частина операції, яка характеризується незмінністю поверхні, що обробляється (або декількох поверхонь, що обробляються одночасно), різального інструменту (або декількох одночасно працюючих різальних інструментів) та режимів роботи верстата. Зміна тільки одного із перелічених елементів (поверхонь, що обробляються, інструмента або режимів різання) визначає новий перехід.

Технологічна операція поділяється на переходи – технологічні та допоміжні.

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю застосовуваного інструменту та поверхонь, які утворюють обробкою або з'єднанням при скла-

данні. При обробці різанням технологічний перехід характеризується отриманням нової поверхні або поєднання поверхонь. Обробку кожної поверхні заготовки здійснюють за один або декілька переходів;

Допоміжний перехід – закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини та (або) обладнання, що не супроводжується зміною форми, розмірів, параметрів шорсткості поверхні, але необхідними для виконання технологічного переходу, наприклад: установка заготовки що обробляється, її закріплення, зміна різального інструмента.

Технологічний перехід складається із робочих та допоміжних ходів.

Робочий хід – закінчена частина технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструменту відносно заготовки, супроводжуваного зміною форми, розмірами, якістю поверхні або властивостей заготовки. Робочий хід здійснюється при відносному переміщенні інструмента та заготовки за траєкторією. Траєкторія робочого ходу включає траєкторію підходу інструмента, траєкторію різання та траєкторію перебігу (виходу) інструмента.

Допоміжний хід – представляє собою закінчену частину технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструменту відносно заготовки, не супроводжуваного її змінами, але необхідного для підготовки робочого ходу. Розробку технологічного процесу виготовлення будь-якої машини слід починати з глобального вивчення службового призначення машини та критичного аналізу норм точності і технічних вимог. Далі у певній послідовності та з урахуванням кількісного випуску розробляється технологічний процес складання машини і її вузлів. Технологія виготовлення усіх деталей машини також ведеться в строго певній послідовності та виконується із застосуванням загальних положень і правил. Це зв'язує технологію зі службовим призначенням машини та забезпечує узгодженість рішень, що приймаються на різних етапах розробки технологічного процесу.



## ***1.2. Типовий технологічний процес***

Одним з найбільш прогресивних напрямків досягнення досконалості виробництва є типізація технологічних процесів.

Типізація повинна усувати різноманітність технологічних процесів обґрунтованим зведенням їх до обмеженої кількості типів.

Для обробки певної деталі можна скласти декілька варіантів технологічного процесу та використовувати різні методи обробки в залежності від розмірів виробничої програми та виробничих умов. Але навіть при однакових виробничих умовах та програмі технологічні процеси часто відрізняються один від іншого і поставленні задачі вирішуються по-різному залежно від старих прийомів та навичок технічного персоналу. До того ж існує безліч різних методів обробки деталей. Всі ці обставини і створюють труднощі та складності розробки технологічних процесів, яка потребує значних витрат часу. Значно спростити та прискорити розробку технологічних процесів може типізація технологічних процесів, тобто створення типових процесів для певних груп деталей. Типізація технологічних процесів здійснюється з метою організації обробки: окремих поверхонь; окремих поверхонь та їх сполучень; окремих поверхонь та їх сполучень, що утворюють вироби з загальними конструктивними та технологічними ознаками; окремих поверхонь та їх сполучень, що утворюють вироби з загальними тільки технологічними ознаками.

Типізація технологічних вирішень на рівні обробки окремих поверхонь дозволяє створити типові технологічні цикли для систем управління металорізальним обладнанням, спростити підготовку управляючих програм для верстатів з ЧПУ.

Типізація технологічних вирішень на рівні обробки окремих поверхонь та їх сполучень дозволяє стандартизувати (формалізувати) технологічні операції та використовувати ЕОМ для розробки технологічного процесу, операції та управляючих програм до верстатів з ЧПУ.

Типізація технологічних вирішень для виробів з загальними конструктивно-технологічними ознаками дозволяє утворювати типові технологічні процеси та типові операції їх обробки.

Типізація технологічних вирішень для виробів з загальними технологічними ознаками дозволяє утворювати групові технологічні процеси.

Типовий технологічний процес – це технологічний процес виготовлення групи виробів з загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Груповий технологічний процес – це процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Типова технологічна операція – це операція, що характеризується єдністю змісту та послідовністю технологічних переходів для груп виробів з загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Групова технологічна операція – це операція спільного виготовлення груп виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Під групою розуміють сукупність виробів, яка характеризується спільністю обладнання та його налаштування для обробки заготовки в цілому або окремих її поверхонь.

Таким чином, типізація технологічних процесів ґрунтується на класифікації деталей та їх окремих поверхонь. Робота з типізації технологічних процесів починається з класифікації елементарних поверхонь та їх сполучень у виробі. Ознаками класифікації елементарних поверхонь є форма, розміри, точність, матеріал. Ознаками класифікації сполучень поверхонь є конфігурація, взаємне розташування, точність, співвідношення розмірів між поверхнями, матеріал.

Уся різноманітність поверхонь деталей, що обробляють, представлена у виді сполучень основних та додаткових форм поверхонь. Основні форми поверхонь: циліндричні та конічні з радіусами та криволінійними профілями, поверхні неглибоких (до 1,5 мм) каналок, наприклад, для виходу шліфувального круга, та інші поверхні. Основні форми поверхонь утворюються при зовнішній та торцевій обробці прохідним різцем, а при внутрішній обробці розточним різцем. Ці різці мають головний кут у плані  $\varphi = 95^\circ$  та допоміжний кут

у плані  $\varphi_1 = 30^\circ$ . Додаткові форми поверхонь: торцеві та кутові канавки для виходу шліфувального круга, прямокутні канавки на зовнішній та торцевій поверхнях, різьбові поверхні, жолоба під ремні та інші. Для утворення цих поверхонь потрібно застосовувати додатковий різальний інструмент.

Ознаками класифікації заготовок є конфігурація заготовок, її розміри, точність обробки, якість оброблюваних поверхонь і матеріал заготовки. Крім вказаних ознак, які визначають характер і склад технологічного процесу, на побудову останнього впливають умови його здійснення. До таких умов належить об'єм виробничого завдання та розміри окремих партій оброблюваних заготовок.

Основним завданням класифікації є приведення всієї різноманітності заготовок до мінімальної кількості типів, для яких можна розроблювати типові технологічні процеси обробки у кількох варіантах.

### ***1.3. Класифікація деталей машин. Типова деталь***

Деталі машин поділяються на класи за ознаками схожості технологічних процесів. Під класом розуміють сукупність деталей, які характеризуються спільністю технологічних задач, що вирішуються в умовах визначеної конфігурації цих деталей.

Деталі машин можна поділити на такі класи (таблиця 1.1).


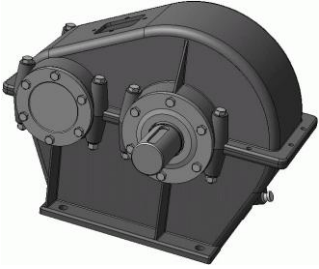



Деталі кожного класу поділяють на групи, підгрупи та типи в залежності з найбільш характерними відмінними особливостями форми та розмірів, і отримують таким чином сукупності деталей все більш близьких поміж собою і все більш подібних за технологічними ознаками, тобто таких, що є типовими. Для обробки таких типових деталей і складають типові технологічні процеси.

Під типовою деталлю розуміють сукупність деталей, що мають однаковий план операцій, які здійснюються в основному однаковими методами з використанням однорідного обладнання, пристосувань, інструментів. Такі деталі, що мають спільні конструктивні та технологічні ознаки, у серійному виробництві при організації роботи за принципом потоку обробляють на одній верстатній

Таблиця 1.1 – Класифікація деталей

Найменування класу	Клас	Найменування деталей
1	2	3
Циліндричні деталі обертання	<p>Вали</p> 	Вали, валики, осі, штоки, цапфи, пальці, штифти і т.п.
	<p>Втулки</p> 	Втулки, вкладиші, букси, гільзи і т.п.
Плоскі деталі обертання	<p>Диски</p> 	Диски, кільця, маховики, шківви, фланці і т.п.
Багатоосьові деталі	<p>Ексцентрикові деталі</p> 	Колінчасті вали, ексцентрики і т.п.
Деталі обертання з осями, що перетинаються	<p>Хрестовини</p> 	Хрестовини, арматура і т.п.

Продовження таблиці 1.1

Найменування класу	Клас	Найменування деталей
1	2	3
Важелі	<p>Важелі</p> 	Важелі, шатуни, тяги, серги і т.п.
Корпусні деталі	<p>Бабки</p> 	Корпуса редукторів, коробок швидкостей, коробок подач, шпindelних бабок і т.п.
	<p>Плити</p> 	Плити, рами, станини, столи, салазки, планки і т.п.
	<p>Стійки</p> 	Стійки, кронштейни і т.п.
	<p>Корпуса</p> 	Блоки циліндрів, корпуса двигунів, компресорів, циліндрів, парових та газових турбін, кранів, трійників, вентилів і т.п.

Закінчення таблиці 1.1

Найменування класу	Клас	Найменування деталей
1	2	3
Інші класи	<p>Зубчасті колеса</p> 	<p>Одно- та багато вінце-ві зубчасті колеса, вінци, зубчасті колеса-вали, колеса-диски і т.п.</p>
	<p>Фасонні кулачки</p> 	<p>Кулачки і т.п.</p>
	<p>Ходові гвинти та черв'яки</p> 	<p>Ходові гвинти, черв'яки і т.п.</p>
	<p>Дрібні кріпильні деталі</p> 	<p>Гвинти, шурупи, гвинтики і т.п.</p>

лінії з обладнанням, розташованим за типовим технологічним маршрутом. Усі деталі на такій лінії обробляють партіями. Після обробки партії деталей одного найменування пропускають наступну партію деталей іншого найменування і так далі. Для таких ліній треба підбирати деталі, обробка яких зовсім не потребує переналагоджування лінії або переналадки, нескладні і не трудомісткі.

Типовий виріб – належить до групи виробів близьких за конструкцією, що володіють найбільшою кількістю конструктивних і технологічних ознак цієї групи. Це виріб, який має найбільшу кількість спільних конструктивних і технологічних ознак у спорідненій групі.

У машинах кількість деталей обчислюється сотнями і тисячами. Незважаючи на різне конструктивне оформлення і призначення машин, більшість деталей і складальних одиниць (вузлів) в них є типовими.

Типовими називають деталі, які зустрічаються практично в будь-якій машині і незалежно від призначення машини виконують однакові функції.

Типові деталі можна об'єднати в кілька характерних груп: деталі з'єднань (різьбових, заклепкових, шпонкових, шліцьових, зварних клемових, пресових і т.д.); деталі передач (зубчастих циліндричних і конічних, черв'ячних, ремінних, ланцюгових, фрикційних і т.д.); вали і осі; опори валів і осей (підшипники); деталі муфт; пружні елементи (пружини, ресори); корпусні деталі.

## 2. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ

### 2.1. Службове призначення валів

Заготовка – це предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні або матеріалу виготовляють деталь. Заготовку перед першою технологічною операцією називають вихідною заготовкою.

Заготовки вибираються залежно від типу виробництва. В одиничному та дрібносерійному виробництві заготовки для деталей класу валів отримують відрізкою від гарячекатаних або холоднотягнутих прутків. Потім вони поступають безпосередньо на механічну обробку. Заготовки з прокату використовуються при виготовленні не тільки гладких валів, але й ступінчастих з невеликою кількістю ступеней та незначними перепадами їх діаметрів. Ці заготовки використовуються також і у крупносерійному виробництві. У масовому виробництві, а також при виготовленні валів складної форми, що мають велике число ступеней, що значно відрізняються за діаметром, заготовки доцільно отримувати ковкою, штампуванням, періодичним прокатом, обтисненням на ротаційно-кувальних машинах та іншими методами. При механічній обробці валів на налаштованих та автоматизованих верстатах бажано застосовувати точні заготовки. Заготовки, які отримані методом ротаційної ковки, відрізняються малими величинами припусків та високою точністю. Деталі, які відносяться до класу втулок та дисків, виконують з прокату, поковок, штампуванням та рідше з відливки. З прокату виготовляють як невеликі, так і значні за розміром деталі (150–200 мм).

Вали широко використовуються у вузлах та механізмах для передачі обертового руху та для монтажу на них різних деталей та механізмів.

У загальному машинобудуванні зустрічаються вали безступінчасті та ступінчасті, суцільні та пустотілі, гладкі та шліцові, валишестерні, а також комбіновані у різноманітному сполученні. За формою геометричної осі вали можуть бути прямими, колінчастими, кривошипними та ексцентриковими (кулачковими).



Вали різноманітні за службовим призначенням, конструктивній формі, розмірам та матеріалам. Не дивлячись на це, технологу при розробці технологічного процесу виготовлення валів доводиться вирішувати багато однотипних задач. Тому є доцільним користуватися типовими процесами, що розроблені на базі класифікації.

## **2.2. Класифікація ступінчастих валів**

Конструктивно ступінчасті вали поділяють на гладкі, фланцеві та вали-шестерні. У загальному випадку вони являють собою поєднання гладких посадкових та непосадкових, шліцьових, шпонкових, різьбових та перехідних поверхонь.

Найбільш поширені в машинобудуванні, у тому числі у верстатобудуванні, різноманітні ступінчасті вали середніх розмірів, серед яких мають перевагу гладкі. Більш 85 % загальної кількості типорозмірів ступінчастих валів в машинобудуванні складають вали довжиною 150–1000 мм. Класифікація ступінчастих валів середніх розмірів, що використовується в машинобудуванні, наведена у таблиці 2.1.

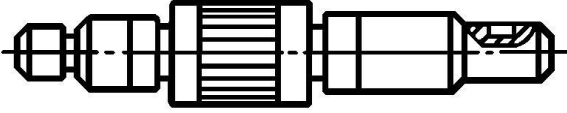
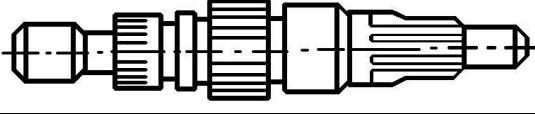
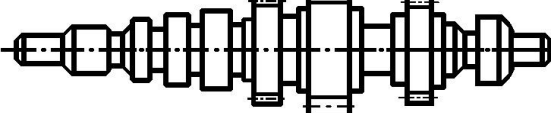
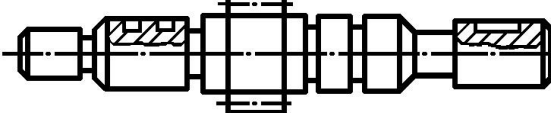
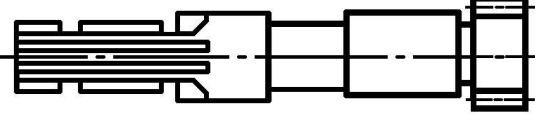
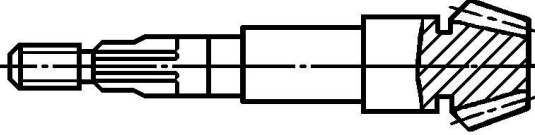
## **2.3. Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів**

Вали в основному виготовляють з конструкційних та легованих сталей. Ці сталі повинні мати високу міцність, добру оброблюваність, малу чутливість до концентрації напруг, а для підвищення зносостійкості повинні підлягати термічній обробці. Таким вимогам найбільш повно відповідають конструкційні сталі 25, 35, 40, 45, 35X, 40X, 50X, 40Г2, азотовані 38ХМЮА, 38Х2ЮА і цементовані 12Х2Н4А, 12ХН3А та інші.

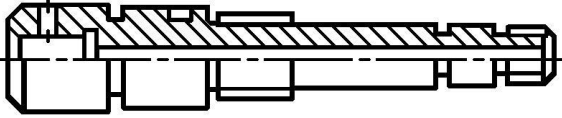
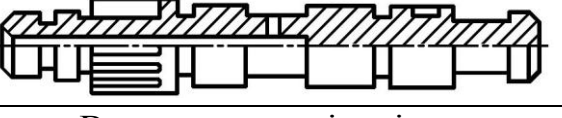
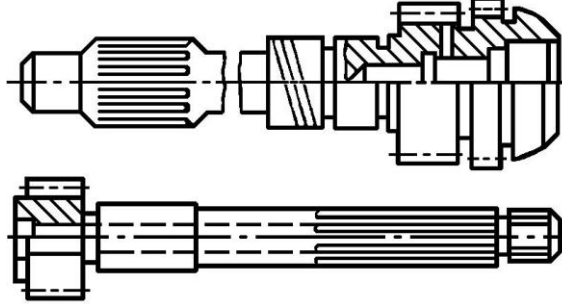
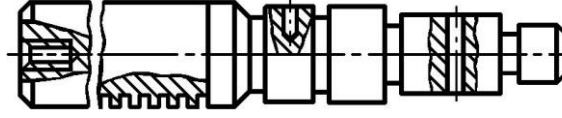
Леговані сталі в порівнянні з конструкційними використовують не так часто через те, що вони більш коштовні, а також мають підвищену чутливість до концентрації напруг.

Для зменшення маси валів їх часто виконують порожнистими. Якщо відношення довжини вала до середнього діаметру  $L/D < 12$ , вал вважають жорстким, при  $L/D > 12$  вал є нежорстким.

Таблиця 2.1 – Класифікація ступінчастих валів діаметром 30–80 мм, довжиною 150–1000 мм

Тип		Група		
Найменування	Позначення	Найменування	Позначення валів довжиною, мм	
			150–500	500–1000
Вал без центрального отвору	1	Вал без шліців та зубчастих коліс (гладкий вал)	1-1-1	1-11-1
				
		Вал зі шліцами	1-1-2	1-11-2
				
		Вал-шестерня без шліців	1-1-3	1-11-3
				
				
		Вал-шестерня циліндричний зі шліцами	1-1-4	1-11-4
				
		Вал-шестерня конічний зі шліцами	1-1-5	1-11-5
				

Закінчення таблиці 2.1

Тип	Група			
Найменування	Позначення	Найменування	Позначення валів довжиною, мм	
			150–500	500–1000
Вал з центральним отвором	2	Вал без шліців та зубчастих коліс 	2-1-1	2-11-1
		Вал зі шліцями 	2-1-2	2-11-2
		Вал-шестерня зі шліцями 	2-1-3	–
		Вал-рейка 	–	2-11-3

Технічні вимоги, що пред'являються до валів, характеризуються наступними даними. Діаметральні розміри посадкових шийок виконують за IT7, IT6, рідше за IT5, інших шийок за IT10, IT11, допуски на довжину ступеней валу призначають у межах 0,1...0,4 мм. Допуски форми – відхилення від круглості, циліндричності і прямолінійності – звичайно складають частину допуску на діаметральний розмір, що виконується (для тіл обертання, наприклад, до 0,3). Допуски розташування – відхилення від паралельності шпонкових ка-

навок або шліцьових поверхонь відносно осі не перевищують 0,1 мкм на 1 мм довжини, відхилення від перпендикулярності для опорних наплічників під підшипники та привалочних фланцевих поверхонь валів виконують з точністю  $< 0,1$  мкм, співвісність поверхонь в межах 0,01...0,03 мм. Нерівномірність кроку шліцьових поверхонь, їх зміщення відносно осі повинно бути не більш 0,02 мм. Допустиме биття посадкових шийок відносно базових поверхонь не повинні перевищувати 0,01...0,03 мм, а не посадкових – 0,05...0,10 мм. Шорсткість поверхні посадкових шийок  $Ra = 0,08...0,63$  мкм, не посадкових –  $Ra = 3,2...10$  мкм.

Продуктивність механічної обробки валів залежить від виду матеріалу, розмірів та конфігурації заготовки, а також характеру виробництва.

Заготовки отримують відрізанням від гарячекатаних або холоднокатаних прутків та відразу ж піддають механічній обробці. Заготовки такого типу використовують у дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при виготовленні валів з невеликою кількістю ступенів і незначною різницею їх діаметрів. У виробництві з великою програмою випуску, а також при виготовленні валів більш складних за конфігурацією зі ступенями з великою різницею діаметрів заготовки доцільно отримувати методами пластичного деформування: куванням, штампуванням, періодичним прокатуванням, стискуванням на ротаційно-кувальних машинах, електровисадкою. Ці методи дозволяють отримати заготовки за формою та розмірами найбільш близькі до готової деталі, що значно підвищує продуктивність механічної обробки, значно зменшує металомісткість.

Вибір способу отримання заготовки визначається з урахуванням техніко-економічної доцільності.

При механічній обробці валів на настроєних та автоматизованих верстатах пред'являються підвищені вимоги до точності заготовки. Для отримання таких заготовок використовують перспективний та високопродуктивний метод обробки ступінчастих валів – поперечно-гвинтова прокатка на тривалкових станах. Робота тривалкових станів легко піддається автоматизації, включаючи рух подачі заго-

товки, її нагрівання, прокатку, розрізування на мірні заготовки, охолодження прокату, укладання та упакування. Існує також метод радіального стиснення. Отримані цим методом заготовки мають малі припуски, високу точність ( $\pm 0,02-0,2$  мм), та шорсткість поверхні Ra 0,63–0,32 мкм.

#### **2.4. 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 заготовчих відділень облаштовують самостійний заготовчий цех, яких обслуговує усі металообробні цехи заводу.

В заготовчому відділенні або цеху прокат у вигляді прутків піддають правці, обдирні, розрізанню, центруванню. Поковки та штамповки також проходять заготівельні операції: фрезерування та центрування торців, обдирання та попереднє розточування отворів.

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

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 та заготовки правлять на спеціальних правильних верстатах (рисунок 2.1).

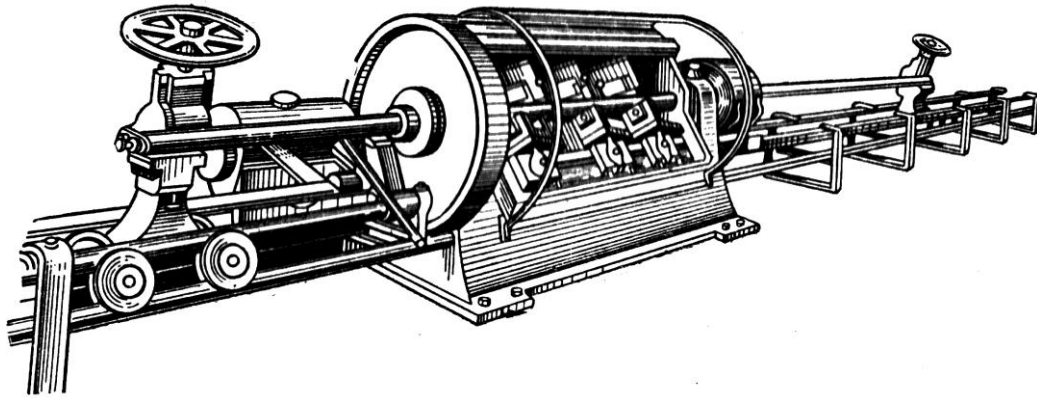


Рисунок 2.1 – Правильний верстат

Для обдирки прутків використовують без центрів обдирні верстати, на яких можна виконувати обдирання пруткового матеріалу діаметром від 15 до 80 мм, довжиною 7 м (рисунок 2.2). Прутки та вали розрізають на приводних ножівках, на пилах – дискових, стрічкових, фрикційних, електро-фрикційних (рисунок 2.3), та токарно-відрізних верстатах (з одним або двома відрізними різцями), відрізних автоматах, що працюють тонким абразивним кругом (використовуються для розрізання загартованої сталі та труб).

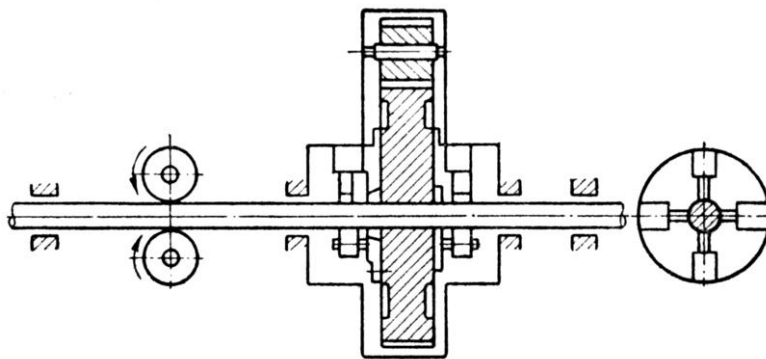


Рисунок 2.2 – Без центрів обдирний верстат

В механічних цехах розрізування інколи виконують на фрезерних верстатах прорізними фрезами. 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, поков-

ки, відливки) можна розрізувати на звичайних токарних, горизонтально-фрезерних та стругальних верстатах.

Леговані сталі в порівнянні з конструкційними використовують не так часто через те, що вони більш коштовні, а також мають підвищену чутливість до концентрації напруг. Центрові отвори у деталях типу валів є базою для ряду операцій: обточування, нарізання різьби, шліфування, нарізання шліців та інших, 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 насвердленими 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.

Центрування заготовок виконують на вертикально- та горизонтально-свердлильних, токарних та револьверних верстатах, а в серійному та масовому виробництвах – на спеціальних одно- або двобічних центрувальних верстатах, а також на фрезерно-центрувальних верстатах (рисунок 2.4).

Центрування заготовок як правило виконують спеціальними комбінованими центрувальними свердлами, а після термічної обробки валів центрувальні отвори виправляють на центрошліфувальних верстатах. Деякі моделі фрезерно-центрувальних верстатів дозволяють окрім фрезерування торців та центрування отворів також обточувати крайні шийки валу з одного установу, що створює, таким чи-

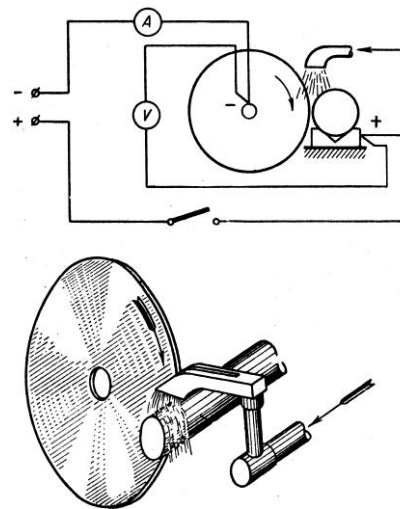


Рисунок 2.3 – Електрофрикційний верстат

ном, 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 налагодці. В існуючих автоматичних лініях використовують верстати для фрезерування торців і верстати для центрування.

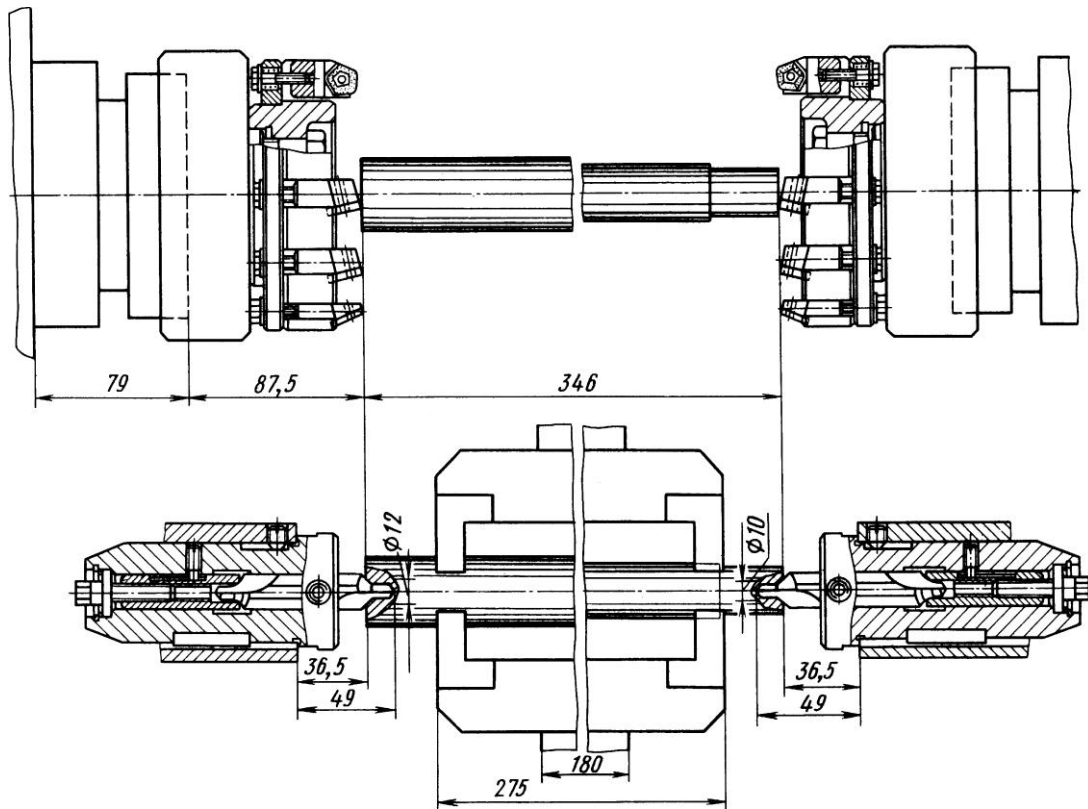


Рисунок 2.4 – Фрезерно-центрувальний верстат

### 2.5. Токарна обробка ступінчастих валів

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно-копіювальних (рисунок 2.5), горизонтальних багаторізцевих верстатах (рисунок 2.6), на вертикальних одношпindelь-



них та багатошпindelних автоматах (рисунок 2.7), 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.

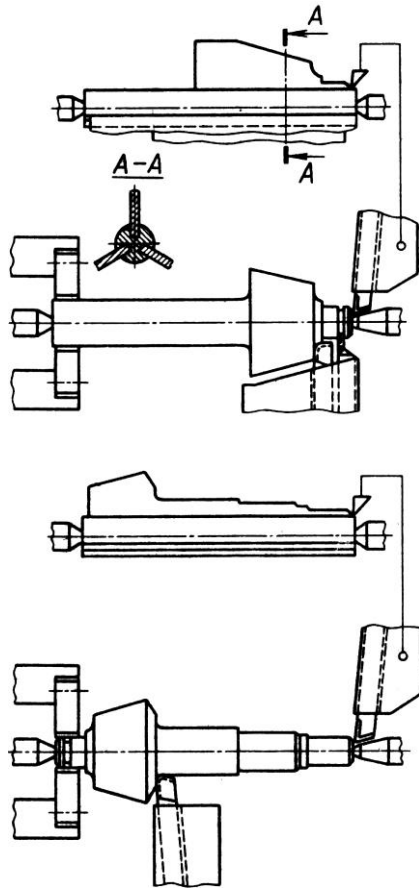


Рисунок 2.5 – Гідрокопіювальний верстат

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 багато місцевих 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 гідрокопіювальних напівавтоматах. Такі верстати легко вмонтовуються в автоматичні лінії. Обточують вали зазвичай одним різцем, який розташований у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізнi або канавкові різці розташовуються у нижньому супорті.

Верстат налаштовують на розмір тільки по одній шийці вала, оскільки отримання інших розмірів забезпечується копіром та стежною системою верстата. Обточувати вали на гідрокопіювальних 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 копери, обертається у відповідне положення.

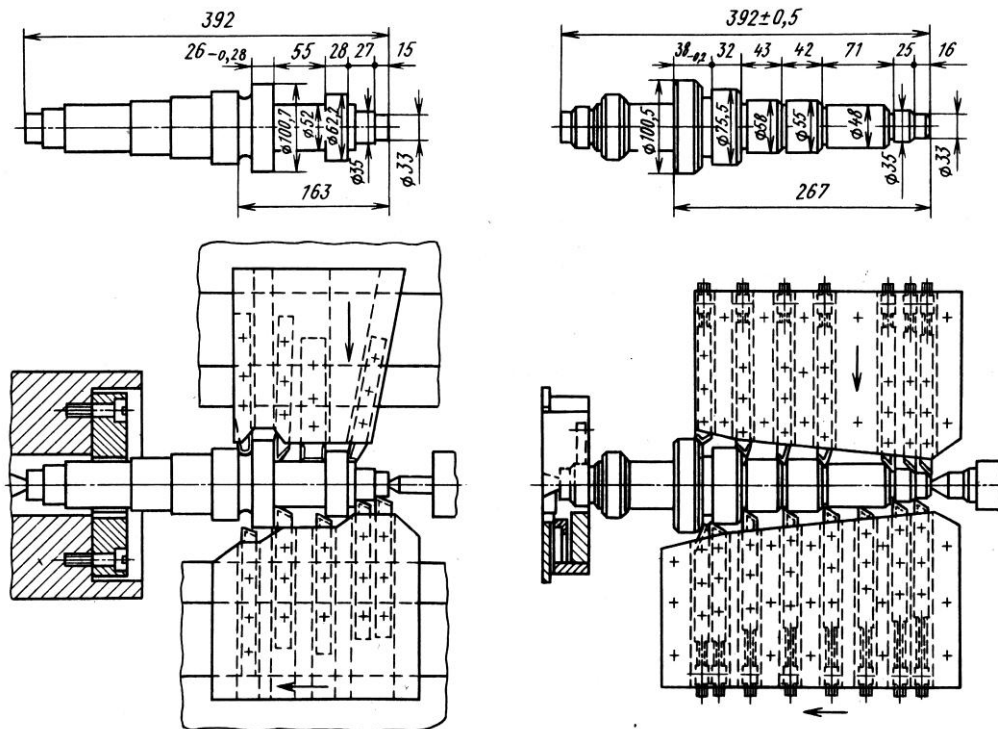


Рисунок 2.6 – Багаторізцевий верстат

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 вала 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 використуванню 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 багатошпindelних 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 шпинделів мінус один) заготовок. Отже, декілька заготовок оброблюють якби одночасно на декількох одношпиндельних автоматах, що налаштовані на одну й ту ж операцію. Багатошпиндельні 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 заключній обробці. Наладки напівавтоматів дозволяють здійснювати одно-, дво-, та три циклову обробку заготовок.

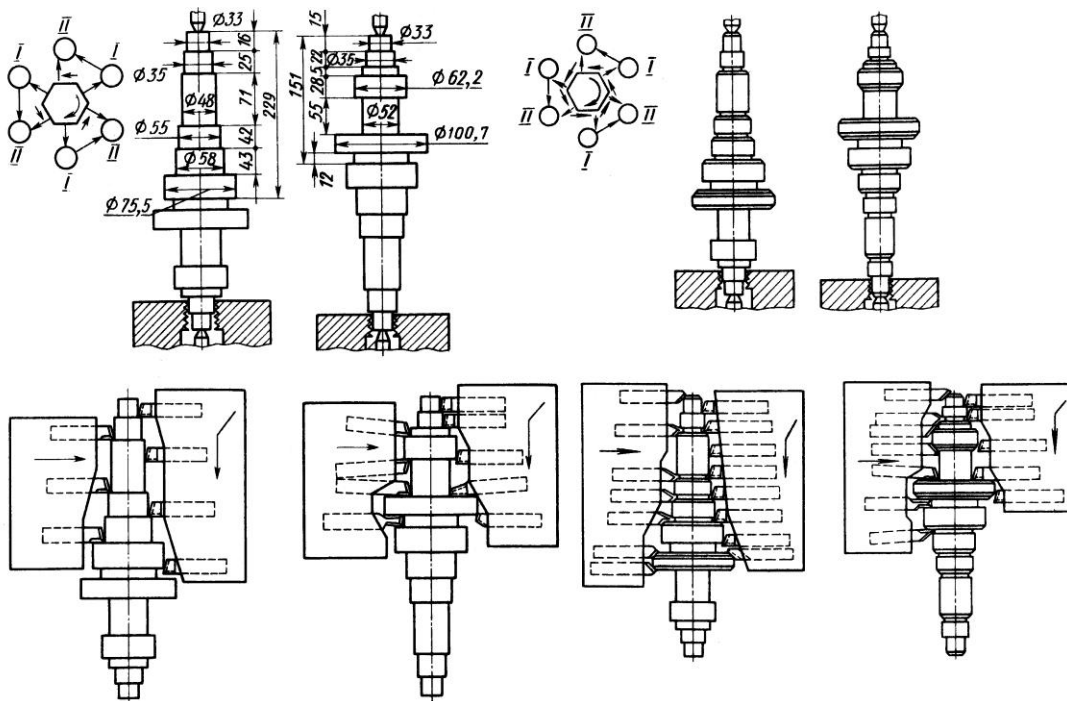


Рисунок 2.7 – Багатошпиндельний автомат

В умовах серійного виробництва операції токарної обробки валів доцільно виконувати на верстатах з ЧПУ. Ці верстати забезпечують ефективне 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 та тому подібне 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 виходє 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 оброблять 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 (ступіней) та прямих торців. Для верстатів з ЧПУ утворення більшого числа циліндричних та конічних ступіней, сферичних та інших фасонних поверхонь не пов'язано з перешкодами їх виготовлення, але незначно збільшує трудомісткість програмування. Використовування 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 та 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 обробляють 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.

### 2.6. 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 (рисунок 2.8).

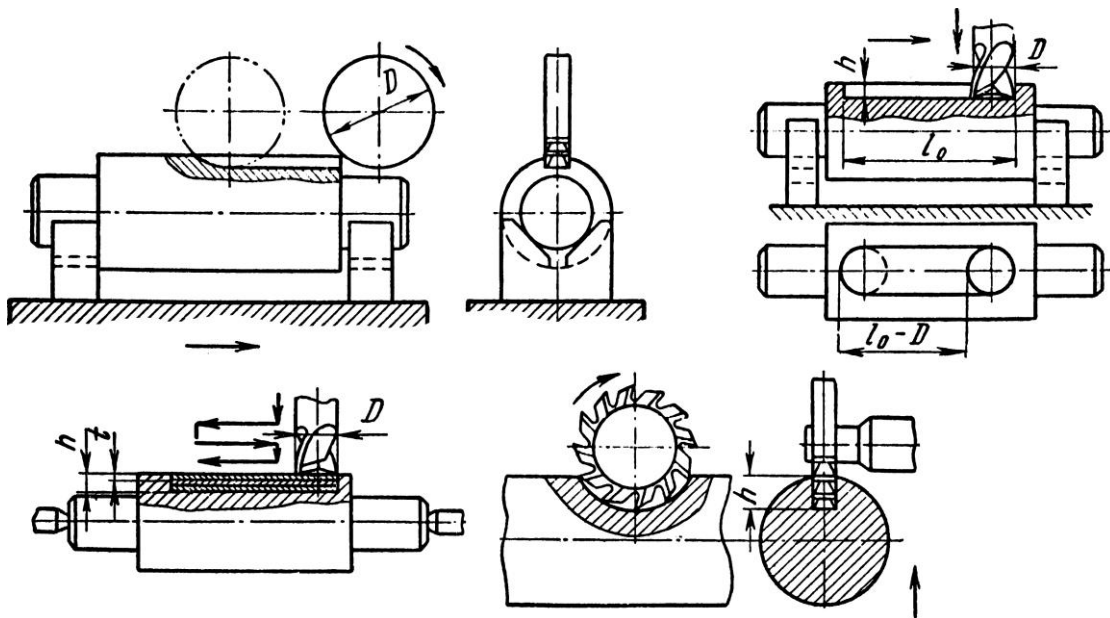


Рисунок 2.8 – Схеми обробки шпонкових канавок

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

Крізні та закриті 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.

Крізні шпонкові канавки валів можна обробляти на стругальних верстатах. Канавки на довгих валах стругають на поздовжньо-стругальних верстатах. Канавки на коротких валах стругають на по-

перечно-стругальному верстаті. Ці способи поширені в індивідуальному та дрібносерійному виробництвах.

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

### 2.7. Обробка шліців на ступінчастих валах

Шліці на валах виготовляють: фрезеруванням (рисунок 2.9) з наступним шліфуванням, шліцьонакатуванням, протягуванням, шліцьоструганням. У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізають шліці на шліцьофрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатування.

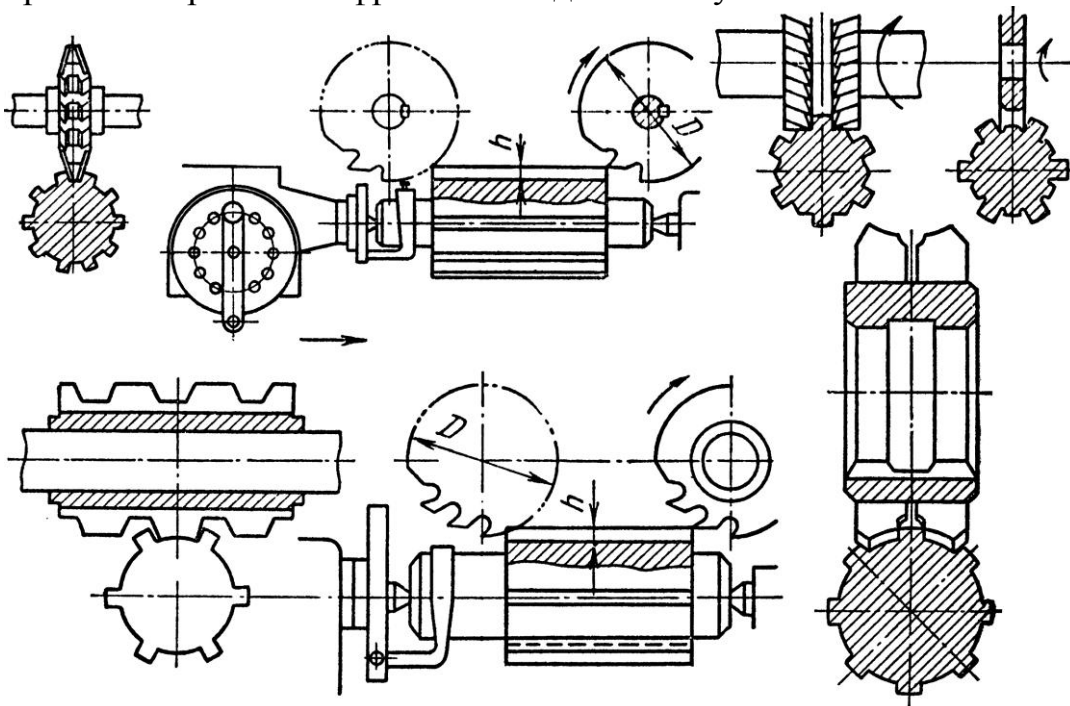


Рисунок 2.9 – Схеми обробки шліців

Нарізати шліці можна за один або два робочих хода 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, в особливості великих діаметрів інколи проводиться фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, що мають поділкові механізми.



Методом копіювання виготовляють шліци за допомогою шліцьової дискової фрези; розподілено 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.

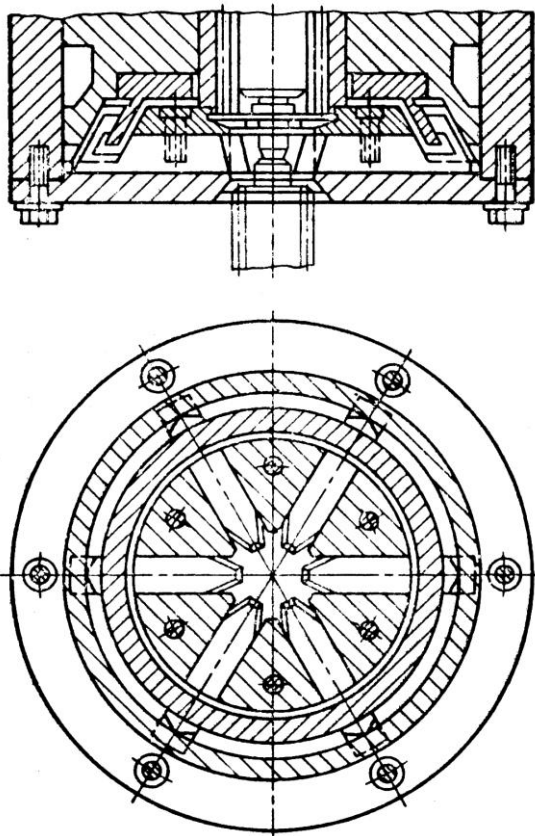


Рисунок 2.10 – Різцева головка шліцьостругального верстата

Стругання шліців на валах відбувається набором фасонних різців, збираних у головці (рисунок 2.10). Їх кількість і профіль відповідають числу шліців і профілю впадини між шліцами валу. Число подвійних ходів головки визначається глибиною різання за один робочій хід. За кожний подвійний хід різці сходяться радіально на величину подачі. Цим методом можна обробляти як крізні, так і некрізні шліци. 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 використанням спеціального пристосування. Для протягування крізних шліців використовується спеціальна протяжка з ножами, профіль

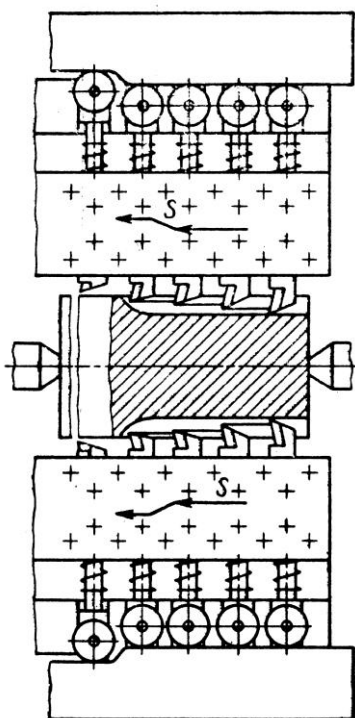


Рисунок 2.11 – Протягування шліців

Великі перспективи має холодне протягування шліців, при якому шліці утворюються пластичним деформуванням без зняття стружки. Накатка виконується роликками, рейками та багатороликковими 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 роликками. 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 впадин зуба.

Накатування шліців без нагріву деталі здійснюється також багатороликковими накатними головками. Усі шліці накатуються од-

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 крізні і некрізні шліці одночасно діаметрально протилежних впадин на валу з наступним поворотом валу на визначений кут після кожного ходу протяжки (рисунок 2.11).

ночасно, без обертання деталі на спеціальних верстатах з гідропри-  
водом, гідрозатискувачем деталі та зі змінною роликовою головкою.

### **2.8. Нарізання різьби на валах**

У 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 нарізуванні глухих різьб для точної зупинки руху подачі та обертання мітчика використовують патрони, що самі вимикаються.

Зовнішні різьби на валах нарізують 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.

### **2.9. 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 (рисунок 2.12) на токарно-гвинторізних верстатах або за допомогою дискових фрез – на універсально-фрезерних, різьбофрезерних та спеціальних верстатах (рисунок 2.13).

Фрезерування дисковими фрезами в основному застосовують для чорнового нарізання витків черв'яка. У цьому випадку використовують фрези з прямолінійним профілем. Остаточне нарізання гвинтової поверхні рекомендується виконувати різцями з прямо ліній-

ною різальною кромкою. Потрібний профіль витка забезпечується при цьому відповідною установкою різця.

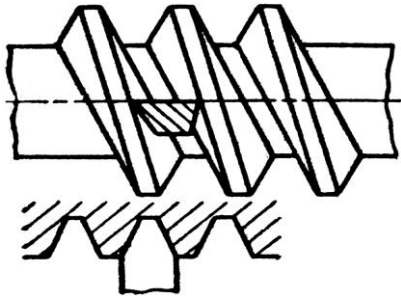


Рисунок 2.12 – Нарізання черв'яків профільним різцем

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.

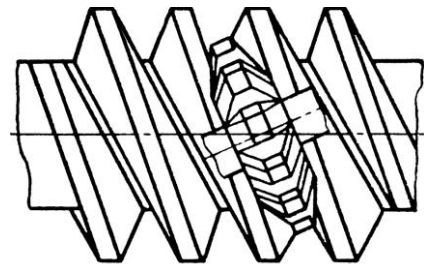


Рисунок 2.13 – Нарізання черв'яків дисковою фрезою

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

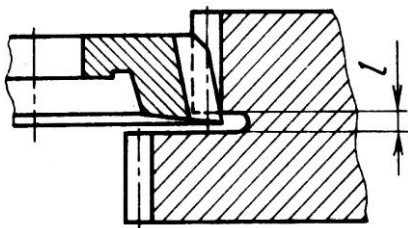


Рисунок 2.14 – Зубодовбання

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 (рисунок 2.14). 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 (рисунок 2.15).

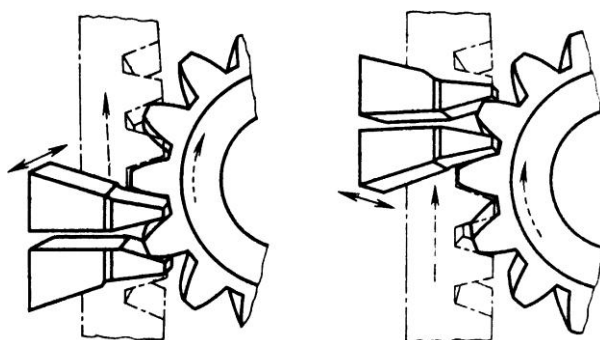


Рисунок 2.15 – Зубостругання

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 обкату відбувається на спеціальних зубофрезерних верстатах (рисунок 2.16) в умовах крупносерійного виробництва. Так нарізують прямі та конічні зубчата з прямим або бочкоподібним профілем у поздовжньому перетині.

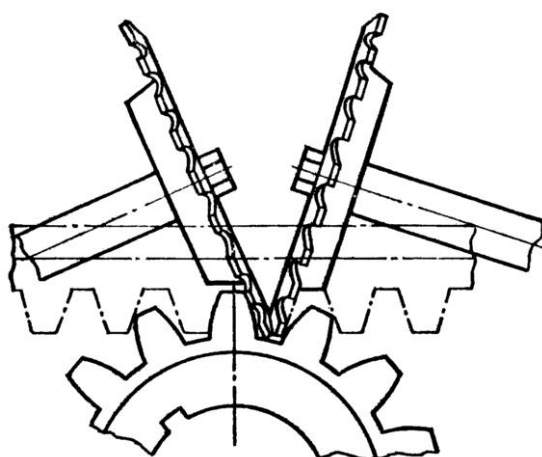


Рисунок 2.16 – Фрезерування двома дисковими фрезами

Нарізання зубів круговою протяжкою є найбільш продуктивний метод виготовлення прямих конічних зу-

бів 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 (рисунок 2.17). Обробку здійснюють на спеціальних верстатах за методом копіювання

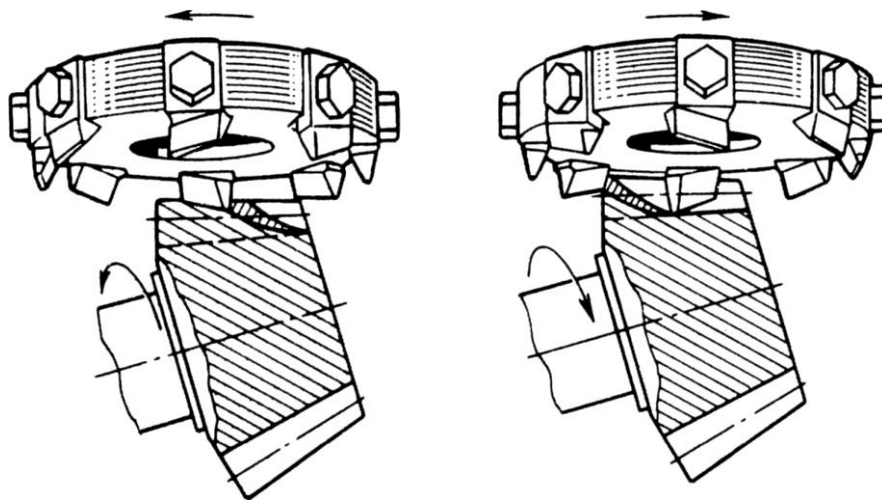


Рисунок 2.17 – Фрезерування торцевими різцевими головками

(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 (рисунок 2.18). У процесі роботи пальцева фреза обертається та одночасно пересувається по дузі зі зворотнопоступовим рухом вздовж кромки зуба шестерні, яка періодично відводиться в осьовому напрямку, повертається навколо осі на один зуб та відводиться до фрези.

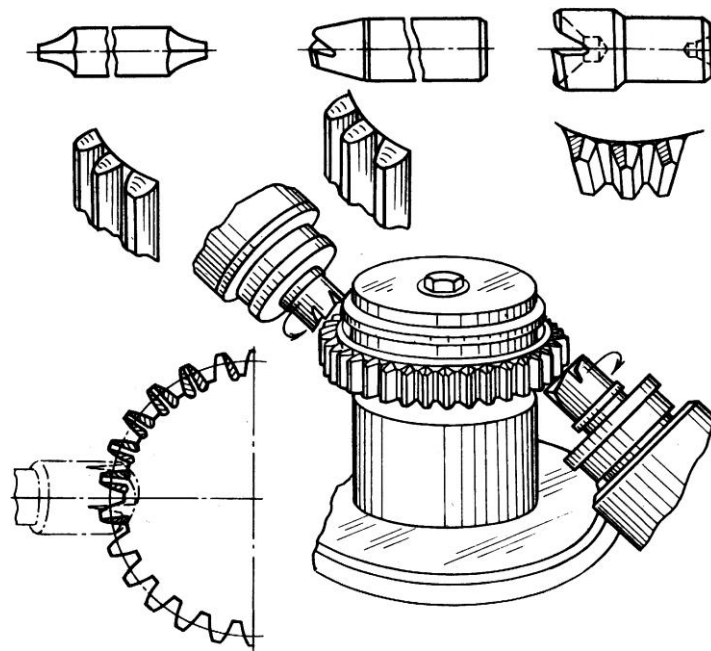


Рисунок 2.18 – Схеми закруглення торців зубів

### 2.10. 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.

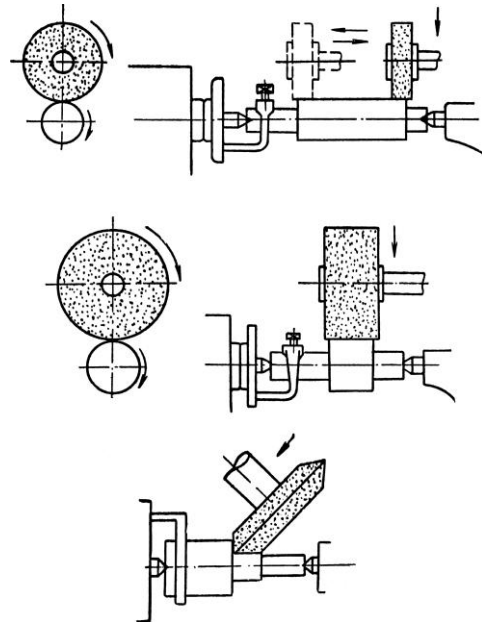


Рисунок 2.19 – Схеми шліфування

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 (рисунок 2.19).

Відповідальні поверхні валів підлягають: притирці, суперфінішуванню, (рисунок 2.20) поліруванню, обкатці роликками. Притирку використовують для покращення точності форми, зменшенню

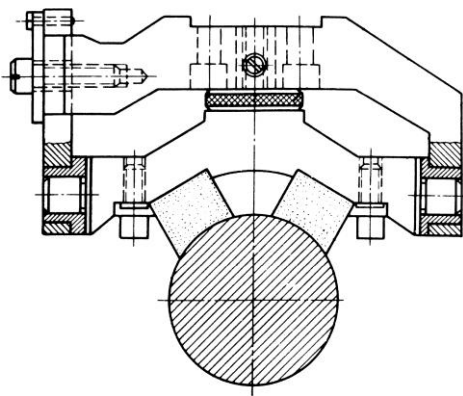


Рисунок 2.20 – Суперфінішування

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) роликками призводить до підвищення твердо-

сті поверхневого шару, виникнення стискаючих напруг, зменшення параметрів шорсткості і, як наслідок, покращення експлуатаційних властивостей виробу.

### **2.11. 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 (рисунок 2.21).



В наслідок чого значно виправляється ексцентриситет початкового кола, помилки у кроку, у профілі евольвенти та у куті підйому гвинтової лінії.

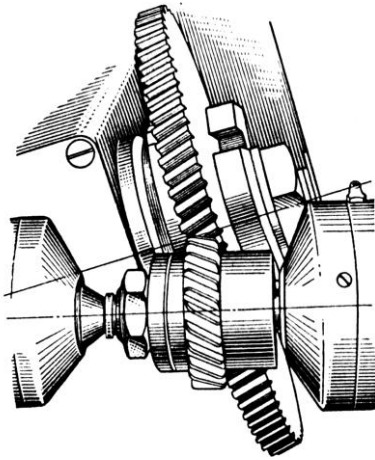


Рисунок 2.21 – Шевінгування

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  $30^\circ$  або  $40^\circ$  і утворюють як би профіль розрахункового зуба, за яким і відбувається обкатка зубчастої шестерні.

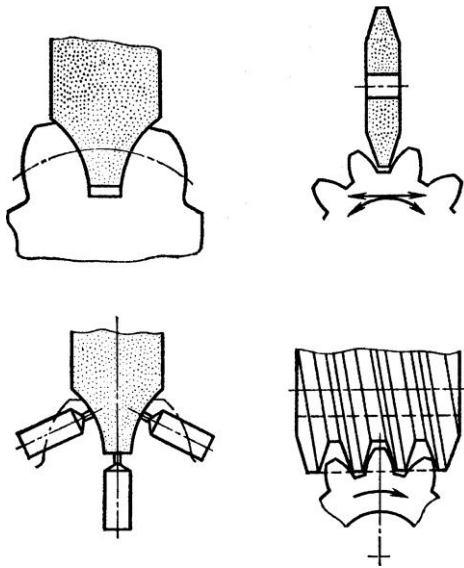


Рисунок 2.22 – Схеми шліфування зубів

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 коні-

чних шестерень шліфуються чашковим абразивним кругом. Перетин бокових сторін круга повинен мати профіль зуба рейки. Обкатка зубів черв'ячним кругом аналогічна зубофрезеруванню, але замість фрези встановлюють черв'ячний круг (рисунок 2.22).

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 зуб-

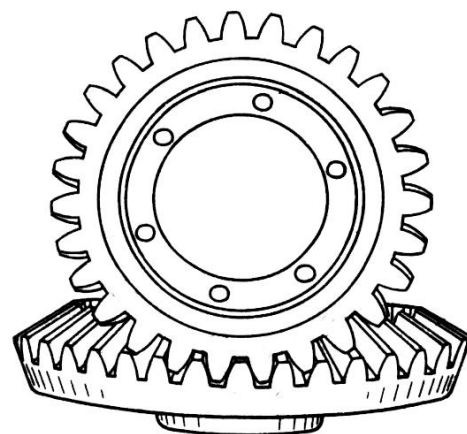


Рисунок 2.23 – Припрацювання

частим колесом, які будуть працювати разом у складеній машині (рисунок 2.23). При-працювання відбувається за допомогою абразивного матеріалу, який прискорює процес припрацювання та надає зубчаткам гладку поверхню.

### 2.12. Шліфування шліців

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

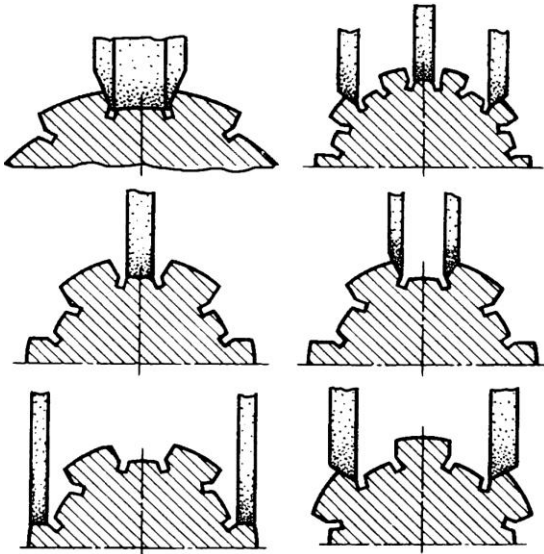


Рисунок 2.24 – Схеми шліфування шліців

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 (рисунок 2.24).

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

### 2.13. 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.

#### **2.14. Типові технологічні процеси виготовлення валів**

У залежності від умов виробництва і призначення технологічного процесу можна виділити технологічний процес для виготовлення одного або декількох виробів. У зв'язку з цим за призначенням можна виділити одиничний та уніфікований (типовий або груповий) технологічні процеси.

Одиничний – це технологічний процес виготовлення або ремонту виробу одного найменування, типорозміру і виконання незалежно від типу виробництва.

Типовий – це технологічний процес виготовлення групи виробів, для яких зміст і послідовність більшості технологічних операцій і переходів збігаються. Вони застосовуються як інформаційна база для розробки одиничних технологічних процесів, а також стандартів на типові технологічні процеси.

Типізація технологічних процесів базується на класифікації деталей за ознаками спільності конфігурації і схожості технологічних процесів. Виділяють такі класи деталей: вали, осі, втулки, диски, плити, станини, рами і т. ін. Типізація технологічних процесів дозволяє узагальнити існуючі передові технологічні процеси, поширювати досвід впровадження прогресивного оснащення, інструменту. Ця ідея впроваджена на багатьох підприємствах.

Груповий – це технологічний процес виготовлення групи виробів із різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками. Групова технологія є розвитком ідей типізації і ставить своїм завданням таку побудову технології виготовлення або складання виробів, при якій різко знижуються витрати часу на налагодження устаткування. В основі групової технології також покладено класифікацію виробів і комплектування груп. Але конструктивна подібність виробів при цьому є вторинною ознакою. При груповій технології технологічний процес проектується на комплексну деталь, що є або реально існуючою найбільш складною деталлю групи, або штучно створюється як деталь, що містить усі поверхні окремих деталей групи.

Розроблений для комплексної деталі технологічний процес є, як правило, надлишковим для конкретних деталей, тому що може

містити технологічні операції і переходи для обробки відсутніх у неї поверхонь. На основі групового технологічного процесу розробляють одиничні технологічні процеси шляхом виключення з групового зайвих операцій і переходів, уточнюючи технологічне оснащення. На цьому принципі побудований один з напрямків САПР ТП – проектування одиничних технологічних процесів на основі уніфікованого.

За рівнем досягнень науки і техніки технологічні процеси можна розділити на робочі та перспективні.

Робочий – це технологічний процес виконуваний за робочою документацією, що відбиває можливості конкретного виробництва.

Перспективний – це технологічний процес, що відповідає технічним рішенням, які цілком або частково ще повинні бути впроваджені на підприємстві (нові верстати, способи обробки, оснащення та ін.).

Тимчасовий – це технологічний процес, застосовуваний на підприємстві протягом обмеженого періоду через ремонт обладнання, оснащення або в зв'язку з аварією.

Комплексний – це технологічний процес, який містить не тільки технологічні операції, але й операції переміщення, контролю, очищення заготовок і т. ін.

Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150–500 мм в крупносерійному виробництві наведені у таблиці 2.2. Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві наведені у таблиці 2.3. У таблиці 2.2 та 2.3 ознакою «Х» позначені операції, що виконуються, літерою «Б» позначені вали, що не підлягають термічній обробці, а літерою «З» – вали, які підлягають загартовуванню або цементації та загартовуванню, літерою «П» – вали, які підлягають покращенню. У таблиці 2.4 приведені типові технологічні процеси, в яких вказано послідовність операцій, а також типи обладнання, що використовується при виготовленні валів різного призначення та конфігурації в залежності від типу виробництва.

Таблиця 2.2 – Типовий технологічний процес механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150–500 мм у крупносерійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали															
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5			
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Фрезерування торців та зацентрування. Фрезерно-центрувальні верстати МР78, МР71	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			Х			Х			Х			Х				Х
3	Термічна обробка – покращення			Х			Х			Х			Х				Х
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			Х			Х			Х			Х				Х
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3	Х	Х		Х	Х		Х	Х		Х	Х		Х	Х		

Продовження таблиці 2.2

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали														
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Накатування рифлень. Накатний верстат 5964	X	X	X												
7	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 2М151Ф2					X					X	X	X	X	X	X
8	Фрезерування шпонкових пазів. Шпонково-фрезерний верстат ДФ-96 для прямокутних пазів та 1296 для сегментних пазів	X	X	X				X	X	X	X	X	X			
9	Фрезерування шліців. Шліцьофрезерний верстат 5350А		X									X			X	
10	Фрезерування циліндричних зубів. Зубофрезерний верстат 5313							X	X	X	X	X	X			
11	Попереднє довбання зубів. Зубодовбальні верстати на базі верстатів 5В12, 514							X	X	X						

Продовження таблиці 2.2

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали														
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Довбання зубів під шевінгування. Зубодовбальні верстати на базі верстатів 5В12, 514, 5140							Х	Х	Х						
13	Нарізання конічних зубів. Зубофре- зерні верстати 5230, 5320 та на базі верстата 520													Х	Х	Х
14	Зняття фасок на торцях зубів													Х	Х	Х
15	Обкатування зубів													Х	Х	Х
16	Закруглення зубів. Зубозакруглюва- льні верстати 5580, 5Н580							Х	Х	Х	Х	Х	Х			
17	Фрезерування різьби. Різьбофре- зерні верстати КТ-45 та КТ-43				Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х
18	Цементация							Х	Х	Х	Х	Х	Х			
19	Шевінгування зубів. Шевінгувальний верстат 5702В							Х	Х	Х	Х	Х	Х			
20	Калібрування різьби					Х		Х	Х			Х				
21	Термічна обробка – загартування		Х			Х			Х			Х			Х	



Закінчення таблиці 2.2

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали														
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
22	Виправлення центрів. Центрошліфувальний верстат MB149, 3922P		X			X			X			X			X	
23	Обкатка зубів. Контрольно-обкатний верстат								X			X			X	
24	Заключне шліфування поверхонь. Круглошліфувальні верстати ЗМ151А, ЗМ153А, ЗЕ153	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Фрезерування шліців. Шліцефрезерний верстат 5350А				X		X				X		X	X	X	X
26	Шліфування шліців. Шліцьошліфувальний верстат ЗБ451П					X						X			X	
27	Калібрування різьби та зачистка задирок					X		X	X			X	X	X	X	X
28	Промивка	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 2.3 – Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали											
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Фрезерування торців та зацентрування. Фрезерно-центрувальні верстати MP78, MP71, MP37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			X			X			X			X
3	Термічна обробка – покращення			X			X			X			X
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			X			X			X			X
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3	X	X		X	X		X	X		X	X	
6	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 3А152, 3М151Ф2										X	X	X
7	Фрезерування шпонкових пазів. Консольно-фрезерні верстати 6М81Г, 6М11	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Фрезерування шліців. Шліцьофрезерний верстат 5350А					X						X	
9	Фрезерування зубів. Зубофрезерний верстат 5350							X	X	X	X	X	X
10	Закруглення зубів. Зубозакруглювальний верстат 5580							X	X	X	X	X	X
11	Шевінгування зубів. Шевінгувальні верстати 5М714, 5702							X		X	X	X	X
12	Нарізання різьби. Токарно-гвинторізні верстати 1А616, 16К20				X	X	X				X	X	X
13	Термічна обробка – гартування		X			X			X			X	
14	Остаточне шліфування поверхонь. Круглошліфувальні верстати 3М151, 3М153А	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Фрезерування шліців. Шліцьофрезерний верстат 5350А				X		X				X		X
16	Шліфування шліців. Шліцьошліфувальний верстат 3Б451П, 3451					X						X	
17	Шліфування зубів. Зубошліфувальний верстат 5831								X			X	
18	Калібрування різьби та зачистка					X						X	
19	Промивка. Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 2.4 – Типовий технологічний процес обробки валів

Найменування деталі. Матеріал. Розміри та технологічні вимоги	Вал ступінчастий без шліців та зубчастих вінців, без центрального отвору. Сталь. $L \leq 710$ мм, $D \leq 100$ мм. Точність обробки шийок за 6 – 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більше 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 – 0,04 мм (1-1-1).			Вал ступінчастий зі шліцами та зубчастим вінцем, з центральним отвором. Сталь. $L \leq 710$ мм, $D \leq 100$ мм. Точність обробки шийок за 6 – 14 квалітетом, отвору за 7 – 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більш 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 – 0,04 мм (2-1-3).		
Тип виробництва	Масове та крупносерійне	Середньо- та дрібносерійне	Одиничне	Масове та крупносерійне	Середньо- та дрібносерійне	Одиничне
Заготовка	Поперечно-клиновий прокат	Штампування на молотах	Прокат	Поперечно-клиновий прокат	Штампування на молотах	Прокат
Найменування	Обладнання					
1	2	3	4	5	6	7
1. Фрезерна	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або Фрезерний ФС -006	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або Фрезерний ФС -006	—	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або Фрезерний ФС -006	—	—
2. Центрувальна	Центрувальний ПОД-02-03	Центрувальний ПОД-02-03	—	Центрувальний ПОД-02-03	—	—

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
3. Токарна чорнова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—
4. Токарна чистова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—
5. Різьбоутворення	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	—	—	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	—	—
6. Повна токарна	—	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3 та люнетами	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20
7. Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3У12УС	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПУ 3М227ВФ2	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПУ 3М227ВФ2	Круглошліфувальний 3У227В. Внутрішньошліфувальний 3К227В

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
8. Фрезерна	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш
9. Свердлильна		Багатоцільовий з ЧПУ ІР 500	Радіально-свердлильний 2А554		Багатоцільовий з ЧПУ ІР 500	Радіально-свердлильний 2А554
10. Цементування	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	—	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	—
11. Токарна	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	Токарний з ЧПУ ЕМ 500Ф3	—	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	Токарний з ЧПУ ЕМ 500Ф3	—
12. Термічна	ТВЧ	ТВЧ	Об'ємна	ТВЧ	ТВЧ	Об'ємна
13. Правка центрів	—	—	Ручна	—	—	Ручна
14. Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3412УС	Круглошліфувальний 3153Е	Шліфувальні 3153Е та 3М227ВФ2	Круглошліфувальний 3У12УС, внутрішньошліфувальний 3К227В
15. Слюсарна	+	+	+	+	+	+
16. Мийна	+	+	+	+	+	+
17. Контроль	БВ6281, 5755	+	+	БВ6281, 5755, БВ 6277	+	+

### **3. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ**

#### ***3.1. Службове призначення корпусних деталей***

Корпусні деталі машин являють собою базові деталі, на яких встановлюють різноманітні деталі та складальні одиниці, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці, так і у процесі роботи машини під навантаженням. У відповідності з цим корпусні деталі повинні мати необхідну точність, жорсткість та вібростійкість, що забезпечує необхідне відносне положення деталей та вузлів, що з'єднуються, правильність роботи механізмів та відсутність вібрації.

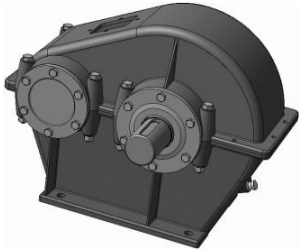
Конструктивне виконання корпусних деталей, матеріал та необхідні параметри точності визначають на підставі службового призначення деталей, вимог до роботи механізмів та умов їх експлуатації. При цьому ураховуються також технологічні фактори, пов'язані з можливістю отримання необхідної конфігурації заготовки, можливості обробки різанням та зручності складання, яку починають з базової корпусної деталі.

#### ***3.2. Класифікація корпусних деталей***

Корпусні деталі машин у загальному випадку можна поділити на групи. Деталі цих груп мають певну загальність службового призначення, що визначає наявність сукупності однакових поверхонь та ідентичне за формою конструктивне виконання. Це, у свою чергу, визначає особливості технологічних рішень, що забезпечують досягнення необхідних параметрів точності у процесі виготовлення деталей кожної групи (рисунок 3.1).

Перша група – корпусні деталі коробчастої форми у вигляді паралелепіпеда, габарити яких мають однаковий порядок. До цієї групи відносяться корпуси редукторів, корпуси коробок швидкостей, коробок подачі, шпindelних бабок. У більшості випадків основними базами таких корпусів є плоскі поверхні, а допоміжними – головні отвори та торці, які призначені для базування валів та шпindelів.

Друга група – корпусні деталі з гладкими внутрішніми циліндричними поверхнями, довжина яких перевищує їх діаметральні розміри. До цієї групи відносяться блоки циліндрів, двигунів та компресорів, корпуси різноманітних циліндрів та золотників, пневмо- та гідроапаратури, корпуси задніх бабок, що забезпечують базування пінолі та заднього центру. У відносності до службового призначення внутрішні циліндричні поверхні повинні мати підвищені вимоги за точністю діаметральних розмірів та точністю геометричної форми.



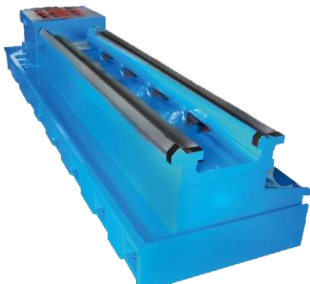
1 група



2 група



3 група



4 група



5 група

Рисунок 3.1 – Представники корпусних деталей

Ці циліндричні поверхні зазвичай працюють на знос. Тому до них пред'являють високі вимоги за шорсткістю та стійкістю проти спрацювання.

Третя група – корпусні деталі складної просторової геометричної форми. До них відносяться корпуси парових та газових турбін, відцентрових насосів, колекторів, трійників, вентилів, кранів. Складна просторова форма та геометричні розміри таких корпусів призначені для формування необхідних потоків руху газів або рідини. До цієї групи відносяться також складні за формою корпусні деталі ходової частини машин – картер заднього мосту, корпус поворотного важеля та ін.

Четверта група – корпусні деталі з направляючими поверхнями – столи, супутники, каретки, полозки, супорти, повзуни, планшайби. У процесі роботи ці деталі здійснюють зворотно-поступовий або обертовий рух по направляючим по-



верхням і забезпечують точне відносне переміщення заготовок, що обробляють та різального інструменту.

П'ята група – корпусні деталі типу кронштейнів, кутників, стояків плит та кришок. Ця група об'єднує найбільш прості за конструкцією корпусні деталі, які виконують функції допоміжних опор для забезпечення необхідної точності відносного положення окремих механізмів, валів, зубчастих коліс. Різноманітні базуючі поверхні корпусних деталей з точки зору їх функціонального призначення можна віднести до категорії основних або допоміжних баз. Основними базами, за допомогою яких корпусні деталі з'єднуються зі станинами, рамами або іншими корпусами, у більшості випадків є плоскі поверхні або сполучення плоскої поверхні та одного або двох базових отворів. При цьому частіше реалізуються схеми базування за трьома площинами або площиною та двома отворами. У деталей типу столів, кареток, супортів комплект основних поверхонь утворюється сполученням парних поверхонь направляючих. Допоміжними базами корпусних деталей є головні отвори, по ним базуються шпинделі, вали, а також плоскі поверхні та їх сполучення, які визначають положення різних вузлів та деталей, що з'єднуються – кришок, фланців та ін.

### ***3.3. Матеріал та способи отримання заготовок корпусних деталей***

Марку матеріалу для виготовлення корпусних деталей вибирають, виходячи зі службового призначення корпусу та умов його роботи. При цьому враховують вплив властивостей матеріалу та такі конструктивні параметри, як міцність та жорсткість конструкції, вібробостійкість, стійкість проти спрацювання окремих поверхонь, габарити та маса деталі. Одночасно необхідно враховувати технологічні фактори, що визначають методи отримання заготовки, оброблюваність матеріалу та пов'язані з цим грошові витрати. У якості матеріалу для виготовлення корпусних деталей використовують, головним чином, сірий чавун, вуглецеву сталь, ковкий чавун, леговану сталь та сплави кольорових металів.

Сірий чавун є основним конструкційним матеріалом для виготовлення корпусних деталей. При відносно невисокій вартості він має хороші ливарні властивості, що дозволяє отримувати відливки складної конфігурації. Сірий чавун добре оброблюється та має непогані фізико-механічні властивості. Корпусні деталі металорізальних верстатів, корпуси сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин, корпуси стаціонарних редукторів, відцентрових насосів виготовляють із сірого чавуна марок СЧ15, СЧ18, СЧ21. Для малонавантажених деталей типу кришок, плит, піддонів використовують чавун СЧ12. Корпусні деталі з направляючими, до яких пред'являють підвищені вимоги на зносостійкість, виготовляють із сірого чавуна СЧ21 та модифікованого чавуна марок СЧ32, СЧ35.

Плити супутників виготовляють зі сталей 30Л, 40Х, 12ХН3А, 20ХЗВМФ. Корпусні деталі ходової частини машин, що працюють під великим навантаженням виконують із сірого чавуна СЧ21, СЧ24, а також з ковкого чавуна КЧ35-10. Ковкий чавун та ливарні сталі 40Л, 40ЛК використовують для виготовлення корпусних деталей сільськогосподарських та дорожніх машин, що працюють в умовах вібрацій під знакозмінним навантаженням. Блоки циліндрів, головки блоків двигунів виготовляють із чавуна марок СЧ21, СЧ24 та алюмінієвих сплавів.

Корпуси високонапірних насосів, компресорів виготовляють із чавунів підвищеної міцності СЧ24, СЧ28 або сталюого литва. Корпуси парових турбін, що працюють при температурі 250–400 °С та високому тиску, виготовляють із модифікованих чавунів підвищеної міцності або вуглецевої сталі 30Л. Корпуси електродвигунів відливають зі сталі 15Л.

Корпусні деталі, що працюють в агресивному середовищі (кислоти, луги, морська вода), виготовляють з корозійностійких матеріалів, таких як леговані хромисті або хромонікелеві сталі 12Х18Н9Т, 20Х23Н13, а також бронзи та ливарні латуні ЛК80-3Л. Для корпусних деталей малої маси широко використовують алюмінієві та магнієві сплави АЛ4, АЛ8, АЛ10В, АЛ13. Отримання з них точних відливок під тиском дозволяє значно зменшити трудомісткість обробки

деталей різанням. Корпусні деталі з легких сплавів широко використовують в авіації та транспортному машинобудуванні.

Зварні корпусні деталі редукторів, зварні деталі типу кронштейнів, стояків, кутників у більшості випадків виготовляють з листової маловуглецевої сталі Ст3, Ст4. Штампо-зварювальні картери задніх мостів автомобілів виготовляють з листової сталі 35, 40. У порівнянні з ливарними картерами вони мають менші габарити та масу, що дозволяє отримати більш високий коефіцієнт використання металу.

Вибір заготовки означає визначення раціонального методу її отримання, призначення потрібних припусків на обробку різанням та визначення комплексу технічних вимог, що характеризують геометричну точність заготовки та фізико-механічні властивості її матеріалу.

Заготовки для корпусних деталей отримують литвом та зварюванням. При чому відливки складають біля 95 % заготовок, а головним ливарним матеріалом є чавун.

Головними способами отримання ливарних заготовок є: литво в піщану форму, в кокіль, під тиском, литво в оболонкові форми, а для малих за масою та габаритами деталей – литво за виплавленими моделями.

Для корпусних деталей найбільш широко використовують литво у піщану форму. В залежності від серійності та складності відливки використовують ручну або машинну формовку. У одиничному виробництві, а також при виготовленні складних відливок застосовують ручну формовку. Для крупних відливок використовують литво у землю, у інших випадках використовується формовка у парні опоки. Машинна формовка з використанням металевих або дерев'яних моделей не потребує робочих високої кваліфікації, її використовують для малих та середніх відливок у серійному та масовому виробництві. Вона забезпечує більш високу продуктивність. Машинна формовка у порівнянні з ручною дозволяє отримати більш якісні однорідні відливки зі сталими параметрами точності.

Литво у кокіль використовують для отримання фасонних відливок із кольорових сплавів, чавуна і сталі в умовах серійного та масового виробництва. Розміри відливок можуть досягати до 1,5 м, а маса – від декількох кілограмів до декількох тон. Відливки у кокіль мають більш високу точність розмірів (11-й, 12-й квалітети), параметр шорсткості поверхні відливок Ra 10–5 мкм. Усе це дозволяє у 2–3 рази зменшити припуски на обробку різанням.

Литво під тиском використовують в основному для отримання відливок корпусних деталей із кольорових сплавів. Цей спосіб забезпечує отримання фасонних відливок складної конфігурації з тонкими стінками та різними за розмірами отворами з внутрішніми або зовнішніми різьбами. Такі відливки мають хороший зовнішній вигляд, параметр шорсткості поверхні Ra 5–1,25 мкм. Металеві форми при цьому способі мають більш складну конструкцію, технічні вимоги на точність виготовлення форм значно вищі, ніж при використуванні звичайного кокілю. Це дозволяє отримати точні відливки габаритами до 500 мм, у яких розміри відповідають 11–14-му квалітетам точності, а окремі розміри – 9-му, 10-му квалітетам. Такі корпусні деталі не потребують обробки різанням.

Литво в оболонкові форми одноразового використання застосовують для отримання відповідальних фасонних відливок із різноманітних матеріалів у серійному та масовому виробництві. Заготовки таких корпусних деталей мають невеликі розміри (до 500–700 мм) і масу не більш 50 кг. Точність розмірів таких відливок відповідає 12 – 14-му квалітету, параметр шорсткості поверхні Ra 10–2,5 мкм. Висока точність розмірів відливки дозволяє зменшити припуски на обробку до 0,25–0,5 мм або взагалі виключити обробку різанням більшості поверхонь.

Зварні заготовки із сталі використовують, головним чином, в одиничному та мілко серійному виробництві для корпусів відносно простої геометричної форми і для корпусів, підлеглих ударним навантаженням. Такі корпуси повинні бути достатньо жорсткими, мати симетричну форму та розташування зварних швів.

Корпусні деталі підлягають термічній обробці – низькотемпературному віджигу, який забезпечує зняття внутрішнього напруження, підвищує в'язкість та стабілізацію розмірів деталі. Інколи застосовують штучне та природне старіння. Перед обробкою різанням заготовки піддають піскоструйному або дробеструйному очищенню у спеціальних камерах, а потім ґрунтують та красять поверхні, що не обробляються.

### ***3.4. Технічні вимоги до корпусних деталей***

В залежності від конструктивного виконання та складності до корпусних деталей пред'являють наступні технічні вимоги, що характеризують різні параметри їх геометричної точності.

1. Точність геометричної форми плоских базуючи поверхонь. Вона регламентується як прямолінійність поверхні у заданому напрямку на певній довжині і як площинність поверхні в межах її габаритів. Для поверхонь розміром до 500 мм відхилення від площинності і паралельності знаходяться у межах 0,01–0,07 мм, а у відповідальних корпусів 0,002–0,005 мм.

2. Точність відносного повороту плоских базуючи поверхонь. Граничні відхилення від паралельності або перпендикулярності однієї плоскої поверхні відносно іншої складають 0,015/200–0,1/200, а для деталей підвищеної точності – 0,003/200–0,01/200.

3. Точність відстані між двома паралельними площинами. Для більшості деталей вона знаходиться в межах 0,02–0,5 мм, а у корпусних деталей підвищеної точності – 0,005–0,01 мм.

4. Точність діаметральних розмірів та геометричної форми отворів. Діаметральні розміри головних отворів, які виконують в основному роль баз під підшипники, відповідають 6 – 11-му квалітетам. Відхилення геометричної форми отворів – некруглість у поперечному перетині, конусність або зігнутість у повздовжньому перетині знаходяться у межах 1/5–1/2 допуску на діаметр отвору.

5. Точність відносного кутового положення осей отворів. Відхилення від паралельності і перпендикулярності осей головних отворів відносно плоских поверхонь складають 0,01/200–0,15/200,

граничні кутові відхилення осі одного отвору відносно осі іншого – 0,005/200–0,1/200.

6. Точність відстані від осей головних отворів до базової площини для більшості деталей складає 0,02–0,5 мм. Точність відстані між осями головних отворів 0,01–0,15 мм. Співвісність отворів у межах 0,002–0,05 мм.

7. Параметр шорсткості плоских базових поверхонь Ra 2,5–0,63 мкм, параметр шорсткості поверхонь головних отворів Ra 1,25–0,16 мкм, а для відповідальних деталей до Ra 0,08 мкм.

### ***3.5. Вибір баз та загальна послідовність обробки корпусних деталей***

Не дивлячись на різноманітність конструктивних форм і розмірів корпусних деталей, структура побудови технологічного процесу має загальну закономірність. Ця закономірність відноситься до спільності підходу при виборі технологічних баз, до визначення послідовності обробки обладнання.

Для різних за конструкцією та розмірами корпусних деталей маршрут виготовлення корпусних деталей складається з наступних етапів:

- 1) виготовлення заготовки частіше за все відливка;
- 2) проведення гідравлічних випробувань на гідрощільність стінок заготовки (необхідність виконання залежить від службового призначення та технічних вимог);
- 3) усунення пористості та інших нещільностей відливки просоченням бакелітовим лаком та іншими способами (за мірою необхідності);
- 4) природне або штучне старіння заготовки, причому перевагу слід віддати штучному старінню у процесі термічної обробки для зняття або зменшення залишкових напружень (необхідність виконання залежить від вимог точності та жорсткості заготовки, а також інших умов);
- 5) обробка поверхонь заготовки, призначених для технологічних баз: сукупність площин, площини та двох отворів, площини,

циліндричного виступу та при встановленні на чорні (необроблені) бази;

- 6) обробка взаємопов'язаних площин;
- 7) обробка взаємопов'язаних основних отворів;
- 8) обробка кріпильних та інших дрібних отворів;
- 9) оздоблювальна обробка площин та основних отворів (за мірою необхідності);
- 10) очистка, мийка, сушка поверхонь деталі;
- 11) гідравлічні випробування герметичності стиків та щільності стінок;
- 12) технічний контроль розмірів, форми та розташування поверхонь;
- 13) оздоблювання, ґрунтовка, фарбування внутрішніх необроблених поверхонь.

На першій механічній операції оброблюють поверхні, які потім використовують як технологічні бази для більшості наступних операцій технологічного процесу. Поверхні деталі, від яких задано стан більшості інших поверхонь, рекомендується вибирати як технологічні бази.

Після створення надійної установочної бази обробка корпусної деталі на багатоцільових верстатах проводиться у такій послідовності: спочатку виконують попереднє та остаточне фрезерування плоских поверхонь, потім обробляють головні отвори (зенкерують, розточують та розвертають), а на закінчення свердлять дрібні отвори, зенкером знімають фаски і нарізають мітчиками різьбу.

При проектуванні технології обробки деталей та багатоопераційних верстатах як технологічні бази слід приймати поверхні, які однозначно є конструкторськими та вимірювальними базами. У цьому випадку похибка базування дорівнює нулю. Обробка деталей може здійснюватися за розмірами, представленими на робочому кресленні, використанням всього поля допуску на розмір.

Під час виготовлення деталі будь-яка переустановка викликає похибку. Для зменшення похибок треба максимально скорочувати число переустановок заготовки під час виготовлення та застосовува-

ти принцип єдності (суміщення) баз. Принцип єдності баз полягає у тому, що при розробці технологічного процесу назначають як технологічні бази (вимірювальні та установочні), комплект конструкторських баз.

У випадках, коли технологічна база не збігається з конструкторською або з вимірювальною базою, виникає похибка базування. У цьому випадку технолог змушений змінити схему прославлення розмірів безпосередньо від технологічних баз.

Технологічна база, яка була використана на першій операції, називається чорною. Як чорнову технологічну базу вибирають такі поверхні, відносно яких на першій операції оброблюються поверхні, які при подальшій обробці будуть використані як установочні бази. Чорнова база повинна мати достатні розміри, правильність і постійність форми, найменшу шорсткість. За чорнові бази не слід використовувати поверхні, на яких розташовані у відливках додатки та ливники, а також шви, що виникають у місцях роз'ємну опок у відливках і штампів у штампівках. У деталей, що не піддаються повній обробці, технологічними базами на першій операції рекомендується приймати поверхні, які не підлягають обробці. Якщо в заготовці оброблюються всі поверхні, то за технологічні бази на першій операції вибирають поверхні з найменшими припусками.

При виборі чистових установочних технологічних баз слід приймати поверхні, які одночасно є конструкторськими та вимірювальними базами деталі, а також використовуються як бази при складанні виробу.

Найбільш зручними технологічними базами для більшості операцій є: три площини, які утворюють координатний кут базування за трьома площинами; площину і два отвори, які матеріалізують схему базування за площиною та двома штирями; площина та один отвір порівняно великого діаметра, які забезпечують схему базування за площиною, буртом та за опорною базою.

Ці схеми базування отримали найбільше розповсюдження. Таким чином, основним завданням першої операції при виготовленні корпусних деталей на автоматизованих ділянках є підготовка зруч-



них технологічних баз, що забезпечують можливість здійснення всієї послідовної обробки з одною установчою базою. Базування корпусної деталі на першій операції можна також здійснювати попереднім вивіренням за розміткою. Розмітка використовується для суміщення початку відліку деталі з початком відліку координатної системи супутника та пристрою. Розміткою досягається рівномірний розподіл припуску при обробці головних отворів порівняно нежорстким консольним інструментом або забезпечується рівномірність товщини стінок відносно поверхонь, що не підлягають обробці.

Технологічні бази повинні забезпечувати можливість наступної обробки заготовки корпусної деталі з п'яти боків (чотирьох горизонтальних напрямків і одного вертикального). При цьому необхідно мати хорошу доступність ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь.

При обробці корпусних деталей в неавтоматизованому виробництві між етапами чорнової та чистової обробок рекомендується проводити старіння для знімання внутрішніх напруг. При обробці корпусних деталей в автоматизованому циклі за принципом змінно-поточного виробництва від одних технологічних баз переривати процес виконання чорнових і чистових переходів небажано. Тому операцію старіння, яка забезпечує зрівноважування внутрішніх напруг, в цьому випадку слід виконувати на початку технологічного процесу, тобто до надходження деталі на багатоопераційний верстат.

### ***3.6. Обробка зовнішніх поверхонь корпусних деталей***

Зовнішні поверхні заготовок корпусних деталей оброблюють наступними методами: фрезеруванням, струганням, точінням, шліфуванням, протягуванням.

Фрезерування є найбільш поширеним методом обробки зовнішніх поверхонь (рисунок 3.2).

Висока продуктивність, що отримується внаслідок непереривності процесу різання, дозволяє ефективно використовувати цей ме-

тоді для обробки заготовок корпусів в умовах одиничного, серійного та масового виробництва. В залежності від характеру виробництва

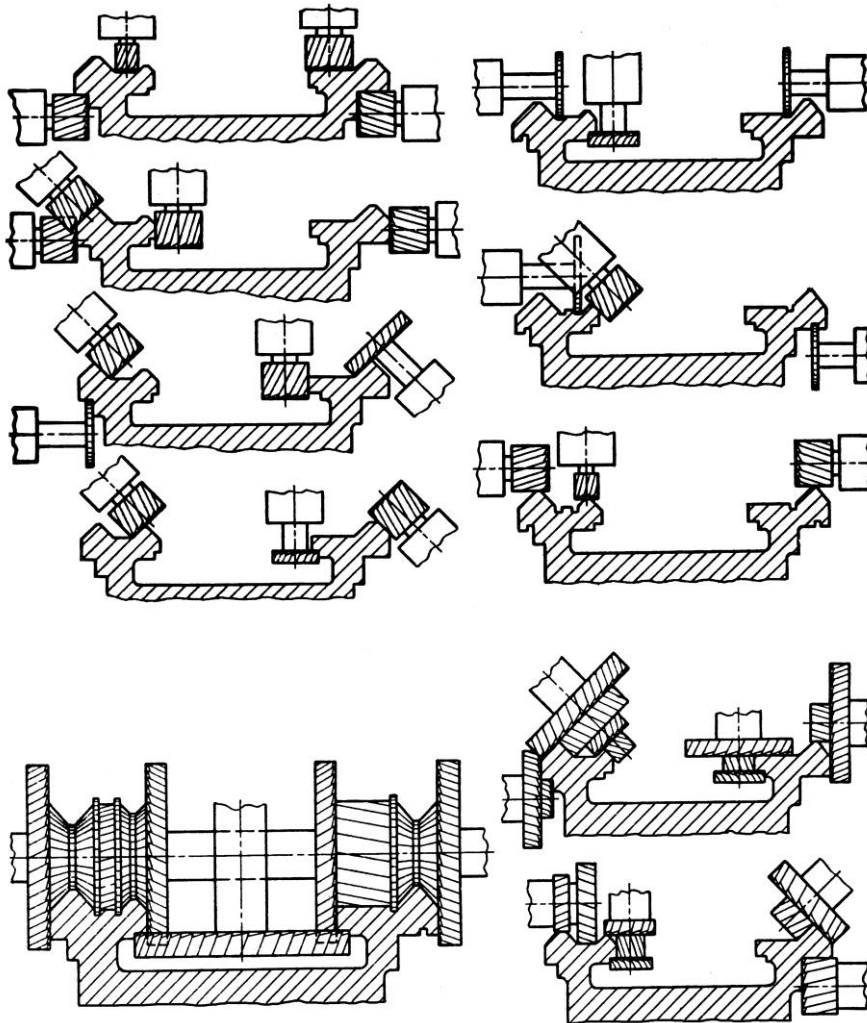


Рисунок 3.2 – Способи фрезерування прямолінійних поверхонь

та габаритів заготовок, що обробляють, використовують універсально-фрезерні верстати з вертикальним та горизонтальним розташуванням шпинделів, багатошпиндельні поздовжньо-фрезерні верстати, карусельно- та барабанно-фрезерні верстати агрегатного типу, а також верстати з ЧПУ та багатоцільові.

На універсально-фрезерних верстатах обробляють заготовки корпусних деталей малих габаритів у одиничному та мілко серійному виробництві. У цілях підвищення продуктивності шляхом суміщення часу на виконання робочих та допоміжних ходів обробку ви-

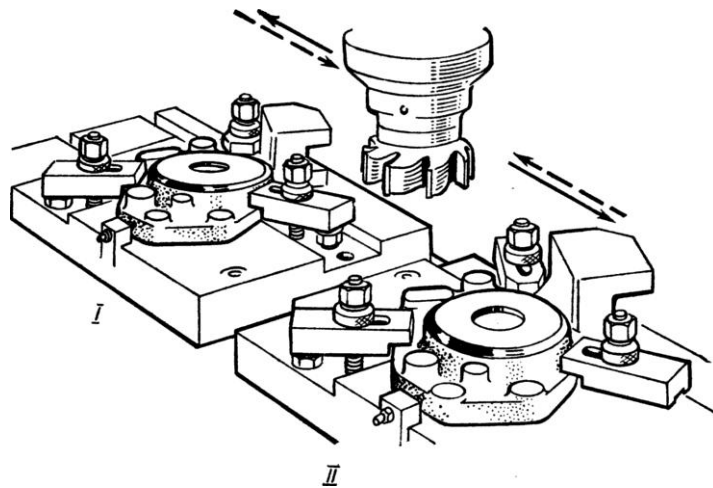


Рисунок 3.3 – Маятникове фрезерування

конують за схемою «маятникового» фрезерування (рисунок 3.3). На столі верстата є дві робочі позиції. У процесі фрезерування заготовки, що встановлена у позиції I, відбувається заміна заготовки у позиції II.

Багатошпиндельні поздовжньо-фрезерні верстати використовують для обробки крупногабаритних корпусних деталей або для групової обробки деталей середніх розмірів у серійному виробництві. Можливість суміщення ходів при одночасній обробці декількох поверхонь крупногабаритних заготовок або при паралельній обробці поверхонь декількох невеликих заготовок дозволяє отримати достатньо високу продуктивність.

При груповій обробці послідовно встановлених заготовок зменшення машинного часу досягається також за рахунок перекриття відстані на врізання та перебіг фрези. У випадку використання змінних столів, на які встановлюють групу заготовок поза верстатом під час автоматичного фрезерування на верстаті інших заготовок, продуктивність операції ще більш підвищується. Ефективним методом підвищення продуктивності при обробці заготовок корпусних деталей на поздовжньо-фрезерних верстатах є фрезерування у перекладку (рисунок 3.4).

На столі верстата встановлюють спеціальне багатомісне пристосування, на якому заготовки орієнтують певним чином відносно

верстата та інструмента. За один робочий хід у кожній позиції відповідними фрезами оброблюють одну або декілька поверхонь заготовок. Після кожного робочого ходу стола заготовки перекладають з попередньої позиції у наступну. У результаті у закінченні робочого ходу з останньої позиції знімають готову деталь, а на першу позицію встановлюють нову заготовку. В останньому випадку зазвичай обробляють заготовки суміжних деталей одного комплексу типу кришка-корпус або верхня та нижня половина роз'ємних корпусів. Таким чином, одночасно отримують комплект суміжних деталей, які потім надходять на наступну обробку різанням та складання. Зменшення штучного часу при використанні цього методу відбувається у результаті скорочення числа перекладок на верстаті, зменшення допоміжних ходів та відстаней на врізання та перебіг інструмента. При обробці на чотирьох-шпиндельних повздошно-фрезерних верстатах заготовок корпусних деталей з направляючими – кареток, столів, повзунів можливо використання набору фрез, профіль яких відповідає контуру направляючих. Набір фрез, як універсальних, так і спеціальних, базується на загальній оправці, яка встановлюється у шпинделі двох горизонтальних головок. Перевагою цього способу є можливість отримання за один хід практично повного профілю направляючих. Однак є складності, пов'язані з заточкою комплексу фрез та необхідного розмірного встановлення їх у наборі. Тому цей метод використовують, головним чином, у серійному виробництві для обробки направляючих простої форми.

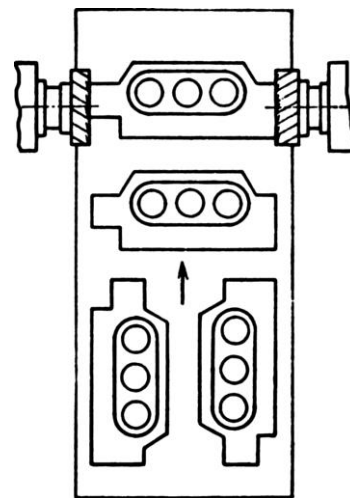


Рисунок 3.4 – Фрезерування у перекладку

Карусельно-фрезерні та барабанно-фрезерні верстати використовують для обробки корпусних деталей невеликих розмірів у крупносерійному та масовому виробництві (рисунок 3.5).

Карусельно-фрезерні верстати з круглим столом, що обертається, мають одну або декілька фрезерних головок з вертикальним розположенням шпинделів. При наявності трьох фрезерних головок

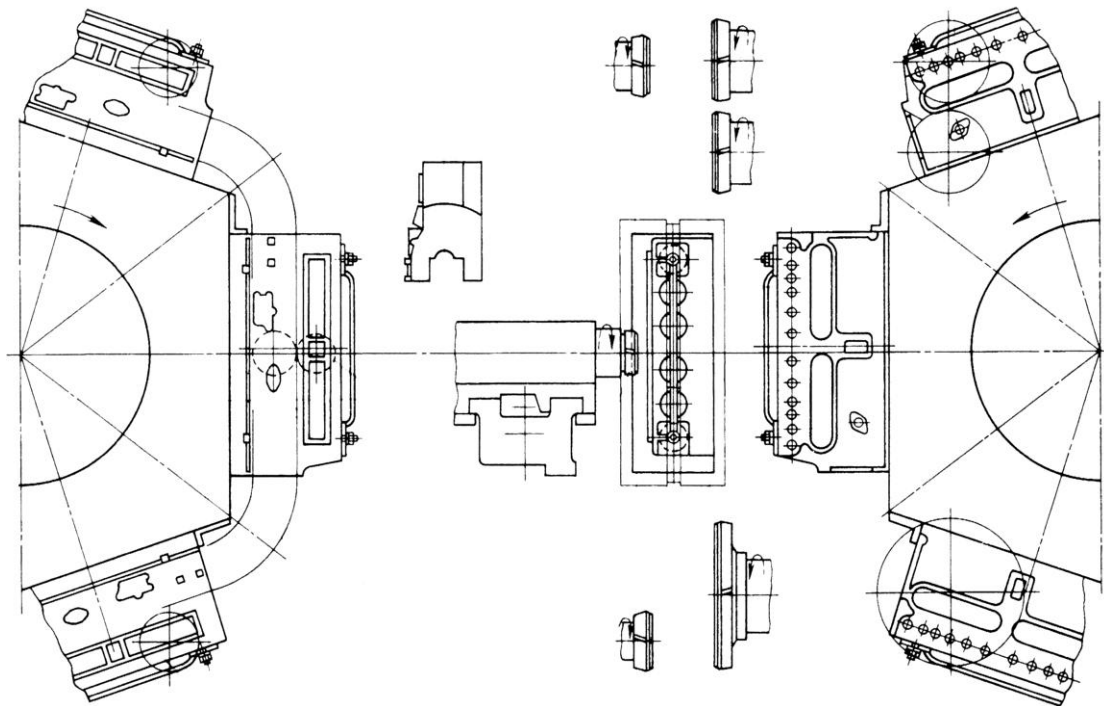


Рисунок 3.5 – Схема фрезерування на карусельному барабанно-фрезерному верстаті

на перших двох встановлюють фрези діаметром 250–300 мм для чорної обробки, а на наступній – фрезу діаметром 500–600 мм для чистової обробки горизонтальних поверхонь. Заготовки встановлюють у пристосування, що розташовані по колу стола. Встановлення та знімання деталі виконується поза зоною обробки і за часом суміщається з процесом різання, який здійснюється при неперервному обертанні стола. Неперервна паралельно-послідовна чорнова та чистова обробка групи заготовок дозволяє досягнути високої продуктивності. Короткі кінематичні та розмірні ланцюги карусельно-фрезерного верстата, підвищена жорсткість стола та нерухоме закріплення фрезерних головок сприяють отриманню високої точності розмірів та відносних поворотів поверхонь деталей, що обробляють.

На барабанно-фрезерному верстаті здійснюють одночасну обробку у розмір двох паралельних поверхонь. Барабан, що неперервно обертається відносно горизонтальної осі, має від чотирьох до восьми граней, на яких встановлені пристосування для закріплення заготовок, що обробляють. Загальне число фрезерних головок з горизонтальним розташуванням шпинелей складає 2, 4, 6, або 8. при

цьому за допомогою перших фрез виконують чорнову обробку, а останні дві фрези служать для чистової обробки поверхні. Діаметри фрез для чистової обробки залежать від розмірів поверхонь, що обробляють. Встановлення та знімання деталей виконують при неперервному обертанні барабана зі швидкістю робочої подачі 350–700 мм/хв. Близьке розташування заготовок забезпечує можливість перекриття дільниць на вході та виході фрези. Неперервна, паралельно-послідовна чорнова та чистова обробка деталей при суміщенні під час основних та допоміжних ходів дозволяє отримати високу продуктивність. При малих ділянках поверхонь, що обробляють, та відносно великій відстані між ними ефективність використання карусельно- та барабанно-фрезерних верстатів різко зменшується.

Торцеві фрези, що використовуються для чорнової та чистової обробки плоских поверхонь мають різне конструктивне виконання. Вони бувають суцільні, збірні зі вставними ножами з швидкорізальної сталі або з ножами, що мають твердосплавні напаяні пластини, використовують також фрези з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних пластин. В якості матеріалів для виготовлення різальної частини фрез використовують інструментальні вуглецеві та швидкорізальної сталі, тверді сплави та порошкові матеріали, а також надтвердий матеріал ельбор, що має високу зносостійкість.

Торцеві фрези з твердосплавними платинами мають стійкість у 3 рази вище, ніж фрези зі швидкорізальної сталі, та забезпечують підвищення продуктивності обробки до 5-ти разів. Торцеві фрези з різальною частиною з ельбору використовують для чистової обробки, якщо необхідна висока точність геометричної форми та низька шорсткість обробленої поверхні деталі.

Стругання зовнішніх площин корпусних деталей використовують в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, а також при обробці крупногабаритних, важких деталей. Цю операцію виконують на поздовжньо-стругальних верстатах з використанням вертикальних та горизонтальних супортів (рисунок 3.6).

Продуктивність стругання нижче фрезерування внаслідок наявності допоміжних ходів та відносно малих швидкостей зворотно-

поступового руху стола верстата. Продуктивність можна підвищити шляхом одночасної обробки групи заготовок, що послідовно встановлюються в один або два ряди на столі верстата. При цьому доцільна паралельна обробка горизонтальних та вертикальних поверхонь заготовок з використанням одночасно вертикальних та бокових супортів верстата. Вимогами до технологічності деталей у цьому випадку є розташування поверхонь, що обробляють, у одній площині, що дозволяє виконувати обробку напрохід.

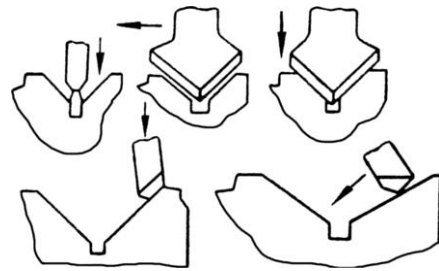


Рисунок 3.6 – Схеми стругання

Різці, що використовуються при струганні, являють собою найбільш дешевий простий інструмент, який має малу чутливість до дефектів поверхневого шару і дозволяє знімати за один робочий хід до 15–20 мм. При струганні можна отримати високу точність за прямолінійністю оброблених поверхонь. Це пояснюється більш високою жорсткістю стругальних супортів у порівнянні з фрезерними головками та відносно малими температурними деформаціями у процесі різання. Крім того, при отриманні пазів і канавок продуктивність стругання вище у порівнянні з фрезеруванням. Таким чином стругання широко використовують при обробці заготовок корпусних деталей з направляючими – столів, кареток, повзунів.

На карусельно-токарних верстатах здійснюють точіння таких корпусних деталей, як корпуси парових турбін, компресорів, відцентрових насосів, крупних електродвигунів, генераторів, планшайб верстатів та крупногабаритних вентилів. Оброблювані заготовки мають складну просторову форму або форму тіл обертання з зовнішніми або внутрішніми циліндричними, конічними поверхнями та перпендикулярними торцями, які порівняно просто отримують шляхом точіння. В умовах серійного виробництва на карусельно-токарних верстатах одночасно оброблюють по відкритій площині роз'ємну групу невеликих корпусів або кришок, що встановлюються у пристосування, які розташовані по периметру круглого стола. При цьому забезпечується достатньо високі вимоги до площинності та

паралельності поверхонь, що обробляють. Використання простого та дешевого інструменту – різців дозволяє знімати за робочий хід до 15 мм, встановлювати відносно високі режими різання, виконувати неперервну обробку, що підвищує продуктивність процесу.

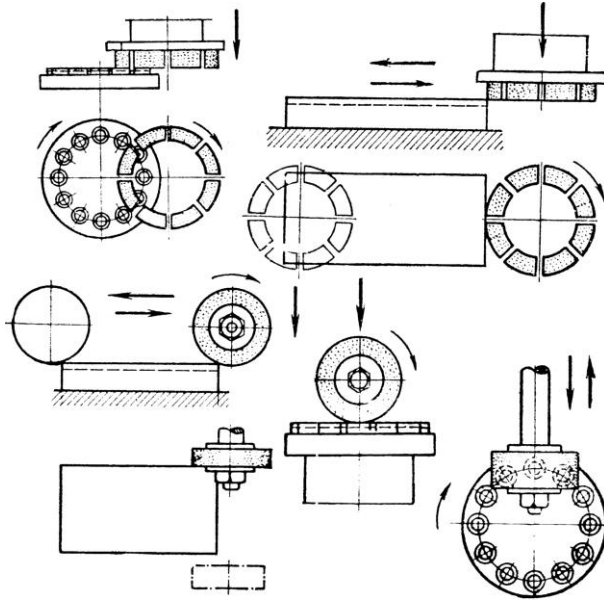


Рисунок 3.7 – Схеми шліфування площин

Шліфування зовнішніх площин корпусних деталей використовується в основному, як заключна обробка, що забезпечує отримання підвищених вимог до шорсткості та точності геометричної форми поверхонь, що обробляють (рисунок 3.7). Шліфування виконують на плоскошліфувальних верстатах

з прямокутними та круглими столами. Останні дозволяють отримати більш високу продуктивність внаслідок неперервності процесу шліфування. При цьому можливо шліфування периферією плоского круга, торцем чашкового круга або торцевою поверхнею складеного сегментного круга. Збірні сегментні круги використовують для обдирного шліфування зовнішніх площин. Припуск, що знімається за робочий хід, може досягати 4мм.

Перевагою цього методу обробки є мала чутливість шліфувального круга до дефектів поверхневого шару литої заготовки, а також можливість продуктивної обробки складних за контуром переривистих поверхонь чавунних деталей. Обробка переривчастих поверхонь чавунних заготовок струганням або фрезеруванням викликає відколи, викрашування металу на кромках і призводить до різкого зниження стійкості різального інструменту, в особливості торцевих фрез. Ліквідація цього явища шляхом зменшення режимів різання призводить до зниження продуктивності обробки. У процесі шліфування такі явища, як відколи та вібрації, що з'являються при



обробці переривчастих поверхонь – виключені. Багате охолодження за допомогою МОНС, що використовується при шліфуванні, дозволяє значно зменшити температурні деформації деталі, що обробляють, та покращує умови процесу різання, що сприяє підвищенню точності обробки.

Протягування зовнішніх площин корпусних деталей виконують у масовому виробництві на спеціальних протяжних верстатах горизонтального та вертикального типу. Протягування є най-

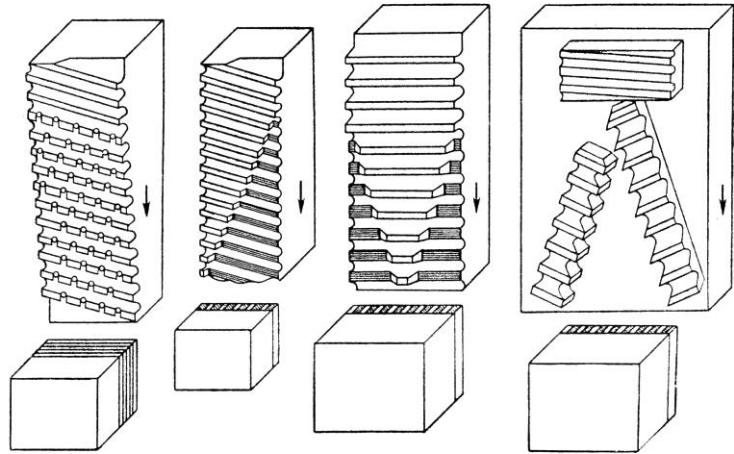


Рисунок 3.8 – Схеми протягування

більш продуктивним методом обробки, при якому забезпечується висока точність розмірів та відносне положення поверхонь, що обробляють. Потужні протяжні верстати з зусиллям протягування до 500 кН дозволяють по всій поверхні, що обробляють знімати за один хід припуск у межах 3–5 мм. Рациональний розподіл припуску, що знімають за довжиною протяжки, при якому на калібрувальну ділянку припадає мінімальне навантаження, забезпечує високу стійкість та зберігання геометричної точності різального інструменту, що гарантує високу точність деталі (рисунок 3.8).

Збірні протяжки, довжина яких складає 2–3,5 м, дозволяють обробляти як плоскі, так і фасонні зовнішні поверхні. При цьому швидкість протягування досягає 60 м/хв. Швидкохідні протяжні верстати з однією або декількома позиціями вмонтовують в автоматизовані лінії для обробки блоків циліндрів двигунів, у яких попередньо та остаточно протягують площини роз'єму під головку блоку, привалкову площину та поверхні замка під кришки кореневих підшипників, а також бокові поверхні блоку.

Факторами, що накладають обмеження на використання протягування, є відносно висока вартість різального інструменту та ве-

ликі сили різання, які виникають при обробці, що виключає можливість обробки нежорстких деталей.

Протягування використовують для попередньої чистової та заключної обробки зовнішніх поверхонь заготовок корпусних деталей.

Данні про точність, отримані при різних методах обробки плоских поверхонь, представлені у таблиці 3.1.

### ***3.7. Методи обробки головних отворів***

Обробка головних отворів – трудомісткий етап технологічного процесу виготовлення корпусної деталі. Головні отвори обробляють на розточувальних, координатно-розточувальних, свердлильних, агрегатних та інших верстатах, включаючи верстати з ЧПУ і багатоцільові верстати. Обробка проводиться в три етапи: чорнова, чистова та оздоблювальна.

На перших етапах обробки проводиться свердління, зенкерування, розточка різцями та розточувальними головками. На етапі остаточної обробки – тонке розточування, шліфування, хонінгування, а також пластичне деформування: алмазне вигладжування, розкочення кульками або роликками, дорнування.

При чорновій обробці знімають основний припуск металу, забезпечуючи при цьому точність положення отвору відносно бази та рівномірність припуску під чистову обробку. Чистова обробка забезпечує точність розмірів, геометричної форми та відносного положення отвору. Особливо важливим є забезпечення необхідної прямолінійності осі отвору і точності його відносного положення. Оздоблювальну обробку використовують для досягнення підвищених вимог до точності розміру, геометричної форми та шорсткості поверхні обробленого отвору.

Обробку отворів в корпусних деталях виконують з використанням таких різальних інструментів як свердла, зенкери, різці, розточні головки, розгортки, розточні пластини.

Свердління та розсвердлювання забезпечують 11-й –12-й квалітети точності, а шорсткість поверхні Ra 6,3–12,5 мкм. Зенкеру-

Таблиця 3.1 – Параметри точності, що отримуються при обробці плоских поверхонь різними методами

Обробка	Параметр шорсткості поверхні Ra, мкм	Площинність та прямолінійність, ступінь точності	Точність повороту відносно установочної бази на довжині 300 мм		Квалітети
			Паралельність	Перпендикулярність	
1	2	3	4	5	6
Фрезерування торцевою фрезою:					
чорнове	6,3-12,5	9-12	0,08	0,12	12-14
чистове	3,2-6,3	6-8	0,05	0,07	10, 11
тонке	0,8-1,6	4-5	0,03	0,03	8, 9 (7)
Стругання:					
чорнове	12,5-25	9-11	0,07	0,1	12-14
чистове	3,2-6,3	7-8	0,04	0,06	11-13
тонке	0,8-1,6	5-6	0,02	0,02	8-10(7)
Торцеве точіння:					
чорнове	6,3-12,5	9-12	0,1	—	14,15
чистове	3,2-5	7-8	0,05	—	11-13
тонке	0,8-1,6	5-6	0,03	—	8-10(7)
Протягування:					
напівчистове	6,3	9-10	0,07	0,08	8,9
чистове	0,8-3,2	7-8	0,04	0,05	7,8
заключне	0,2-0,4	5-6	0,02	0,02	7
Плоске шліфування:					
напівчистове	3,2	7-8	0,040	0,06	8-11
чистове	0,8-1,6	5-6	0,020	0,03	6-8
тонке	0,2-0,4	3-4	0,007	0,01	6,7

вання у відливках забезпечує 11-й – 12-й квалітети точності та похибку геометричної форми 30–50 мкм. Напівчистове зенкерування забезпечує 10-й квалітет точності та відхилення геометричної форми 15–20 мкм, шорсткість Ra 2,5–5 мкм.

Точність діаметральних розмірів відповідає при чорновому розточуванні 11-му – 12-му квалітетам, при чистовому – 9-му – 10-му квалітетам.

Розгортання – один з методів чистової обробки отворів за 6-м – 9-м квалітетом точності. Припуски, що залишаються від розгортання, складають для попередньої обробки 0,4–0,9 мм на діаметр, для чистової 0,05–0,30 мм.

Розгортання виконується із значним охолодженням емульсією (для чавунних деталей) або сумішшю гасу з машинним маслом (для сталевих деталей).

Для розгортання отворів застосовують також плаваючі різцеві блоки та пластини з швидкорізальної сталі або твердого сплаву (точність 7-й квалітети, шорсткість поверхні Ra 1,25 мкм), одночасно з обробкою торців застосовують торцеві зенкери або спеціальні летючі супорти, які забезпечують пересування різця в радіальному напрямі. На багатоцільових верстатах відкриті торцеві поверхні обробляються торцевими фрезами.

Для обробки в корпусних деталях головних отворів широко застосовують горизонтально-розточувальні та координатно-розточувальні верстати. Точність розташування їх відносно технологічних баз і точність міжцентрових відстаней досягаються одним із таких способів: за розміткою, методом пробних ходів та промірів, способом координатного розточування та з використанням кондукторів.

У крупносерійному та масовому виробництві для одночасної обробки різних отворів у корпусних деталях використовують агрегатно-розточувальні верстати (рисунок 3.9). Агрегатні верстати можуть працювати автономно або у складі автоматичних ліній для виготовлення корпусних деталей. Ці верстати складені із уніфікованих вузлів. В залежності від технологічних задач, що вирішуються, вони

мають різні компоновки з горизонтальним, похилим та вертикальним розположенням шпинелей, з нерухомими та рухомими столами. Верстати з горизонтальним розташуванням шпинделей бувають однібічні, двобічні, двобічні з поворотним столом, а також верстати зі столами поступового переміщення. Верстати вертикальної компоновки також мають нерухомі або поворотні столи.

Для паралельно-послідовної обробки заготовок з декількох сторін використовують верстати з вертикальними та горизонтальними головками, та поворотними столами, а також горизонтальні верстати з багатопозиційними поворотними барабанами. На таких верстатах має місце висока ступінь концентрації технологічних переходів, що виконують.

Агрегатні верстати з нерухомими або поворотними столами зазвичай працюють автономно в умовах крупносерійного виробництва. Верстати зі столами поступового переміщення вмонтовують в автоматичні лінії, в наслідок чого забезпечується наскрізне переміщення заготовки за ходом виконання технологічного процесу. За закінченням обробки столи-супутники паралельним потоком повертаються в початкову позицію для встановлення нової заготовки.

На агрегатних верстатах виконують технологічні операції свердління, зенкування, розточування, підрізання торців, розгортання та інші. При чому одночасно обробляють декілька отворів корпусної деталі, які можуть розташовуватися як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях деталі. Необхідна точність міжцентрових відстаней та відносна положення інструменту забезпечується шляхом застосування кондукторних плит з направляючими втулками для різального інструменту та інструментальних оправок.

Агрегатні верстати є спеціальними, тому їх розробляють для обробки певних заготовок, що виготовляють у великій кількості. Тому застосування таких верстатів потребує економічного обґрунтування.

Для отримання в корпусних деталях отворів високої точності (6-го, 7-го квалітетів) на заключному етапі технологічного процесу вводять оздоблювані операції. Методами оздоблювання головних

отворів є розгортання, тонке розгортання, планетарне шліфування, хонінгування, розкочення роликми, а в окремих випадках притирка та шабрування.

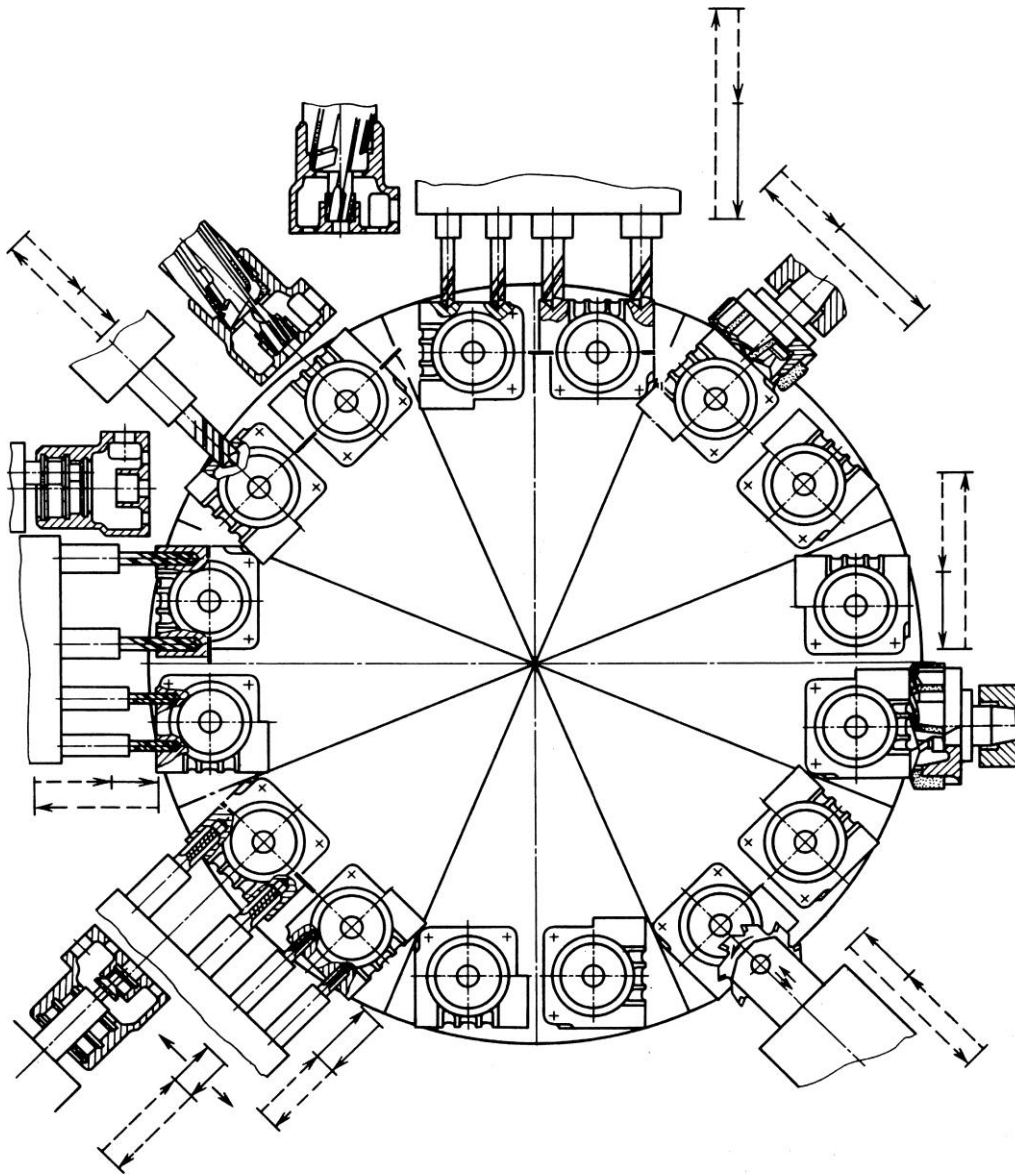


Рисунок 3.9 – Схема обробки корпусу на агрегатному верстаті

Вибір необхідного методу обробки залежить від необхідної точності, що визначається службовим призначенням деталі. Так для оздоблювання отворів під піноль задньої бабки або отворів у блоках циліндрів двигунів та компресорів, до яких пред'являються підвищені вимоги до параметрів шорсткості ( $R_a$  0,1–0,04 мкм), застосовують хонінгування. А для оздоблювання отворів у шпindelь-

них коробках, де необхідна висока точність відносно положення отворів, використовують тонке розточування та планетарне шліфування. При необхідності зміцнення поверхні отвору з метою зменшення зносу поверхневого шару використовують розкочення роликами.

Розгортання є найбільш поширеним методом оздоблювання головних отворів в умовах одиничного та серійного виробництва. Універсальність цього методу полягає у тому, що ручне оздоблювальне розгортання взагалі не потребує верстатного обладнання. Оскільки розгортка зазвичай самовстановлюється по отвору, то для забезпечення співвісності попередньо оброблених отворів використовують комбіновані розгортки, за допомогою яких відбувається одночасне розгортання співвісних отворів.

Тонке алмазне розгортання виконують на спеціальних алмазно-розточувальних верстатах. Верстати для тонкого розточування мають високу жорсткість та підвищену вібростійкість. Вони мають вертикальну або горизонтальну компоновку з одним або декількома шпинделями. Верстати горизонтальної компоновки бувають одnobічного або двобічного виконання. Розточування отворів виконують однолезовими різцями, оздобленими твердосплавними пластинами з ретельно доведеними різальними кромками.

Для обробки корпусних деталей застосовують також різці з надтвердих матеріалів. Геометрія заточки таких різців дозволяє вести обробку отворів з дуже малою глибиною різання. Інструмент встановлюють у жорстких консольних оправках з метою підвищення жорсткості та вібростійкості для розточування отворів малого діаметру замість сталевих оправок застосовують твердосплавні, які при однакових розмірах мають кращі показники. З точки зору точності обробки переважним є вертикальне розташування шпинделя, при якому сила важкості розточувальної оправки практично не впливає на точність геометричної форми отворів. Особливістю такого розточування є обробка на високих швидкостях різання при дуже малих значеннях глибини різання та повздовжньої подачі. Припуск, що залишають на тонке розточування у межах 0,2–0,35 мм

на сторону, знімають за два робочих хода. При першому ході знімають  $3/4$  припуску, при другому –  $1/4$ . Охолодження при розточуванні зазвичай не використовують.

Внутрішнє планетарне шліфування застосовують, головним чином, для оздоблювання отворів діаметром більш 150 мм. Але є також координатні, планетарно-шліфувальні верстати, що дозволяють обробляти у корпусних деталях отвори діаметром від 10 мм і більше. У процесі обробки шліфувальний круг обертається навколо своєї осі та здійснює планетарний рух відносно осі оброблюваного отвору. Осьова подача здійснюється шляхом поздовжнього зворотно-поступового переміщення стола з заготовкою, шліфувального круга у радіальному напрямку. Припуск під оздоблювальне шліфування отворів складає 0,1–0,2 мм на діаметр.

Хонінгування використовують для оздоблювання наскрізних гладких отворів діаметром 25–500 мм у корпусних деталях, головним чином, із чавуна і сталі. Хонінгування являє собою процес чистової обробки циліндричних поверхонь дрібнозернистими абразивними брусками, що здійснюють обертовий та зворотно-поступовий рухи у напрямку осі отвору. Цей процес пристосований для досягнення високої точності розмірів та геометричної форми отворів, але він не дозволяє виправити положення осі отвору відносно бази. Хонінгування виконують на спеціальних одношпindelних або багатшпindelних верстатах з вертикальною або горизонтальною компоновкою. Одношпindelні верстати мають значну універсальність; на верстатах з горизонтальним розташуванням шпинделя, що використовуються для обробки довгих заготовок, додатково обертається заготовка для зменшення похибки форми, яка обумовлена однобічним тиском хона.

Абразивні бруски, рівномірно розташовані по периметру хонінгувальної головки, за один хід знімають шар металу товщиною 0,3–0,5 мм. Кількість абразивних брусків в головці повинна бути кратна 3, а для обробки отворів малого діаметру використовують 1 брусок. Довжину брусків підбирають приблизно рівною діаметру отвору, а для хонінгування довгих отворів бруски повинні мати до-



вжину  $L = (3-4)D$ . У процесі роботи вихід брусків за межі отвору складає 15–20 мм. Все це сприяє досягненню високої точності геометричної форми отвору.

Відношення швидкості окружного та зворотно-поступового руху встановлюють із умов отримання на циліндричній поверхні отвору перехресних штрихів під кутом 40–60 °.

Хонінгувальна головка зв'язана зі шпинделем верстата шарнірно, і у процесі роботи вона самовстановлюється по отвору. Розходження абразивних брусків відбувається автоматично за мірою знімання припуску. Хонінгування виконують з підвищеним охолодженням, для заготовок із чавуна застосовують емульсію, що забезпечує як охолодження, так і змащування, а для сталевих – керосин з домішкою парафіну.

У крупносерійному та масовому виробництві хонінгування здійснюють на високопродуктивних верстатах – автоматах при постійному автоматичному контролі отриманих у процесі обробки параметрів точності отвору.

Хонінгування раціонально виконувати після операції розточування, у результаті якого забезпечується необхідне відносне положення осі отвору. Для відповідальних корпусів хонінгування здійснюють після тонкого розточування, так як ці два процеси технологічно доповнюють один одного. Хонінгування особливо ефективно при необхідності обробки високоточних довгих отворів порівняно великого діаметру. У практиці машинобудування хонінгування широко використовують при обробці отворів у блоках циліндрів різних двигунів та компресорів, при обробці отворів під пінолі та висувні шпинделі у циліндрах та корпусах.

Розкочування отворів – метод оздоблювання, оснований на пластичному деформуванні оброблюваної поверхні. Розкочування виконують на свердлильних, токарних або спеціальних верстатах. Інструментом є різної конструкції багатороликові розкатники, які обертаються відносно осі отвору. Ролики розташовані рівномірно по периметру сепаратора і вільно обертаються навколо своєї осі. Роли-

ки виготовляють з якісних інструментальних сталей, їх твердість після загартування  $HRC_e$  62–64.

Конструкція багатороликів розкатників дозволяє у певних межах регулювати отриманий діаметр отвору. Розкочування виконують після чистового розточування, точність отвору під розкочування складає 0,01–0,015 мм. Припуск, що залишається під розкочування, дорівнює 0,02–0,05 мм на діаметр. Розкочування не виправляє положення осі отвору, вона самовстановлюється по отвору, тому точність положення отвору відносно бази повинна забезпечуватися на розточувальній операції. Розвальцювання використовують для оздоблення наскрізних та глухих отворів у корпусах із матеріалів, здатних у холодному стані пластично деформуватися. Твердість таких матеріалів не перевищує  $HRC_e$  35–40. У результаті розвальцювання поверхневий шар ущільнюється і твердість збільшується на 20 %. Продуктивність розвальцювання вище, ніж хонінгування до 5 разів. Цей метод використовують для оздоблення довгих отворів у сталевих корпусних деталях типу корпусів гідроциліндрів, пінолей, поршневих та гвинтових насосів, гідравлічних стоїк та інших.

В одиничному та дрібносерійному виробництвах для отримання високої точності розмірів та геометричної форми отворів малих та середніх діаметрів застосовують притирку, яку виконують з використанням абразивних порошоків та паст з використанням спеціальних притирів, або деталей по деталі. Ця операція не потребує спеціального верстатного обладнання, її виконують на свердлильних, токарних та інших верстатах або вручну. За допомогою притирки забезпечується необхідна ширина зазору у золотникових парах корпусів паливної, пневмо- та гідроапаратури.

### ***3.8. Обробка кріпильних та інших отворів корпусних деталей***

Кріпильні та інші дрібні отвори у корпусних деталях – під пробки, масло-вказники або для подачі мастильного матеріалу – оброблюють на вертикально-свердлильних, радіально-свердлильних, горизонтально-розточувальних або агрегатних верстатах. При цьому

за допомогою відповідного інструменту виконують свердління, розгортання, цековку, зняття фасок, нарізування різьби.

На вертикально-свердлильних верстатах зазвичай обробляють заготовки масою не більш 30 кг. На радіально-свердлильних або горизонтально-розточувальних верстатах обробляють дрібні отвори у деталях масою не більш 30 кг. В умовах одиничного виробництва свердління отворів у корпусі виконують за розміткою. У цьому випадку точність міжцентрових відстаней і точність розмірів, що визначають положення отворів на площині складає  $\pm(0,25-0,5)$  мм.

Для зменшення уводу отворів свердління виконують за два або три переходи. Спочатку виконують центрування отвору або за свердлування свердлом, діаметр якого у 2–3 рази менший необхідного. Для отвору під різьбу діаметром більш 25–30 мм крім свердління виконують зенкерування або розточування.

Діаметр отворів під різьбу виготовляють на 0,04–0,1 мм більше внутрішнього діаметру різьби, тим самим ураховують підйом витків.

Обробку торців виконують зенківками або підрізними різцями з осьовою подачею.

Перед нарізанням різьби в отворах знімають фаску за допомогою конічних зенківок, різців або свердел більшого діаметру. Фаску знімають під кутом  $90^\circ$  до зовнішнього діаметру різьби. Нарізання різьби виконують машинними мітчиками. Різьбу з кроком до 3 мм нарізують за один хід, різьбу з великим кроком нарізають комплектом мітчиків за 2–3 робочих ходи. Різьбу нарізають з примусовою осьовою подачею, рівною кроку різьби. Для запобігання ламання інструменту у випадку розбіжності кроку різьби та подачі на 2–3 % використовують патрони з осьовою компенсацією або динамометричні патрони, відрегульовані на допустиме граничне значення крутильного моменту.

В умовах серійного виробництва дрібні отвори свердлять за допомогою кондукторів – накладних, скальчастих, коробчастих. Інструмент у цьому випадку направляють кондукторні втулки, у ре-

зультаті відпадає необхідність розмітки та попереднього зацентрування отворів.

Для свердління отворів з різних сторін заготовки застосовують одно або двохопорні поворотні пристосування, на яких встановлюють необхідний кондуктор. Нормалізовані поворотні стійки забезпечують фіксацію кондуктора з заготовкою у необхідному кутовому положенні, що дозволяє отримати отвори з будь якої сторони, у тому числі і зі сторони технологічних баз деталі. Для скорочення допоміжного часу на зміну різального інструменту на свердлильних верстатах використовують швидкозмінні патрони або спеціальні револьверні головки. З метою підвищення продуктивності використовують також комбінований різальний інструмент: свердла та зенкери різного діаметру, свердла-зенковки, свердла-зенкери, свердла-мітчики.

У серійному виробництві на свердлильних верстатах використовують швидкопереналаштовні багатошпindelні головки з міжцентровими відстанями, що регулюються. За допомогою цих головок забезпечується паралельна обробка декількох отворів, розташованих в одній площині. Конструкція таких головок дозволяє змінювати кількість одночасно працюючих свердел та регулювати в певних мережах міжцентрові відстані.

У крупносерійному та масовому виробництвах обробку дрібних отворів виконують на багатошпindelних агрегатних верстатах різних компоновок. Свердління отворів у корпусі та наступне нарізування різьби можна виконувати на двох агрегатних верстатах або на одному багатопозиційному верстаті.

### ***3.9. Контроль корпусних деталей***

Контроль корпусних деталей здійснюють як при виконанні найбільш відповідальних операцій технологічного процесу, так і після обробки. При цьому контролюють точність розмірів та відносного положення плоских поверхонь і головних отворів, точність геометричної форми та шорсткість базових поверхонь і головних отворів, точність геометричної форми та шорсткість базових повер-

хонь деталі, правильність відносного положення різьбових та інших дрібних отворів.

В умовах одиничного та дрібносерійного виробництва контроль виконують за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Точність розмірів, відносних поворотів та геометричної форми плоских поверхонь контролюють за допомогою лінійок, косинців, рівнемірів, кінцевих мір, індикаторів, шаблонів. Для контролю точності розмірів, відносного положення та геометричної форми отворів додатково використовують мікрометричні та індикаторні прилади – штихмаси, пасиметри, мікрометри, штангенінструменти – штангенциркулі, штангенрейсмуси, штангенглибиноміри, контрольні оправки та граничні калібри-пробки.

У крупносерійному та масовому виробництві контроль геометричної точності корпусних деталей виконують на спеціальних приладах, що забезпечують автоматичне вимірювання одночасно декількох параметрів точності деталі. Вимірювальна система таких приладів основана на використуванні пневматичних, індуктивних та електроконтактних датчиків.

При виборі вимірювальних засобів необхідно враховувати вимоги до точності деталі, що контролюється, та допустимі граничні похибки вимірювального приладу. Гранична похибка вимірювального засобу не повинна перевищувати 0,1–0,2 допуску на контрольований параметр і лише в окремих випадках при малому допуску можливо припустити похибку вимірювання у межах 0,3 допуску.

Для контролю точності геометричної форми отвору у поперечному перетині (овальність, огранка) вимірювання діаметральних розмірів необхідно виконувати у декількох радіальних напрямках.

Контроль точності геометричної форми отворів у повздовжньому напрямку (конусоподібність, бочкоподібність) вимагає вимірювання діаметральних розмірів у декількох поперечних перетинах.

Для вимірювання точності положення отвору відносно площини або іншого отвору в першу чергу необхідно матеріалізувати вісь отвору. Це роблять за допомогою контрольних оправок, які вставляють в отвір. Оправки представляють собою загартовані ста-

ліві стержні твердістю  $HRC_e$  52–54 та точністю діаметрів за IT 5, IT 6, шорсткістю поверхні  $Ra$  0,32–0,16 мкм.

Для отворів діаметром до 50 мм оправки встановлюють безпосередньо по отвору корпусу, а при розмірі отвору більш 50 мм оправки встановлюють через проміжні контрольні втулки, які також виготовлені з точністю калібру. Для отворів діаметром до 100 мм використовують сталеві загартовані втулки, а при більшому діаметрі використовують чавунні втулки з виточками та отворами для зниження маси.

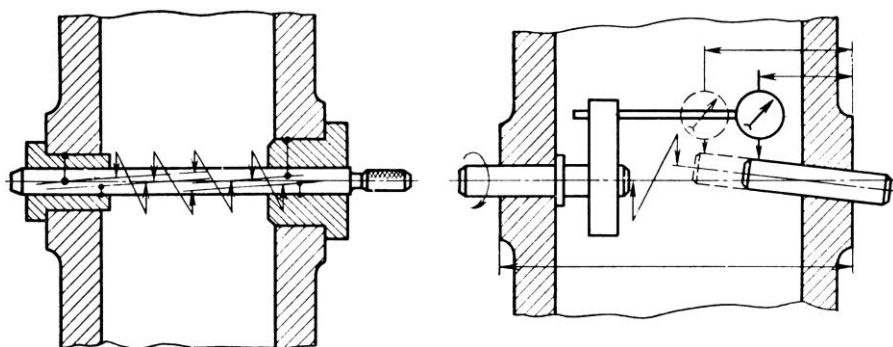


Рисунок 3.10 – Контроль співвісності двох отворів

Відхилення від співвісності двох отворів контролюють за допомогою або прохідних оправок, або за допомогою індикатора у декількох поперечних перетинах, оскільки при певному співвідношенні відхилень неспіввісність на окремих ділянках може бути не виявлена (рисунок 3.10).

За допомогою втулки та індикаторів вимірюють відхилення від паралельності осі отвору площини, відхилення від осі отво-

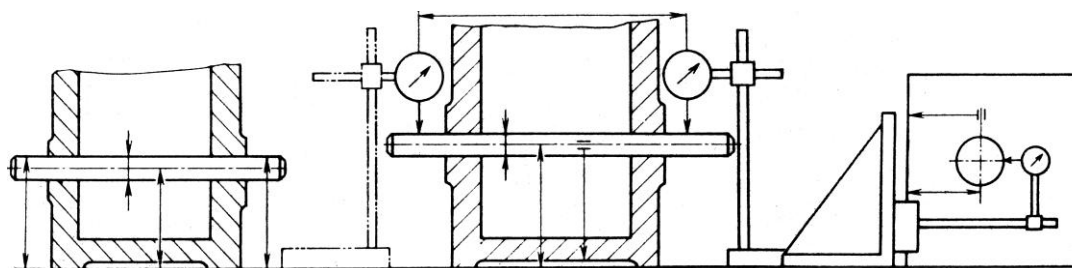


Рисунок 3.11 – Контроль точності повороту та відстані осі отвору до базової площини

ру до площини, середню відстань від осі отвору до площини (рисунки 3.11).

Контроль точності відносного повороту та відстані осі отвору до базової площини у горизонтальному напрямку виконують аналогічно з застосуванням косинця. Для заміру відстані від твірної контрольної оправки до базової площини, окрім індикатора, також використовують штангенрейсмус, штихмас, мірні плити.

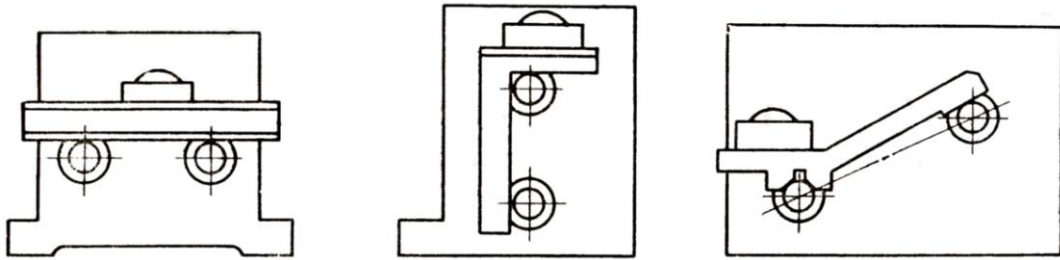


Рисунок 3.12 – Контроль точності положення осей отворів у площині

Точність положення осей отворів у заданій площині вимірюють за допомогою контрольних оправок із застосуванням лінійки, косинця або спеціальних пристосувань, на які встановлюють рівнеміри (рисунки 3.12).

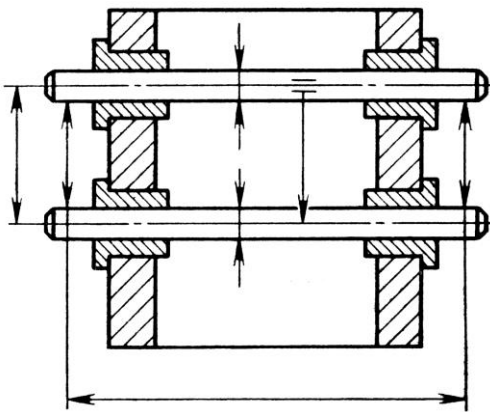


Рисунок 3.13 – Контроль точності міжцентрової відстані

Вимірювання можна виконувати також на контрольній плиті з застосуванням індикатора на стійці.

У корпусних деталях також контролюють точність міжцентрової відстані та паралельність осей отворів (рисунки 3.13).

Відхилення від перпендикулярності осі одного отвору до осі іншого перевіряють за допомогою калібру або індикатора, встановленого у спеціальній оправці (рисунки 3.14).

Таким же чином перевіряються від-

хилення від перпендикулярності торцевої площини до осі отвору (рисунок 3.15).

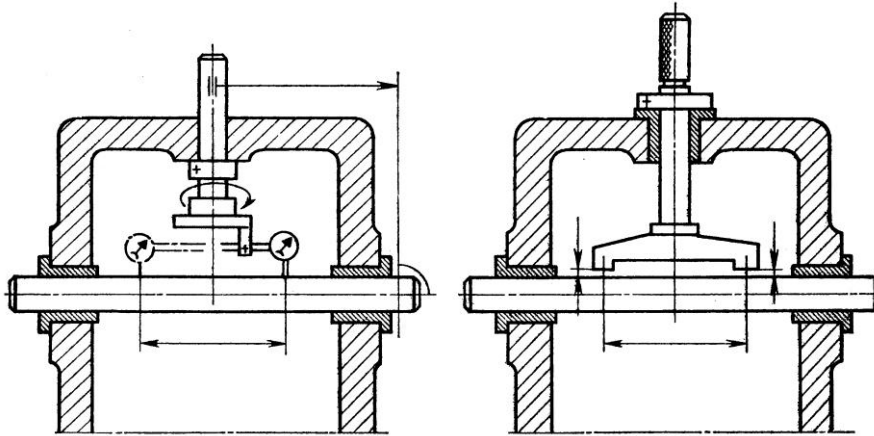


Рисунок 3.14 – Контроль перпендикулярності одного отвору до іншого

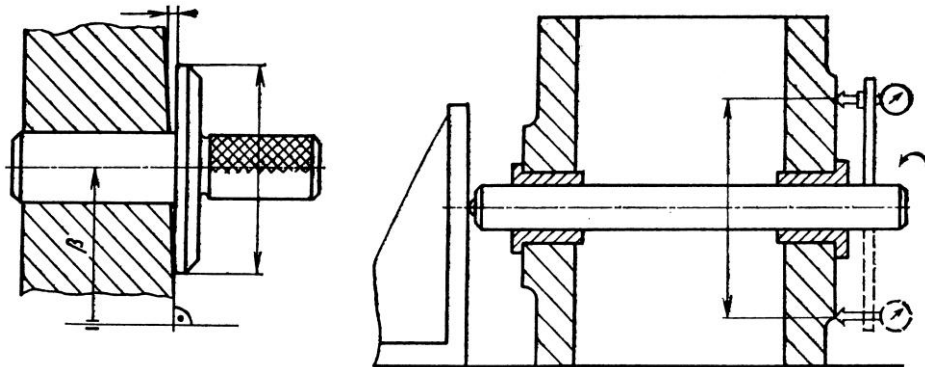


Рисунок 3.15 – Контроль відхилення від перпендикулярності торцевої площини до осі отвору

У корпусних деталях контролюють: відхилення від прямолінійності і правильність розташування базових площин; розміри, форму і розташування основних отворів; відхилення від співвісності отворів; міжосьові відстані; відхилення від паралельності і перпендикулярності осей отворів; розташування осей щодо базових поверхонь; відхилення від перпендикулярності торцевих поверхонь щодо осей отворів.

Для контролю основних отворів використовують: мікрометричні нутроміри (штихмаси) з ціною поділки 0,01 мм, індикаторні нутроміри підвищеної точності з ціною поділки 0,001-0,002 мм, пневматичні вимірювальні головки з точністю вимірювання 0,001 мм, калібри-пробки. Відхилення осі отворів контролюють гладкими або



ступінчастими контрольними оправками. Оправлення вставляють в отвори, розташовані на одній осі. При контролі отворів великих діаметрів застосовують перехідні втулки. Міжосьові відстані і відхилення від паралельності перевіряють індикаторами, мікрометрами, штангенциркулями. Відхилення від паралельності осі отвору базової площини перевіряють індикаторами, мікрометрами, штангенциркулями. Відхилення від паралельності осі отвору базової площини перевіряють за допомогою індикаторів. Відхилення від перпендикулярності осей отворів контролюють оправками з індикаторами. Відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні щодо осі перевіряють за допомогою індикатора, що закріплюється на оправці, або спеціальними калібром і щупом. Прямолінійність площин перевіряють рівнем, лінійкою, індикатором або за допомогою еталонної плити по фарбі.

Останнім часом застосовують спеціальні контрольно-вимірювальні пристрої з ЧПУ для комплексної перевірки корпусних деталей. У цих пристроях вимірювальна головка обходить всі задані програмою управління точки деталі, визначає різницю між заданими і фактичними їх значеннями. На підставі вимірянних значень підраховуються і виводяться на друк контрольовані параметри деталі (розміри отворів, їх розташування, відстань від баз і т. п.).

## 4. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТАХ

### 4.1. Багатоцільові верстати

Високопродуктивні металорізальні верстати типу багатоцільових, що здійснюють за програмою автоматичну зміну оброблюваних заготовок та різального інструменту, дозволяють автоматично робити з однієї установки практично повну обробку корпусної деталі з 4–5 боків. Наявність на верстатах багатоінструментальних магазинів з широким набором різального інструменту дає можливість автоматично виконувати на одній або декількох робочих позиціях з однієї установки заготовки різні технологічні переходи з обробки плоских та фасонних поверхонь, з обробки головних та кріпильних отворів, з нарізування різьб та отриманню необхідних пазів та виточок. При цьому можна виконувати такі роботи, як фрезерування плоских поверхонь та фрезерування за контуром, координатне свердління, розточування, нарізування різьби. Управління верстатом здійснюється за програмою, що записана на програмоносії або надходить з ЕОМ. Зміна програми відбувається протягом 1,5–4 хв.

Базування заготовок на багатоцільових верстатах відбувається на столі верстата або у пристосуваннях простого типу без направляючих втулок для інструменту.

Для обробки заготовки з різних боків на багатоцільових верстатах застосовують точні поворотні столи, що дозволяють за програмою обернути заготовки на необхідний кут. З метою підвищення ефективності використання верстата у ряді випадків застосовують змінні столи або супутники, що дозволяє встановлювати заготовку у процесі обробки, сумістив тим самим основні та допоміжні переходи у часі.

Багатоцільові верстати мають різноманітні компоновки з одним або декількома шпинделями, багатопозиційними револьверними головками та магазинами, які містять від 30 до 100 різних різальних інструментів. Зміна інструмента у шпинделі у процесі технологічного процесу відбуваються автоматично протягом 4–6 сек. Використання одного такого верстату дозволяє замінити декілька фрезе-

рних, свердлильних та розточувальних верстатів, при цьому значно підвищується продуктивність за рахунок скорочення допоміжного часу в результаті автоматизації циклу обробки та автоматичної зміни різального інструменту та заготовки.

#### **4.2. Агрегатні верстати**

Агрегатні верстати застосовуються для забезпечення високої продуктивності в умовах масового, багатосерійного та серійного виробництва для обробки складних і трудомістких деталей: блоків циліндрів двигунів, коробок швидкостей, корпусів насосів та ін. Їх компонують із уніфікованих вузлів відповідно до маршруту обробки. Строк окупності агрегатних верстатів складає 1–3 роки. Агрегатні верстати застосовуються для свердління, зенкерування, розточування отворів, нарізання різьби, розкочування, цековки, знімання фасок, фрезерування площин, шпонкових пазів та ін.

Підвищення продуктивності на агрегатних верстатах досягається за рахунок концентрації переходів шляхом застосування багатошпindelної та багатосторонньої обробки. Агрегатні верстати об'єднуються в автоматичні лінії із застосуванням транспортних і завантажувальних пристроїв.

Агрегатні верстати складаються зі станини, силових головок, нерухомого або поворотного стола для установавання обладнань та закріплення на ньому оброблюваної заготовки та засобів управління.

Компоновка верстатів із нормалізованих вузлів дозволяє здійснювати швидко переналаштування при зміні об'єкта обробки.

В останні роки агрегатні верстати стали оснащувати програмованими пристроями.

Послідовність формування технологічних показників деталей при обробці заготовок на агрегатних верстатах визначається наступними принципами побудови технологічних процесів.

1. Принцип найкоротшого маршруту обробки, який полягає у тому, що обробка кожної поверхні повинна відбуватися за мінімальної кількості технологічних переходів та операцій.

2. Принцип сумісності послідовного виконання технологічних переходів при обробці однієї і тієї самої поверхні, який полягає у тому, що значення показників якості на вході кожного наступного переходу (операції) повинні дорівнювати значенням тих самих показників на виході попереднього переходу.

3. Принцип уточнення заготовки в процесі обробки полягає у тому, що кожний наступний перехід (операція) повинен бути точніше попереднього.

4. Економічний принцип побудови технологічного процесу полягає в мінімізації затрат живої та суспільної праці для заданого об'єму випуску виробів та умов виробництва.

Продуктивність обробки агрегатних верстатів порівняно з універсальним обладнанням збільшується у десятки разів. У масовому виробництві скорочення затрат на виконання технологічного процесу механічної обробки та підвищення продуктивності праці досягається об'єднанням агрегатних верстатів і автоматичних ліній в єдину транспортну систему, а також створення автоматизованих ділянок, цехів та заводів.

У серійному виробництві найбільш прогресивним є створення інтегрованих систем, що являють собою сукупність верстатів з ЧПУ (в тому числі оброблюваних центрів), які зв'язані загальною транспортною системою і мають пристрої для автоматичного контролю, міжопераційні склади – накопичувачі, пристрої для орієнтації та закріплення заготовок на верстатах і їх зміни. Весь комплекс обладнання інтегрованої системи управляється від загальної ЕОМ за заданою програмою.

### ***4.3. Верстати з ЧПУ***

Верстати з ЧПУ за своїми технологічними можливостями поділяють на три групи.

1. Верстати фрезерної групи призначені для обробки складних контурів корпусних деталей, шаблонів, штампів та ін. Вони здійснюють комплексну обробку, включаючи операції фрезерування, розточування та свердління.

2. Верстати свердлильно-розточувальної групи виконують свердління, зенкерування, розвертання та розточування.

3. Верстати токарної групи оброблюють деталі тіл обертання з прямолінійними та криволінійними контурами, розточують складні внутрішні об'єми порожнини, нарізають зовнішні та внутрішні різьби.

Згідно з ГОСТ 21609-82Е, ГОСТ 21610-82Е, ГОСТ 21613-82Е верстатобудівною промисловістю випускаються такі типи верстатів з ЧПУ:

1. Токарної групи – токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, лоботокарні, токарно-карусельні, одно - та двостоякові з різним числом супортів.

2. Фрезерної групи – консольно-фрезерні горизонтальні та вертикальні; вертикально-фрезерні, консольні з хрестовим столом; поздовжньо-фрезерні вертикальні двостоякові з вертикальною бабкою, з поворотним пересувним і не пересувним столом.

3. Вертикально-розточувальної групи – вертикально-свердлильні одностаякові з хрестовим столом і револьверною головою, двостаякові з револьверною головою; горизонтально-розточувальні з непересувним переднім стояком і хрестовим столом, з поздовжньо-пересувним стояком і поперечно-пересувним поворотним столом, а також з поздовжньо - та поперечно-пересувним стояком.

З досвіду експлуатації верстатів з ЧПУ відомо, що при обробці одних деталей їхня ефективність є достатньо високою, а при обробці інших – незначною. Таким чином, ефективність використання верстатів з ЧПУ залежить від конструктивних і технологічних особливостей.

Основна особливість фрезерних верстатів з ЧПУ – автоматизація всіх формоутворюючих та допоміжних рухів і зміна інструмента, режимів різання, корекція положення інструменту тощо.

Для високопродуктивного процесу фрезерування площини на фрезерних верстатах з ЧПУ застосовують пальцеві циліндричні, пальцеві сферичні, торцеві та дискові фрези.

При базуванні заготовок на фрезерних верстатах з ЧПУ необхідно у всіх випадках позбавляти їх усіх ступенів вільності відносно нульової точки. Базування повинно забезпечити однозначне положення заготовки на верстаті при обробці всіх її поверхонь. Бажано забезпечити принцип сполучення баз. При обробці площин, розташованих під кутом, застосовують кутові плити з постійним кутом  $90^\circ$  або універсальні, що допускають поворот на будь який кут навколо однієї або двох осей. Для закріплення деталей застосовують лещата різних конструкцій: прості неповоротні, поворотні навколо однієї або двох осей та спеціальні з ручним, пневматичним, гідравлічним або пневмогідравлічним приводом.

Залежно від конфігурації отворів допустимої точності, форми та взаємного розташування осей обробку їх на верстатах з ЧПУ свердлильно-розточувальної групи виконують за визначеним набором технологічних переходів. Кожному технологічному набору переходів відповідає певний набір інструментів. Якщо число позицій на верстаті менше числа потрібної кількості інструментів, то застосовують комбіновані інструменти або обробку розбивають на дві операції. Під час обробки корпусних деталей з великою кількістю отворів можливі два варіанти обробки: паралельна, коли всі отвори спочатку оброблюються одним інструментом, а потім виконується його заміна і цикл повторюється, та послідовна, коли кожний отвір оброблюється потрібним набором інструментів згідно з технологічною схемою, після чого виконується позиціонування для обробки наступного отвору. Технологічні переходи обробки отворів виконуються за типовими схемами.

#### ***4.4. Вимоги до технологічності корпусних деталей та заготовок що обробляються на автоматизованих верстатах***

При розробці технологічного процесу виготовлення корпусної деталі необхідно проаналізувати конструкцію корпусної деталі з точки зору її технологічності та особливостей обробки на автоматизованих системах.

Найбільш технологічною вважають конструкцію корпусної деталі, яка відповідає наступним вимогам:

- наявність зручних технологічних баз, які забезпечують потрібну орієнтацію та надійне кріплення заготовки на верстаті при можливості обробки її з декількох сторін та вільного підводу інструменту до оброблюваних поверхонь;
- простота геометричної форми заготовки, що дозволяє обробляти більшість її поверхонь з однієї установки;
- зовнішні поверхні деталі повинні мати відкриту форму, що забезпечує можливість обробки напрохід у напрямку подачі;
- оброблювані поверхні приливів та платиків на відповідних зовнішніх сторонах бажано розташовувати в одній площині;
- у конструкції деталі необхідно вилучати оброблювані поверхні похилого розташування, ділянки фасонного профілю, складні уступи та пази, які переривають плоскі поверхні та отвори;
- головні отвори, які вимагають високої точності, необхідно робити наскрізними з мінімальною кількістю ступіней, що дозволяє виконувати обробку напрохід меншою кількістю інструментів;
- отвори, які розташовані на одній осі у протилежних стінках, бажано виконувати одного діаметра;
- при наявності на одній осі декількох отворів їх діаметральні розміри повинні зменшуватися від зовнішньої стінки до середини деталі; найбільш точні отвори бажано розташовувати на зовнішніх стінках;
- отвори необхідно розташовувати перпендикулярно до плоских поверхонь; при наявності похилих отворів, вони повинні бути доступні для обробки при повороті обертового стола з закріпленою заготовкою;
- у конструкції деталі необхідно вилучати обробку внутрішніх торцевих поверхонь та бабишек, які потребують переривання циклу та встановлення інструменту всередині при відсутності спеціальних механізмів радіальної подачі;

- оброблювані поверхні заготовки необхідно розташовувати у доступних для обробки площинах, які можуть бути звернені до шпинделя при поступовому повороті стола з заготовкою на певний кут;
- кріпильні отвори бажано мати однакових розмірів з можливістю нарізування у них різьби за допомогою мітчиків, що дозволяє використовувати стандартні цикли обробки;
- заготовка повинна мати достатню жорсткість та міцність, при яких вилучається можливість вібрації у процесі обробки або неприпустимих деформацій від сил різання та закріплення.

При аналізі технологічності необхідно враховувати особливості програмних верстатів та багатоцільових верстатів. Ці особливості визначаються у першу чергу компоновкою верстата, наявністю поворотного або глобусного стола, наявністю підкладних плит та іншої технологічної оснастки, а також прийнятої у верстаті системи відліку координат.

При виготовленні корпусної деталі на верстаті з ЧПУ необхідно здійснити перерахунок розмірів, що визначають точність відстані та відносного повороту, до єдиної системи координат, що відповідає прийнятому комплексу технологічних баз. При обробці на верстатах з ЧПУ траєкторія відносного переміщення заготовки та різального інструмента формується за командами в опорних точках, що задані у прямокутній системі координат. У відповідності з цим розміри на кресленнях необхідно задавати у прямокутній системі координат.

У загальному випадку проставлення розмірів на кресленнях деталей, які обробляють на автоматизованих системах, повинна бути такою, щоб при підготовці управляючої програми необхідність їх перерахунку була найменшою.

Обробка заготовок з великими припусками на точних та дорогих верстатах, якими є багатоцільові верстати, не вигідна. Це пояснюється необхідністю збереження високої точності багатоцільових верстатів, вимогою найбільш ефективного використання дорогого обладнання та специфікою технологічного процесу на автоматизованих дільницях.



В умовах автоматизованого виробництва поділ операцій, що виконуються на одних і тих же верстатах, на чорнові та чистові, а також переривання автоматичного циклу з метою здійснення штучного старіння заготовки, є вкрай небажаним. Операцію штучного старіння необхідно виконувати на перших етапах технологічного процесу до поступлення корпусу на автоматизовану дільницю.

Заготовки корпусних деталей, що обробляють на автоматизованих дільницях, повинні бути достатньо точними та мати порівняно невеликі припуски, які відповідають умовам напівчистої та чистої обробки. Цім вимогам відповідають відливки першого та частково другого класів точності.

Використовування координатно-вимірювальних машин при виготовленні корпусних деталей в гнучкому автоматизованому виробництві дозволяє вилучити операцію розмітки, виконуючи необхідну орієнтацію заготовки при закріпленні її на супутнику для виконання першої операції. Бази розмітки у даному випадку виконують роль технологічних баз, які використовують для встановлення заготовки на супутнику.

#### ***4.5. Особливості технологічного процесу обробки заготовок корпусних деталей на автоматизованих верстатах***

Побудова технологічного процесу виготовлення заготовок корпусних деталей на багатоцільових верстатах та автоматизованих дільницях має свої особливості. Виявлення та урахування цих особливостей має принципове значення для досягнення потрібної точності деталі та ефективного використання коштовного верстатного обладнання.

Однією з головних особливостей побудови технологічних процесів на багатоцільових верстатах та автоматизованих дільницях є максимальна концентрація технологічних переходів, що послідовно виконуються за програмою з використанням різного різального інструменту при найбільш повному використуванні принципу єдності баз. Головною технологічною перевагою цього є дося-

гнення високої точності відносного положення поверхонь деталі, які обробляються з однієї установки при використуванні різних різальних інструментів.

Використовування багатоцільових верстатів та автоматизованих дільниць значно поширює можливості виконання повної обробки заготовки з однієї установки при базуванні її по необроблюваних поверхнях. Структура побудови технологічного процесу при цьому значно спрощується. Повна обробка заготовки може бути виконана на одному або на декількох (двох, трьох) багатоцільових верстатах. Заготовка обробляється без перезакріплення її на одному супутнику, який послідовно переміщається з одного верстата на інший.

Якщо обробка заготовки з однієї установки не можлива, то структура виконання технологічного процесу складається з наступних етапів:

1. обробка на першій операції комплексу поверхонь, що використовуються у подальшому у якості технологічних баз, для отримання більшості поверхонь деталей.

2. обробка практично усіх поверхонь заготовки з загальних технологічних баз, отриманих на першій операції.

У багатьох корпусних деталях на одному боці може бути розташовано декілька однакових поверхонь, наприклад, поверхні отворів однакового діаметру, пазів однакової ширини або однакових за розмірами площин. У цьому випадку доцільно одним інструментом послідовно обробити усі однакові поверхні, а потім змінити різальний інструмент.

При наявності на плоских поверхнях заготовки нерівномірного або завищеного припуску фрезерування рекомендується виконувати послідовними робочими ходами з використанням фрез меншого діаметру.

Для зменшення впливу уводу свердел, з метою досягнення точності міжцентрових відстаней та положення отворів рекомендується виконувати центрування. Для обробки групи кріпильних отворів доцільно застосовувати прості багатошпindelні свердлильні головки. В свою чергу, ступінчасті отвори для підвищення продуктивно-

сті необхідності обробляти налаштованими різцевими блоками або комбінованими зенкерами.

При обробці отворів у литих заготовках спочатку рекомендується розточування різцем замість зенкерування. Це дозволяє зменшити відхилення осі отвору внаслідок нерівномірного припуску.

Для зменшення уводу осі у отворів великого діаметру (більш 100 мм) в якості першого переходу рекомендується фрезерування по контуру кінцевою фрезою, а потім розточування.

Для гарантованого досягнення необхідної точності положення ряду отворів та площин відносно однієї бази всі ці поверхні необхідно обробляти на одному верстаті за одну установку.

Для зменшення номенклатури інструменту необхідно підвищити вимоги до уніфікації при назначені діаметральних розмірів отворів та кріпильних різьб у корпусних деталях.

Маршрутний технологічний процес обробки корпусних деталей на багатоінструментальних верстатах розробляють з урахуванням особливостей обробки на верстатах з ЧПУ, технологічних можливостей цих верстатів (у тому числі точності та продуктивності обробки) та їх собівартості.

Концентрація переходів обробки в операції, що виконується на багатоінструментальному верстаті з ЧПУ, дозволяє скоротити число операцій, трудомісткість обробки, підвищити точність відносного положення поверхонь деталей.

У маршрутному технологічному процесі обробки корпусної деталі, що підлягає штучному старінню або що має точні отвори та площини, потрібно диференціювати операції на чорнові та чистові. У таких випадках корпусні деталі виготовляють за одну-дві чорнові та дві чистові установи. Дві чорнові (чистові) установи можуть бути об'єднані в одну чорнову (чистову) операцію з використанням багатомісних пристосувань.

У маршрутному технологічному процесі обробки корпусної деталі, що не підлягають старінню і (або) ті, що не мають точних отворів та площин як правило передбачають дві або одну операцію обробки на багато інструментальному верстаті в залежності від чис-

ла оброблюваних сторін та їх точності. Для складних деталей повинна бути передбачена операція розмітки та нанесення розмічувальних ліній, визначаючих положення деталі. Більшість слюсарних операцій, у тому числі нарізування різьби вручну, вилучають.

Якщо корпусна деталь підлягає проміжній термообробці або має точні отвори та площини, тоді маршрутний технологічний процес рекомендовано складати наступним чином.

Перша чорнова операція – обробка деталі з двох сторін (площини та отвори великого діаметру); в якості технологічної бази використовують поверхні, що забезпечують надійне закріплення, можливість продуктивного зняття припуску.

Друга чорнова операція – обробка інших сторін деталі з установкою по обробленим у попередній операції поверхням, утворення технологічних баз для наступної обробки. У кожній із чорнових операцій необхідно обробляти взаємопов'язані площини та отвори для забезпечення мінімального припуску на наступну обробку, вилучати максимальну кількість матеріалу для стабілізації внутрішніх напруг.

Перша чистова операція – обробка базової та протилежних їй площин заготовки та всіх елементів (пазів, уступів, отворів), розташованих на цих площинах, у тому числі основних отворів.

Друга чистова операція – обробка інших чотирьох сторін з установкою по обробленим на попередній операції базам, у тому числі обробка основних отворів, пазів, уступів, допоміжних та кріпильних отворів.

Операційна технологія обробки корпусних деталей на багатоінструментальних свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПУ розробляється з урахуванням наступного.

1. Операція обробки – сукупність переходів обробки окремих, елементарних поверхонь деталі.

2. Технологічні переходи обробки елементарної поверхні (отвір, площина, паз і тому подібні) вибирають за відпрацьованими технологічними схемами. Технологічна схема являє собою комплекс

переходів, що виконуються послідовно та необхідних для забезпечення необхідної якості поверхні.

3. На початку операції, як правило, фрезерують зовнішні та внутрішні контури торцевими, кінцевими та іншими фрезами, потім обробляють основні та допоміжні отвори великого діаметру, і наприкінці, допоміжні отвори малого діаметру.

4. Виходячи з експлуатаційних умов роботи верстату та забезпечення точності обробки операцію проектують з мінімально необхідною кількістю змін інструменту та поворотів стола з заготовкою.

5. В якості першого переходу відлитих отворів на верстатах з позиційною системою управління необхідно використовувати розточування, а не зенкерування, оскільки при розточуванні увід свердла та зміщення осі оброблюємого отвору значно менше. На верстатах з контурною системою управління у цьому випадку для отворів великих діаметрів доцільно використовувати фрезерування замість розточування, так як кінцева фреза значно менш чутлива до нерівномірності припуску на обробку.

6. Основні отвори та інші поверхні деталі, точність розміру та відносного положення яких обумовлена жорсткими допусками, обробляють з послідовною заміною інструментів при мінімальних змінах відносного положення деталі інструменту.

7. Базові поверхні (три площини або площина і два отвори) необхідно обробляти за одну установку. Якщо на цій же операції виконують і інші переходи, то для виключення впливу деформування деталі при обробці на точність її базових поверхонь ці поверхні обробляють наприкінці операції після технологічного встановлення програми і перезатискання деталі.

Загальна схема виконання переходів обробки на багатоінструментальному свердлильному-фрезерно-розточувальному верстаті з ЧПУ подана у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Загальна схема послідовності виконання переходів обробки

Зміст переходу	Інструмент	Вказівки до виконання переходу
1	2	3
1. Фрезерування зовнішніх поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове)	Фрези торцеві	Чистове фрезерування нежорстких та деформуючих при закріпленні деталей необхідно виконувати після перезакріплення (див. п. 10)
2. Свердління (розсвердлювання) у суцільних стінках (наскрізне – основних отворів під обробку; глухе – для вводу фрез кінцевих). Діаметр отворів більш 30 мм.	Свердла	Якщо у переходах, вказаних у п. 2 і 8, використовується один і той же інструмент, то переходи можна сумістити
3. Фрезерування пазів, отворів, вікон, карманів, вибірок	Фрези кінцеві	Переходи необхідно виконувати у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ.
4. Фрезерування внутрішніх поверхонь, перпендикулярних до осі шпінделя.	Фрези торцеві, кінцеві	Також
5. Чорнове розточування, зенкерування основних отворів у суцільних стінках після переходів, вказаних у п. 2	Різці розточувальні, зенкери	Також

Продовження таблиці 4.1

Зміст переходу	Інструмент	Вказівки до виконання переходу
1	2	3
6. Обробка неточних допоміжних поверхонь, розташованих в основних отворах та концентричних осі (канавок, виїмок, уступів, фасок)	Фрези кінцеві, кутові, дискові і т.п.	Перехід фрезерування виконується у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ
7. Обробка додаткових поверхонь на зовнішніх та внутрішніх площинах, на необроблених поверхнях	Фрези кінцеві, шпонкові	Переходи фрезерування виконувати у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ
8. Обробка кріпильних та інших допоміжних отворів діаметром більше 15 мм (свердління, розсвердлювання, зенкерування, нарізування різьби)	Свердла, зенкери, зенківки, мітчики	—
9. Зняття фасок	Фрези кутові	—
10. Перезакріплення деталі, перевірка положення пересувних органів верстата, очистка посадкових гнізд у шпинделі верстата для забезпечення точності обробки	—	Переходи можна не виконувати, якщо деталь не деформується при закріпленні та верстат забезпечує точність
11. Остаточне фрезерування площин	Фреза торцева	Переходи виконуються при обробці деталей нежорстких або таких, що сильно деформуються

Закінчення таблиці 4.1

Зміст переходу	Інструмент	Вказівки до виконання переходу
1	2	3
12. Обробка точних поверхонь основних отворів (розточування, розверстування)	Різці розточувальні, розвертки	Також
13. Обробка точних та точно розташованих отворів малого діаметру (під базові штифти, втулки і т.п.)	Свердла, різці розточувальні, розвертки	—
14. Обробка точних і точно розташованих в отворах додаткових поверхонь (канавок, виїмок, уступів, зенківок)	Різці розточувальні, фрези дискові тристоронні	—
15. Обробка несиметричних відносно отвору виїмок, пазів карманів, прорізів та інших подібних поверхонь	Фрези дискові, кінцеві та ін. Різці фасонні, канавкові, фаскові, кутові	—
16. Обробка зворотних виїмок, фасок та інших поверхонь, зв'язаних з основними отворами	Фрези дискові, кутові. Різці канавкові, фаскові	—
17. Обробка кріпильних та інших невідповідальних отворів малого діаметру (центрування, свердління, зенкування, зенкерування, нарізування різьби)	Свердла, зенківки, зенкери, мітчики	Можуть виконуватися починаючи з переходів, вказаних у п.8.



#### **4.6. Методи проектування технологічних процесів**

Форми і принципи організації технологічних процесів механічної обробки і складання в значній мірі залежать від типу виробництва. Наприклад, в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва в механічних цехах устаткування розміщують за видами робіт – дільниця токарних, фрезерних верстатів, слюсарна дільниця і так далі.

В умовах середньосерійного виробництва застосовують групову форму організації. Її сутність полягає в організації предметно-замкнених дільниць для виготовлення групи конструктивно і технологічно подібних деталей. Обладнання на таких дільницях встановлено в порядку виконання технологічних операцій відповідно до групового технологічного процесу. Така дільниця постійно налагоджена на виготовлення будь-якої деталі групи. Число деталей у групі може досягати десятків і навіть сотень найменувань, що дозволяє різко скоротити час переналагодження обладнання і застосувати в умовах середньосерійного виробництва більш продуктивне обладнання.

Як правило, у великосерійному і масовому виробництвах організовуються поточкові лінії, на яких устаткування встановлене в послідовності виконання технологічних операцій. Такі лінії можуть бути:

- безперервно-поточкові (заготовка переміщується від одного верстата до іншого без межопераційного пролежування. Операції за часом синхронізовані – однакові за тривалістю або кратні такту). У випадку, коли тривалість операції кратна такту, але перевищує його, для її виконання передбачають не одне, а декілька робочих місць.
- прямоточні (операції виконуються в порядку технологічного процесу, але їх тривалість несинхронізована. Тому на окремих робочих місцях утворюють міжопераційні заділи).

Як перші, так і другі поточкові лінії можуть бути однономенклатурними і багатноменклатурними (із послідовним виготовленням декількох виробів).

При проектуванні усіх видів технологічних процесів необхідно дотримуватись таких основних принципів:

- технічний, сутність якого полягає в розробці технологічного процесу виготовлення виробів відповідної якості;
- економічний, що складається в розробці технологічного процесу виготовлення виробів з мінімальними витратами;
- екологічний, що передбачає при реалізації розробленого технологічного процесу мінімальний збиток працівникам, які його реалізують, а також навколишньому середовищу.

Усю вихідну інформацію для проектування технологічних процесів можна поділити на три типи:

- базова – креслення машини, складальної одиниці, деталі, обсяг випуску з урахуванням відсотка запасних частин, терміни випуску виробів, дані про виробничу систему (застосовувані способи одержання заготовок та ін.);
- керівна – інструкції з охорони праці, типові технологічні процеси, стандарти з проектування й оформлення технологічних процесів та ін.;
- довідкова – каталоги устаткування, оснащення, режимів обробки, норм часу та ін.

При цьому слід пам'ятати, що при проектуванні робочих технологічних процесів базові і довідкові дані повинні відбивати дійсний стан виробничої системи, а для перспективних технологічних процесів можна використовувати каталоги нового перспективного обладнання й оснащення.

Проектування технологічних процесів механічної обробки і складання є багатоваріантним завданням. За своєю суттю це є процес переробки вихідної інформації, що є недостатньою і неточною в кінцеві технологічні рішення. Процес проектування багатоетапний, пов'язаний із синтезом нових даних на кожному етапі, що поповнюють вихідні дані. У результаті багатоваріантності рішень, наприклад, при призначенні способів обробки окремих поверхонь або виборі верстата необхідне виконання оптимізаційних розрахунків. Процес проектування технологічних процесів є ітераційним, тобто з

можливим поверненнями до раніше прийнятих рішень і їх корекцією.

У цілому в процесі проектування можна виділити три великих етапи: збір і аналіз вихідної інформації; вироблення технологічних рішень; техніко-економічне обґрунтування й оформлення технологічного процесу.

Послідовність проектування в межах цих етапів може бути надана у вигляді укрупненого алгоритму (рисунок 4.1).

Розрізняють такі методи проектування технологічних процесів: неавтоматизоване, автоматизоване, автоматичне.

Неавтоматизоване проектування – проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними мовами (креслення, технологічна документація тощо), здійснює людина. При неавтоматизованому проектуванні більшість його етапів, пов'язаних з аналізом технічних умов, виробом заготовки, визначенням способу базування, формуванням структур операцій та встановленням їх послідовності, вирішуються на основі інтуїції та досвіду технолога. При їх вирішенні технолог використовує нормативні та довідкові рекомендації, типові рішення, а також виконує деякі розрахунки.

Автоматичне проектування – проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними мовами здійснюються без участі людини.

Автоматизоване проектування – проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними мовами, здійснюють взаємодією людини і ЕОМ. В умовах автоматизованого проектування на ЕОМ покладається розв'язання в першу чергу задач, сутність яких можна формалізувати і подати у вигляді функціональних або структурно-схемних зв'язків, наприклад, різноманітні розрахунки, визначення кількості ступенів обробки окремих поверхонь деталі, вибір оптимальних умов зняття напуску та ін.

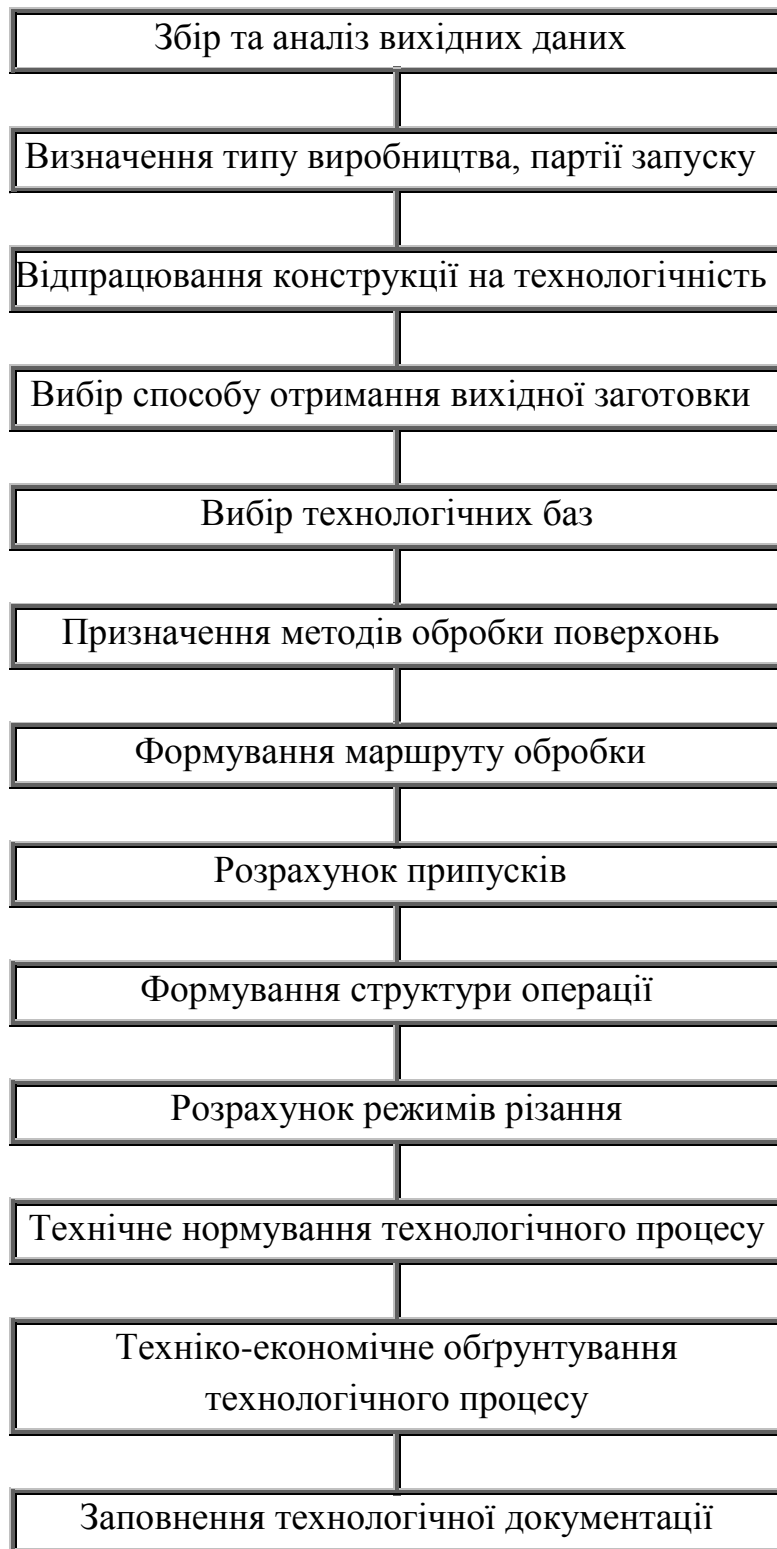


Рисунок 4.1 – Укрупнений алгоритм проектування технологічного процесу

У сучасних системах автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП), наприклад, КОМПАС ТМ, АВТОПРОЕКТ та ін., розв'язання технологічних завдань виконується в діалоговому режимі взаємодії технолога-проектувальника з ЕОМ через індивідуальний термінал – дисплей. За його допомогою він отримує повідомлення від ЕОМ через такий проміжок часу, який не порушує швидкості природного ходу його думки. Діалоговий режим ефективний при вирішенні творчих завдань, коли потрібен евристичний підхід (розпізнавання геометричних образів деталей, розмірних і топологічних зв'язків між елементарними геометричними образами, проектування маршруту обробки, складання тощо).

Так, наприклад, САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ дозволяє: проектувати технологічні процеси в декількох автоматизованих режимах; розраховувати матеріальні та трудові витрати на виробництво; розраховувати режими різання, зварювання та інші технологічні параметри; автоматично формувати всі необхідні комплекти технологічної документації відповідно до стандартів, використовуваними на підприємстві; вести паралельне проектування складних і наскрізних технологічних процесів групою технологів, в реальному режимі часу; здійснювати перевірку даних у технологічному процесі (на актуальність довідкових даних, а також нормоконтроль); формувати замовлення на проектування спеціальних засобів технологічного оснащення та створення управляючих програм; підтримувати актуальність технологічної інформації за допомогою процесів управління змінами; підтримувати процес побудови на підприємстві єдиного інформаційного простору для управління життєвим циклом виробу від розробки до утилізації.

Довідник технолога, що входить в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, надає користувачам всю необхідну довідкову інформацію, а також дозволяє організувати і розвивати бази даних підприємства.

Інтеграція ВЕРТИКАЛЬ з ЛОЦМАН: PLM, КОМПАС-3D та іншими автоматизованими системами АСКОН вирішує завдання створення єдиного електронного середовища для сумісної розробки

виробу, підготовки виробництва. В результаті електронний опис виробу містить повну інформацію, необхідну для підтримки всіх етапів життєвого циклу виробу. На етапі підготовки виробництва забезпечується накопичення даних про результати конструкторсько-технологічного проектування та обмін інформацією між інженерними службами.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ підтримує всі бізнес-процеси електронного інженерного документообігу, в тому числі управління технологічними змінами та замовлення на розробку спеціальних засобів технологічного оснащення і управляючих програм для верстатів з ЧПУ. У системі застосований якісно новий інтелектуальний підхід до організації даних про технологічні процеси, заснований на об'єктній моделі представлення та обробки інформації.

З точки зору принципів проектування розрізняють два методичних підходи. Перший базується на синтезуванні технологічного процесу на основі бази знань та прийняття рішень на рівні первинних визначень (перехід, установ, сумісність засобів обробки та інструментів тощо), другий – на основі використання типових або групових технологічних процесів та комплексних рішень, що накопичені багаторічним досвідом машинобудівного виробництва.

Синтезування технологічних процесів – досить складний, трудомісткий та важко формалізований процес, що вимагає глибоких знань, інтуїції, досвіду технолога.

Проектування технологічних процесів на основі типових або групових технологічних процесів не вимагає таких глибоких знань, легко формалізується та піддається автоматизації. Сьогодні практично всі діючі системи автоматизованого та автоматичного проектування технологічних процесів основані на використанні типових технологічних рішень.

## Список літератури

1. Технологія автоматизованого машинобудування : підручник. / О.В. Якимов, В.С. Гусарев, О.О. Якимов, П.А. Линчевський – К. : ІСДО, 1994.– 400 с.
2. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М. : Машиностроение, 1986.– 480 с.
3. Дерябин А.Л., Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и ГПС : учеб. Пособие для машиностроит. техникумов. / А.Л. Дерябин , М.А. Эстерзон – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.
4. Технология машиностроения / М.Е. Егоров, В.И. Дементьев, С.Д. Тишин, В.Л. Дмитриев : учебник для студентов машиностроительных вузов и факультетов. – М. : высшая школа, 1965. – 590 с.
5. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування : навчально-методичний посіб. / О.У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Конспект лекцій

Укладачі

ДОЛЯ Віктор Миколайович

ДОЛЯ Оксана Вікторівна

Відповідальний за випуск *А. І. Грабченко*  
Роботу до видання рекомендував *О.М. Шелковой*  
В авторській редакції

Комп'ютерна верстка та макетування О.В. Доля

План 2015, поз. 15

Підписано до друку . . . Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.  
Друк – ризографія. Гарнитура Times New Roman Ум. друк. арк. \_\_.  
Наклад 50 прим. Зам. №\_\_\_\_\_. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12 2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня НТУ «ХП»  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21