

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Підручник

Харків «ХАІ» 2024

УДК 621.002 (075.8)
Т38

Колектив авторів:

Л. В. Федіна, О. М. Гнисько, А. В. Кузнецова, А. О. Бреус, О. В. Косенко

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. О. О. Клочко,
д-р техн. наук, доц. О. А. Охріменко

Технологія машинобудування [Текст] : підручник / Л. В. Федіна,
Т38 О. М. Гнисько, А. В. Кузнецова, А. О. Бреус, О. В. Косенко. –
Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац.
ін-т», 2024. – 324 с.

ISBN 978-966-662-945-9

Подано теоретичні основи технології машинобудування. Висвітлено питання точності оброблення та складання, забезпечення якості поверхонь деталей, технологічні основи підвищення продуктивності механічного оброблення. Викладено методику побудови високопродуктивних і економічних технологічних процесів механічного оброблення та складання машин. Розглянуто типові технологічні процеси машинобудування.

Для студентів вищих навчальних закладів, що вивчають курси «Технологія машинобудування», «Технологічні основи виробництва», «Різання металів» та ін. Може бути корисним при виконанні курсового та дипломного проектування.

Іл. 147. Табл. 8. Бібліогр.: 25 назв

УДК 621.002 (075.8)

ISBN 978-966-662-945-9

© Колектив авторів, 2024
© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2024

ПЕРЕДМОВА

Мета підручника – підготовка студента до самостійної творчої роботи і виконання технологічних процесів виготовлення машин, які повною мірою відповідають своєму службовому призначенню при найменшій собівартості.

Цей підручник охоплює повний курс і побудований за принципом системного підходу – від загального до окремого, спочатку дається систематизоване викладення теоретичних основ, потім – методики побудови технологічних процесів і на основі цього – технологія виготовлення конкретних виробів. Системний підхід витримано також і при побудові кожної з частин. Так, наприклад, поняття «технологічність виробів», «припуски на оброблення», «якість виробів» спочатку розглядаються як загальні, а потім конкретизуються в контексті розроблення технології.

У підручнику викладено методику побудови процесів оброблення та складання машин. Це досить важливий елемент його структури. Він надає допомогу студентам та викладачам у користуванні книгою, в опрацюванні її матеріалу, сприяє підвищенню продуктивності навчальної праці. Кожна тема підручника містить питання для самоконтролю при засвоєнні знань. Ці питання досить диференційовані і дають змогу студентам через прості поняття дійти до розуміння змісту всієї теми. У підручнику розміщено необхідний інформаційно-нормативний матеріал. Це дає змогу розв'язувати задачі цієї дисципліни, практично не звертаючись до інших джерел, що скорочує час на вирішення практичних питань, підвищує продуктивність навчальної праці. Наявність інформаційно-нормативного матеріалу та прикладів розв'язання практичних задач дає можливість використовувати підручник при курсовому та дипломному проектуванні. В підручнику зосереджено увагу на тому, що теоретичні питання стосовно забезпечення якості поверхонь деталей методами механічного оброблення вирішено тільки для окремих конкретних випадків, загальна ж теорія потребує свого подальшого наукового розроблення. Це мобілізує фахівців до творчих пошуків. У підручнику приділяється значна увага економічному обґрунтуванню прийнятих технологічних рішень. Це відповідає змісту дисципліни «Технологія машинобудування». Підручник має ілюстрації, що сприяє кращому розумінню та засвоєнню його матеріалу.

Підручник складається з трьох розділів.

У **першому розділі** подано загальні теоретичні питання дисципліни, а саме теорії базування заготовок та деталей, теорії точності,

технологічності конструкції деталей, розмірних зв'язків і методів їх розрахунку та ін.

У **другому розділі** розглянуто методики та етапи проектування технологічних процесів складання машин та одиничних і уніфікованих процесів механічного оброблення деталей. Тут особливу увагу приділено розмірному аналізу конструкції машини та розмірному аналізу технологічних процесів, розглянуто технологічні процеси складання типових вузлів машин та оброблення типових деталей.

У **третьому розділі** детально розкрито «Правила і послідовність оформлення бланків технологічної документації», що дає можливість студентам ознайомитися з вимогами «Єдиної системи технологічної документації» (ЄСТД) і набути навичок оформлення технологічної документації відповідно до вимог ЄСТД.

Підручник «Технологія машинобудування» призначено для студентів галузі знань «Механічна інженерія», які навчаються за спеціальностями «Галузеве машинобудування» та «Прикладна механіка». Він може бути також корисним студентам інших технічних спеціальностей вищих навчальних закладів II – IV рівнів акредитації, а також фахівцям машинобудівної промисловості.

1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1. Історія розвитку. Роль і місце машинобудування в житті країни

Машинобудування – це комплекс галузей промисловості, які виготовляють знаряддя виробництва, транспортні засоби, а також предмети споживання та іншу промислову продукцію. Машинобудування відображає технічний прогрес країни і має велике значення для розвитку її продуктивних сил, підвищення економічної могутності держави та добробуту народу.

Вирішальну роль у створенні машин відіграє технологія машинобудування. Термін «технологія» грецького походження, який означає майстерність, уміння, – це сукупність способів перероблення матеріалів, виготовлення виробів і процеси, що супроводжують ці види робіт.

Кожна машина – продукт праці великого колективу людей. Все починається з розроблення так званого проєктного завдання, де визначаються її призначення, галузь використання і технічні характеристики. Проєктне завдання надходить до конструкторського відділу, де спочатку розробляють загальну схему машини (проєктні креслення), а потім докладно всі її частини (робочі креслення). Конструктивні форми машини та її деталей створюють інженери-конструктори, їм допомагають техніки та креслярі.

Поряд з конструкторами над створенням машин працюють технологи, які розробляють способи та раціональну послідовність виготовлення окремих частин деталей машин і складання з них різних вузлів і всієї машини. Крім того, технологи добирають такі інструменти, пристрої й обладнання, які забезпечують високу продуктивність праці.

Технологічна підготовка виробництва, що здійснюється за принципами, встановленими стандартами ЄСТПВ, створює умови для максимального скорочення строків цієї підготовки, швидкого освоєння нової техніки, всебічного удосконалення технології та організації виробництва. Основними принципами ЄСТПВ є: запуск у виробництво виробів, відпрацьованих на технологічність, широке застосування типових технологічних процесів, стандартизація та уніфікація обладнання, технологічного оснащення та інструменту, автоматизація та механізація інженерно-технічних та управлінських робіт. Важливе місце у вирішенні цих завдань займає технологія машинобудування.

Машинобудування, що поставляє нову техніку всім галузям народного господарства, визначає технічний прогрес країни і впливає на створення матеріальної бази нового суспільства. У зв'язку з цим його розвитку завжди приділялось і приділяється першорядне значення.

Потреби машинобудівного виробництва привели до появи нової технічної науки, що одержала надалі назву «Технологія машинобудування».

Технологія машинобудування — це наука про виготовлення машин необхідної якості в установленій виробничою програмою кількості й у заданий термін при найменших витратах живої й упередженої праці, тобто при найменшій собівартості.

Технологія машинобудування як прикладна наука, взявши початок у глибині тисячоліть, зазнала найбільш швидких темпів розвитку у XVIII сторіччі і нині використовує сучасніші досягнення фундаментальних наук.

Технологія машинобудування як наука пройшла у своєму розвитку через декілька етапів.

Перший етап — накопичення інформації, виробничого досвіду до XVIII сторіччя. Накопичення навичок оброблення різних матеріалів. Створення найпростіших верстатів. Створення устаткування та верстатів для різних галузей у XVIII – XIX сторіччях. Поява перших наукових праць з *Технології машинобудування* до 1930 р. Публікації вітчизняного і зарубіжного досвіду стосовно виготовлення різних деталей. Поява перших технологічних нормативів.

Перший етап, що збігається з завершенням періоду відновлення і початком реконструкції промисловості країни (1929 – 1930 років), характеризується накопиченням вітчизняного і зарубіжного виробничого досвіду виготовлення машин.

Другий етап належить до періоду 1930 – 1939 років і визначається продовженням накопичення виробничого досвіду з проведенням його узагальнення і систематизації і початком розроблення загальних наукових принципів побудови технологічних процесів.

До цього часу варто віднести початок формування технології машинобудування як науки у зв'язку з опублікуванням у 1933 – 1935 рр. перших систематизованих наукових праць професорів: А. П. Соколовського, А. І. Каширина, В. М. Кована і А. Б. Яхіна.

Дуже велике значення для підвищення загального технічного рівня промислових підприємств мають створення систематизованої й упорядкованої технологічної документації, підвищення якості продукції, що випускається, і розвиток технології машинобудування.

Третій етап, що охоплює роки війни і післявоєнного розвитку (1939 – 1970 рр.), відрізняється винятково інтенсивним розвитком технології машинобудування, розробленням нових технологічних ідей і формуванням наукових основ технологічної науки.

Систематизуються й узагальнюються матеріали за технологією збирання і розробляються її наукові основи (професорів С. Корсакова, М. П. Новікова). Продовжується накопичення виробничого досвіду виробництва машин і удосконалюються різні методи оброблення заготовок.

Четвертий етап — з 1970 р. і до цього часу. Відмінною рисою сучасного етапу розвитку технології машинобудування є широке використання досягнень фундаментальних і загально інженерних наук для

вирішення теоретичних проблем і практичних завдань технології машинобудування.

Різні розділи математичних наук, теоретичної механіки, фізики, хімії, теорії пластичності, матеріалознавства, кристалографії і багатьох інших наук вважають теоретичною основою нових напрямків технології машинобудування, використовують як апарат для вирішення практичних технологічних питань, істотно підвищуючи загальний теоретичний рівень технології машинобудування і її практичних можливостей. Поширюються застосування обчислювальної техніки при проектуванні технологічних процесів і математичне моделювання процесів механічного оброблення. Здійснюється автоматизація програмування процесів оброблення на широко поширюваних верстатах із ЧПК. Створюються системи автоматизованого проектування технологічних процесів — САПР ТП.

Технологія машинобудування як навчальна дисципліна має низку особливостей, що істотно відрізняють її від інших спеціальних наук, які досліджуються у вузах.

1. Технологія машинобудування є прикладною наукою, закликаною до життя потребами промисловості, що розвивається. Як писав один з її засновників проф. А. П. Соколовський: вчення технології зародилося в цеху і не повинне поривати з ним зв'язку, інакше робота технолога стане академічною і безплідною.

2. Будучи прикладною наукою, технологія машинобудування разом з тим має значну теоретичну основу, що містить: навчання про типізацію технологічних процесів при груповому обробленні, про твердість технологічної системи, про точність процесів оброблення, похибки технологічного оснащення й устаткування, про вплив механічного оброблення на стан металу поверхневих шарів заготовок і експлуатаційні властивості деталей машин, про припуски на оброблення, про шляхи підвищення продуктивності та економічності технологічних процесів, а також теорію конструкторських і технологічних баз та інші теоретичні розділи.

3. Технологія машинобудування є комплексною інженерною і науковою дисципліною. Технологію машинобудування як науку використовують при виготовленні машин, організації машинобудівного виробництва та економічного обґрунтування його використання.

Деякі важливі розділи цих наук стали органічною частиною технології машинобудування: визначення трудомісткості оброблення і технічне нормування є розділами загального курсу технології машинобудування.

Існує надзвичайно великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як «Нарисна геометрія і інженерна графіка», «Взаємозамінність та технічні вимірювання», «Теоретична механіка», «Опір матеріалів», «Деталі машин і основи конструювання», «Основи оброблення матеріалів і технологічне обладнання», «Спеціальне технологічне обладнання», «Технологія конструкційних матеріалів»,

«Економіка і організація виробництва» тощо. Розгляд технологічних питань без використання цих наук узагалі є неможливим.

Найважливіші сучасні напрямки розвитку технології машинобудування з оптимізації режимів і процесів оброблення, автоматизації серійного виробництва і керування технологічними процесами, застосування технологічних методів підвищення експлуатаційних якостей виготовлених виробів та інших значною мірою ґрунтуються на досягненнях математичних наук.

Технологія машинобудування є основною профільною дисципліною, яка значною мірою визначає рівень професійної підготовки інженера за цією спеціальністю та ступінь його здатності до практичного використання досягнень загальнотеоретичних і загальноінженерних наук.

Запитання для самоконтролю

1. Яку роль і місце машинобудування займає в розвитку країни?
2. Що вивчає дисципліна «Технологія машинобудування»?
3. Яку теоретичну основу має технологія машинобудування?
4. Скільки етапів розвитку має технологія машинобудування?
5. Чим характеризується I етап розвитку технології машинобудування?
6. Чим характеризується II етап розвитку технології машинобудування?
7. Чим характеризується III етап розвитку технології машинобудування?
8. Чим характеризується IV етап розвитку технології машинобудування?
9. Які дисципліни має знати інженер, щоб володіти спеціальністю технік-технолог?

1.2. Службове призначення деталі

Продукцією машинобудівного виробництва зазвичай є машини.

Машина – це механізм або сполучення механізмів, які виконують доцільні дії для виконання роботи або перетворення енергії. У той же час існують підприємства, які виготовляють у великих обсягах продукцію, що використовується при виготовленні машин, наприклад завод поршнів, куле- і роликотримачів заводи.

Всі ці види продукції підприємств називають *виробами*.

Залежно від призначення виробу поділяють на вироби основного і допоміжного виробництва. Вироби основного виробництва призначено для реалізації у вигляді товарної продукції. Вироби допоміжного виробництва призначено для споживання усередині підприємства, наприклад продукція інструментального цеху, нестандартне обладнання та засоби механізації.

Деталь – виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій. Деталі можуть бути піддані гальванічному або лакофарбовому покриттю.

Напівфабрикат – це предмет праці, що підлягає подальшому обробленню на підприємстві-споживачеві.

Складальна одиниця (СО) – частина виробу, що збирається окремо і надалі бере участь у складанні як єдине ціле.

Комплекс – два або більше специфікованих виробів, не з'єднаних на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями, але призначених для виконання взаємозалежних експлуатаційних функцій, наприклад верстат із системою числового програмного керування (ЧПК), робототехнічний комплекс (РТК) тощо.

Комплект – два або більше виробів, не з'єднаних на підприємстві складальними операціями, але є набором, що має загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (комплект ключів, запасні частини машин і т. п.).

У технології механоскладального виробництва складальні одиниці (СО) часто називають *вузлами* або *підвузлами*.

Залежно від того, що є об'єктом певного підприємства, виробом може бути закінчена *складена машина* або *складальна одиниця* (вузол), або *деталь*.

Службове призначення будь-якої деталі впливає зі службового призначення складальної одиниці, до якої вона входить, і тією роллю, яку вона виконує при функціонуванні вузла (машини). Службове призначення деталі повинно відображати функцію, що на неї покладена, роль поверхонь у виконанні цих функцій, вимоги до параметрів міцності, вібростійкості, жорсткості, параметрів точності тощо. Службове призначення деталі, як і машини в цілому, має складатися з двох частин:

- загальної частини;
- частини точностей.

При складанні технологічного процесу (ТП) механічного оброблення деталі технолог зобов'язаний ретельно вивчити технічні вимоги до деталі, яку належить виготовити. Технічні вимоги конструктор або записує у текстовій формі, або позначає спеціальними позначками безпосередньо на кресленні деталі. Похідними даними для розроблення ТП є креслення деталі. Для цього виконують аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлах. Результати аналізу є підставою для визначення можливого способу отримання заготовки і намітити орієнтовний маршрут виготовлення деталі.

Дуже важливим завданням є визначення методів контролю точності виконання технічних вимог, які б забезпечували достовірність результатів оброблення.

Для правильної побудови маршруту виготовлення деталі необхідно звернути увагу на її конструктивні особливості (наявність точних розмірів

оброблених поверхонь і їх взаємного розміщення, наявність поверхонь з низькою шорсткістю тощо) і службове призначення.

Приклади формулювання загальної частини службового призначення деяких деталей. У процесі докладного вивчення службового призначення деталі необхідно розглядати і аналізувати складальні креслення вузла, до якого входить деталь, та функції вузла при роботі всього виробу. При навчальному проєктуванні не завжди є можливість ознайомитися зі складальними кресленнями виробу, тому студентам дозволяється на свій розсуд описувати службове призначення деталі, керуючись такими загальними правилами.

Необхідно визначити клас, до якого належить деталь (корпусні деталі, вали, втулки, диски), і провести аналіз деталі, що належить до конкретного класу.

Вали є опорами для деталей, за допомогою яких виконується передавання обертального руху і крутних моментів. Уточненням службового призначення вала повинна бути точність базування закріплених на ньому деталей, крутний момент, що передається, і частота обертання.

Корпусні деталі, станини, плити, рами є базуючими елементами в машинах. Тому формулювання службового призначення деталей цього класу в першу чергу повинно відображати, як і з якою точністю деталь може визначати відносне положення інших деталей, які входять до неї або приєднуються до неї. Крім того, корпусні деталі часто використовуються як резервуари, камери згоряння, різні блоки тощо.

Зубчасті колеса призначено для передавання крутного моменту з одного вала на інший, передавання і перетворення частоти обертання. Уточнення службового призначення зубчастих коліс мають містити крутний момент, що передається з вала на вал, частоту обертання зубчастих коліс і передаточне відношення.

Фланці, трубопроводи, посудини, кришки, які працюють під тиском, призначено для зберігання і транспортування рідин і газів. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно указувати робочий тиск, агресивні властивості робочої рідини або газу, характеристику приєднуваних поверхонь, за якими виконується спряження певної деталі з іншими.

Важелі, шатуни, тяги, тощо призначено для передавання і зміни напрямку руху, для перетворення обертального руху на зворотно-поступальний і навпаки. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно указувати сили і крутні моменти, що передаються, частоти зміни навантаження і їх характер.

Специфічність призначення кожної деталі і умови її роботи мають бути, по можливості, докладно відображені при описі службового призначення.

Для цього необхідно проаналізувати форму, точність і якість

виготовлення усіх поверхонь деталі, точність їх розміщення відносно інших поверхонь деталі. При виконанні аналізу необхідно звернути увагу на найменування деталі, технічні умови її виготовлення (термооброблення та ін.) і матеріал, з якого виготовляється деталь.

Необхідно навести коротку характеристику матеріалу, указати його склад, фізико-механічні і технологічні властивості (наприклад, ливарні, оброблюваність тиском, різанням, зварюванням), після чого визначити можливий спосіб отримання заготовки (литво, поковка, штампована заготовка тощо).

Запитання для самоконтролю

1. Що називають виробом?
2. Що називають напівфабрикатом?
3. Що називають машиною?
4. Що називають деталлю?
5. Що називають складальною одиницею?
6. Що називають комплектом?
7. Що називають комплексом?
8. Що називають вузлами або підвузлами?
9. Які об'єкти виробництва можна вважати виробом?
10. Яку характеристику мають деталі по класах?
11. Яку характеристику мають вали?
12. Яку характеристику мають зубчасті колеса?
13. Яку характеристику мають фланці, трубопроводи, посудини, кришки?
14. Яку характеристику мають важелі, шатуни, тяги?
15. Що є підставою для визначення можливого способу отримання заготовки?

1.3. Якість виробу: геометрична точність деталі і якість поверхневого шару деталі

Під точністю оброблення розуміють ступінь відповідності виготовленої деталі заданим розмірам, формі та іншим характеристикам, що впливають зі службового призначення цієї деталі.

Точність – основна характеристика деталей машин або пристроїв. Абсолютно точно виготовити деталь неможливо, оскільки при її обробленні виникають похибки, у результаті чого точність оброблення буває різною.

Точність деталі, фактично отримана в результаті оброблення, залежить від багатьох факторів і визначається:

– відхиленнями від геометричної форми деталі або її окремих елементів;

- відхиленнями дійсних розмірів деталі від номінальних;
- відхиленнями поверхонь і осей деталі від точного взаємного розташування (наприклад, відхиленнями від паралельності, перпендикулярності, концентричності).

Основні ознаки відповідності деталі заданим вимогам:

1. Точність форми, тобто ступінь відповідності деталі або окремих ділянок (поверхонь) деталі тим геометричним тілам, з якими вони ототожнюються.
2. Точність розмірів ділянок (поверхонь) деталі.
3. Точність взаємного розташування поверхонь.
4. Ступінь шорсткості поверхні, тобто ступінь відповідності реальної геометричної поверхні уявній ідеально гладкій.

Точність розмірів деталі характеризується допуском T , що визначається як різниця двох граничних (найбільших і найменшого) допустимих розмірів. Величина допуску T залежить від розміру і якості. Для розмірів від 1 до 1000 мм використовується 19 квалітетів точності. При механічному обробленні точність розмірів змінюється від IT17 до IT5.

При оцінюванні точності розмірів використовують такі поняття:

- *номінальний розмір* – розмір, визначений конструктором при проектуванні виробу й округлений до значення з нормального ряду;
- *дійсний розмір* – розмір, отриманий в результаті оброблення і виміряний з необхідною точністю;
- *квалітет* – сукупність допусків одного рівня точності для заданого діапазону розмірів. Існує 19 квалітетів (01, 00, 1, 2, 3, ..., 17), при цьому точність знижується від квалітету 01 до квалітету 17.

Відхилення форми поверхні від правильної геометричної форми називається *макрогеометрією*.

Відхилення реальної поверхні від форми номінальної (заданої кресленням) поверхні оцінюється найбільшою відстанню від точок реальної поверхні до прилеглої поверхні по нормалі до неї.

Прилеглою поверхнею називається поверхня, яка має форму номінальної поверхні, що стикається з реальною поверхнею й розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від її найбільш вилученої точки реальної поверхні в межах ділянки, що нормується, мало мінімальне значення.

Стандарт установлює такі відхилення форми поверхонь (рис. 1.1).

Відхилення від прямолінійності в площині. Окремими випадками є:

опуклість – відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилеглої прямої зменшується від краю до середини (рис. 1.2, а);

увігнутість – відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилеглої прямої збільшується від краю до середини (рис. 1.2, б).

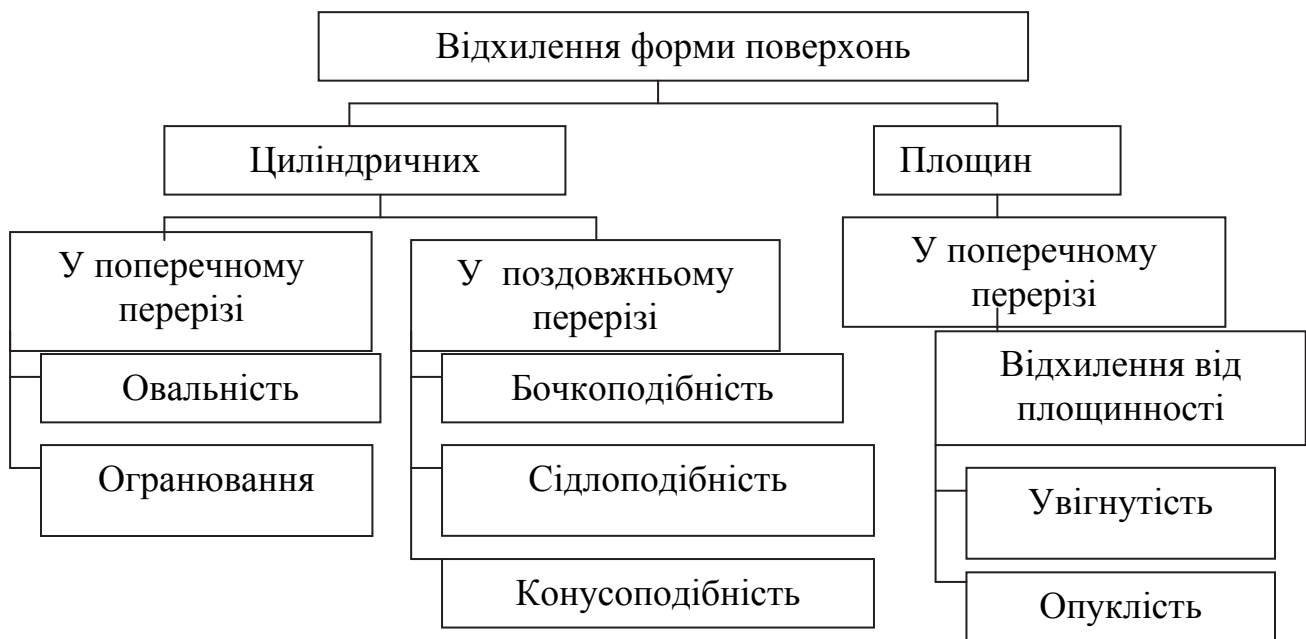


Рис. 1.1. Класифікація деяких відхилень форми поверхонь

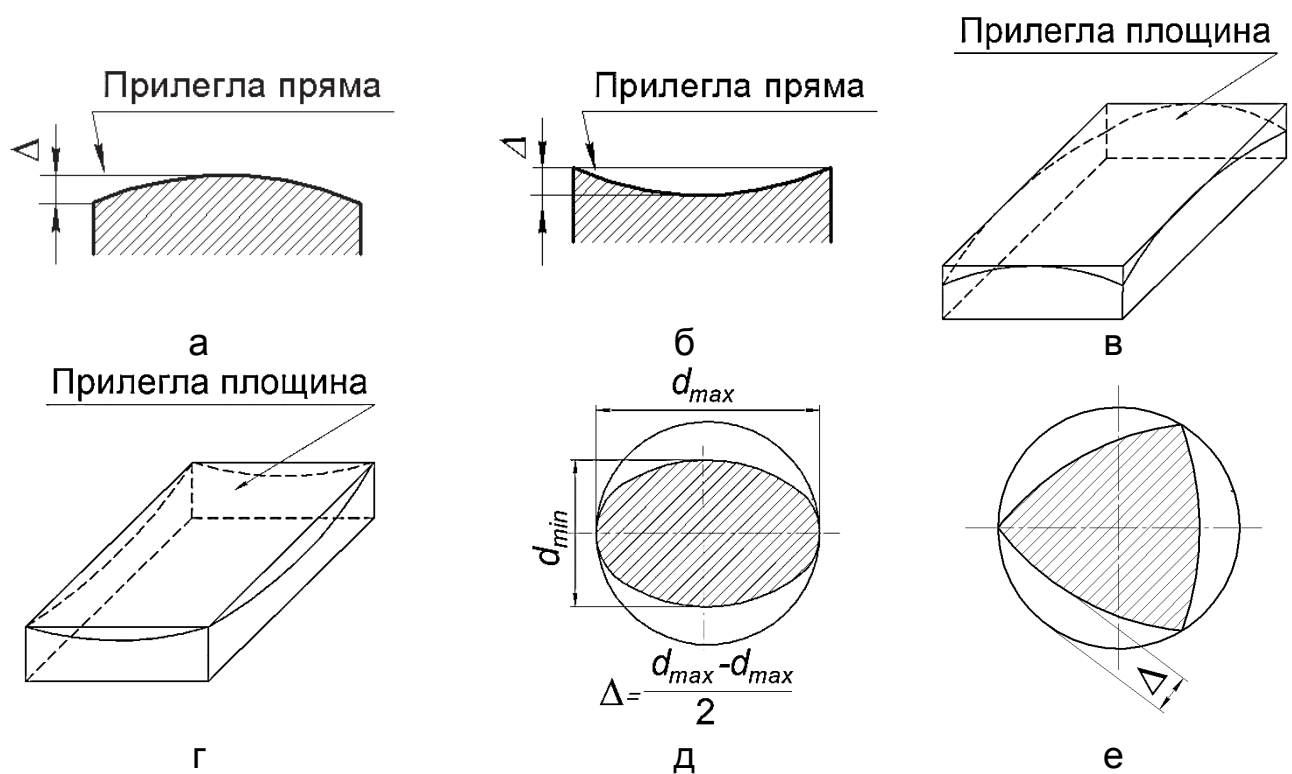


Рис. 1.2. Відхилення від прямолінійності, площинності та круглості

Відхилення від площинності. Окремими випадками є *опуклість* (рис. 1.2, в) і *увігнутість* (рис. 1.2, г).

Відхилення від круглості. Окремими випадками є *овальність* і *огранювання*. *Овальність* – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овальноподібну форму, найбільший d_{max} і

найменший d_{min} діаметри якої перебувають у взаємно перпендикулярних напрямках (рис. 1.2, д). *Огранювання* – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру (рис. 1.2, е).

Основні відхилення форми циліндричних поверхонь і площин поділяють на такі види (див. рис.1.2).

Відхилення профілю поздовжнього перерізу характеризує відхилення від прямолінійності й паралельності твірних. Окремими випадками є: *конусоподібність* – відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому твірні прямолінійні, але не паралельні (рис. 1.3, а); *бочкоподібність* – відхилення від профілю поздовжнього перерізу, при якому твірні непрямолінійні й діаметри збільшуються від країв до середини перерізу (рис. 1.3, б); *сідлоподібність* – відхилення від профілю поздовжнього перерізу, при якому твірні непрямолінійні й діаметри зменшуються від країв до середини перерізу (рис. 1.3, в).

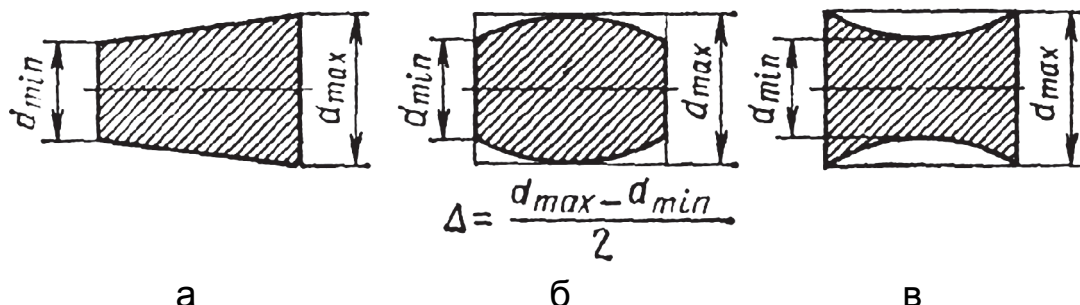


Рис. 1.3. Відхилення від профілю поздовжнього перерізу

Необхідно виконувати умову $T = d_{max} - d_{min}$.

Відхилення розташування характеризується відхиленням реального розташування поверхонь (осей) від їх номінального розташування:

- відхилення від перпендикулярності (рис. 1.4, а),
- відхилення від паралельності (рис. 1.4, б),
- відхилення від співвісності (рис. 1.4, в), торцеве биття, радіальне биття тощо.

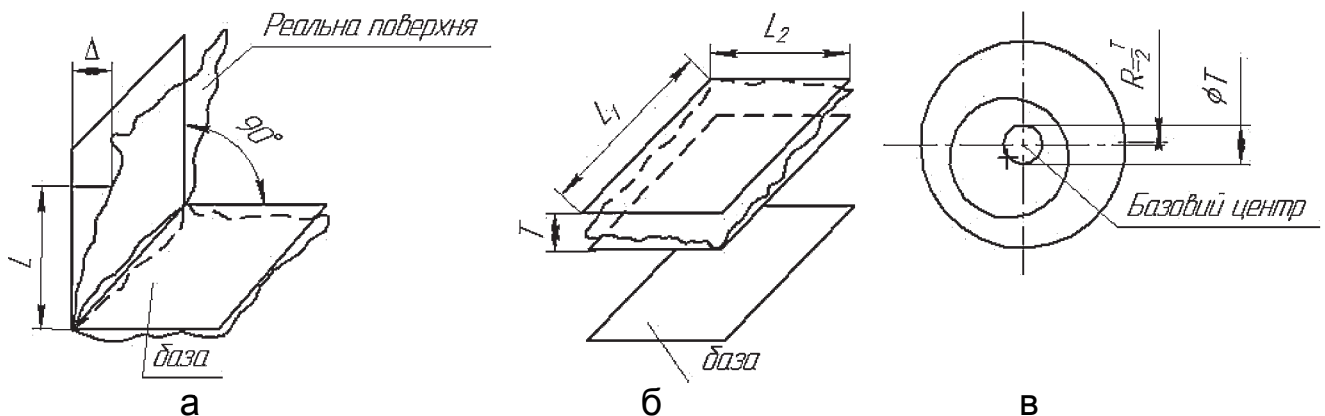


Рис. 1.4. Види відхилень взаємного розміщення поверхонь

Одним із найважливіших завдань технолога є аналіз факторів, що призводять до таких похибок оброблення і розроблення заходів щодо їх усунення.

Економічна точність – точність, яка може бути отримана у нормальних виробничих умовах при мінімальній собівартості.

Поняття економічної точності застосовують при призначенні технологічних допусків, при проєктуванні технології в умовах серійного і масового виробництва.

Кожному методу оброблення відповідає своя економічна точність. Таблиці економічної точності оброблення наводяться практично в усіх довідниках із технології машинобудування, наприклад, чорнове оброблення – 14 – 15-й квалітети, чистове лезове оброблення – 10 – 11-й квалітети.

Досяжна точність – точність, яку можна отримати при обробленні в особливо сприятливих умовах, на спеціально налагодженому чи модернізованому верстаті, висококваліфікованими фахівцями, без обліку витрат часу і незважаючи на собівартість.

Досягнути точність найчастіше використовують в умовах ремонтного або дослідного виробництва, при виконанні унікальних робіт, а також при виробництві спеціального інструменту.

Запитання для самоконтролю

1. Які відхилення профілю характеризують відхилення поздовжнього перерізу?
2. Які відхилення профілю характеризують відхилення від круглості?
3. Які відхилення профілю характеризують відхилення від прямолінійності в площині?
4. Відхилення від прямолінійності чи від паралельності характеризує відхилення профілю поздовжнього перерізу?
5. Які відхилення профілю характеризують відхилення реального розташування поверхонь (осей) від їх номінального розташування?
6. Як ви розумієте поняття «економічна точність»?
7. Як ви розумієте поняття «досяжна точність»?

1.4. Вибір методів оброблення поверхонь залежно від точності і якості оброблюваної поверхні

Існують *два (принципово різних) методи досягнення точності розмірів* при механічному обробленні: *метод пробних ходів і промірів і метод автоматичного досягнення точності* на попередньо налагодженому верстаті.

Суть першого методу полягає в тому, що робітник підводить інструмент до поверхні, що підлягає обробленню, та з її невеликої ділянки

зрізає стружку. Після цього верстат зупиняють, роблять пробний промір отриманого розміру, визначають величину його відхилення від заданого на цій операції і коректують положення інструменту, так роблять до досягнення необхідного розміру всієї поверхні. Таку роботу виконують для кожної наступної партії оброблення заготовки.

Переваги методу:

- висока кваліфікація робітника, що застосовує такий метод, дає можливість досягати високої точності оброблення, оскільки робітник може враховувати неточності верстата, інструменту, заготовки та інші фактори.

Недоліки методу:

- можливість появи браку через неуважність робітника;
- низька продуктивність через витрати часу на пробні ходи;
- висока собівартість через високу кваліфікацію робітника і значну трудомісткість.

Суть методу *автоматичного досягнення точності* на попередньо налагодженому верстаті полягає в тому, що налагоджувальник, чи сам робітник, попередньо встановлює інструменти у положення, що забезпечує одержання заданого розміру за однопрохідною схемою.

Метод є досить точним, продуктивним, забезпечує стабільність розмірів для партії заготовок, але при високій точності потребує досить частого підналагодження і постійного контролю параметрів оброблення. На точність оброблення впливають як суб'єктивні фактори – кваліфікація настрювача, так і об'єктивні – стан технологічної системи, похибка установлення та ін.

Метод застосовується практично в усіх типах виробництва. Оброблення заготовок на верстатах із ЧПК, використання методу досягнення точності за допомогою лімбів, застосування упорів на універсальних верстатах, застосування верстатів напівавтоматів і автоматів, копіювальних верстатів – усе це приклади реалізації цього способу досягнення точності.

Наприклад, використання методу досягнення точності за допомогою лімбів верстата полягає у такому: при обробленні першої заготовки робітник, застосовуючи раніше розглянутий метод пробних ходів і промірів, визначає при обробленні першої заготовки положення лімбів переміщення робочих органів верстата, за яких досягається точність розмірів. Попереднє установлення лімбів на розмір може бути виконано також за допомогою еталонів або за шаблонами і застосовується в дрібносерійному і середньосерійному виробництвах. Точність залежить від об'єктивних і суб'єктивних факторів: *об'єктивні* – залежність від верстата (точності лімба, ступеня зношування верстата, люфтів у гвинтових парах та ін.); *суб'єктивні* – похибки первісного визначення показань лімба (гострота зору робітника, кут нахилу погляду відносно розподілів лімба, похибки повторного установлення лімба в початкове положення та інші фактори).

На поверхнях деталей залишаються сліди механічного оброблення, які виявляються у вигляді сукупності виступів і западин різних форм та розмірів. Критерій оцінювання якості оброблення поверхонь – це показник, який називається *шорсткістю поверхні*.

Якість поверхні деталі машини визначається як геометричними характеристиками, так і фізико-механічними властивостями поверхневого шару.

Поверхню, що обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища, називають *реальною поверхнею*.

Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, номінальна форма якої задана кресленням або іншою технічною документацією.

Геометричні характеристики якості обробленої поверхні визначаються відхиленнями профілю реальної поверхні від номінальної, які поділяють на три різновиди: *шорсткість*, *хвилястість*, *відхилення від правильної геометричної форми*.

Шорсткість поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, виділеними за допомогою базової довжини (рис. 1.5).

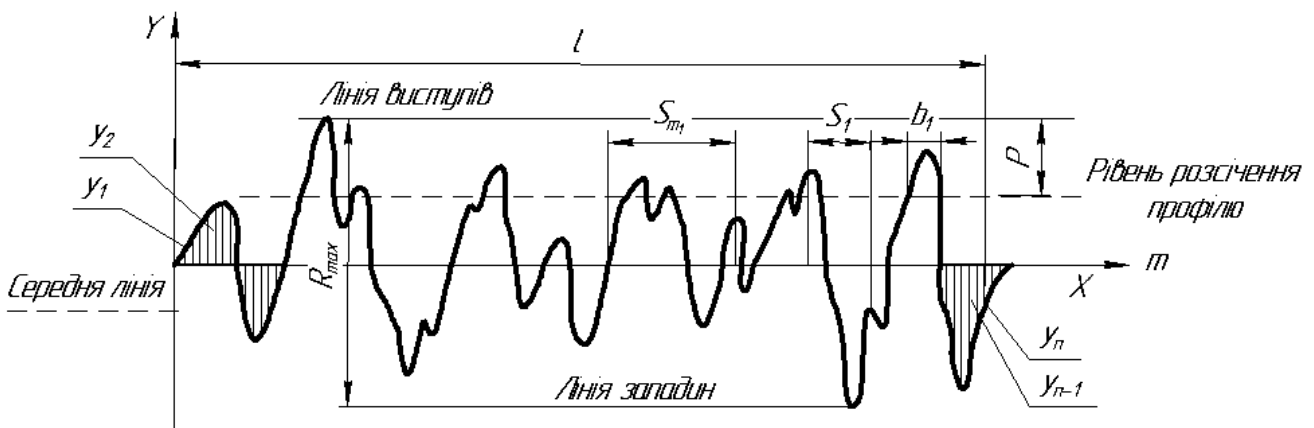


Рис. 1.5. Елементи шорсткості поверхні

Базова довжина l – довжина базової лінії, яку використовують для виділення нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні.

Базова лінія (поверхня) – лінія (поверхня) заданої геометричної форми, певним чином проведена відносно профілю (поверхні) і що призначена для оцінювання геометричних параметрів поверхні.

Середня лінія m – базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середньоквадратичне відхилення профілю до цієї лінії мінімальне (див. рис. 1.5).

Шорсткість поверхні оцінюється на довжині L , що може містити одну або декілька базових довжин (l). Значення базової довжини вибирають з ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Відхилення профілю – відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією.

Лінія виступів профілю – лінія, що є еквідистантою відносно середньої лінії і проходить через вищу точку профілю в межах базової довжини.

Лінія западин профілю – лінія, що є еквідистантою відносно середньої лінії і проходить через нижчу точку профілю в межах базової довжини.

Для позначення шорсткості поверхні, від оброблення якої конструктор не встановлює, застосовують знак, зображений на рис. 1.6, а.

Для позначення шорсткості поверхні, що утворюється при видаленні шару матеріалу (точінням, фрезеруванням, свердленням, шліфуванням, поліруванням, травленням тощо), використовують знак, зображений на рис. 1.6, б.

Для позначення шорсткості поверхні, що утворюється без видалення шару матеріалу (литтям, куванням, об'ємним штампуванням, прокаткою, волочінням та ін.), застосовують знак, зазначений на рис. 1.6, в. Цей же знак застосовують для позначення поверхонь, що не підлягають обробленню, тобто залишаються в стані вихідної заготовки.

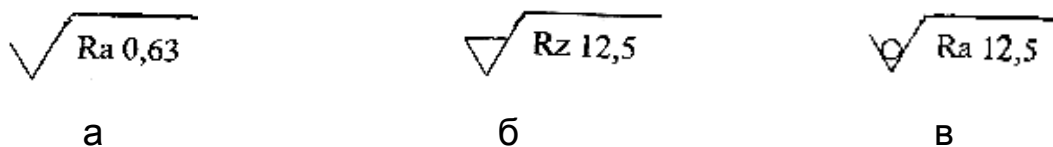


Рис. 1.6. Варіанти позначення шорсткості поверхні

Фактори, що впливають на якість оброблюваної поверхні:

1. Вид і властивості оброблюваного матеріалу.
2. Спосіб оброблення (точіння, фрезерування, шліфування і т. д.).
3. Режими різання (швидкість різання, глибина різання, подача).
4. Жорсткість системи ВПІД.
5. Геометричні параметри інструменту.
6. Матеріал інструменту.
7. Охолодження в процесі різання.

Шорсткість оцінюється двома основними методами:

1. Якісний метод ґрунтується на візуальному зіставленні обробленої поверхні з еталоном-зразком поверхні неозброєним оком або під мікроскопом, а також за відчуттям при торканні рукою. Еталони, які застосовуються для оцінювання шорсткості поверхні візуальним способом, мають бути виготовлені такої ж форми і тим же методом, що й деталь.

2. Кількісний метод полягає у вимірюванні мікронерівностей поверхні за допомогою приладу (наприклад, профілографа або профілометра).

Параметри шорсткості поверхонь для деяких методів механічного оброблення подано у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Параметри шорсткості поверхонь для деяких методів механічного оброблення

Вид поверхні	Метод оброблення	Параметри шорсткості									
		R_z					R_a				
		100	50	25	12,5	10	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2
Зовнішня циліндрична	Обточування: попереднє чистове тонке										
		*	*	*	*						
					*	*	*	*			
	Шліфування: попереднє чистове тонке								*	*	
									*		
									*	*	
									*	*	*
Внутрішня циліндрична	Розточування: попереднє чистове тонке	*	*	*	*						
					*	*	*				
								*	*	*	
	<i>Розгортювання</i>								*	*	
	<i>Протягування</i>							*	*		
	<i>Свердління</i>		*	*	*	*					
	Шліфування: попереднє чистове								*		
										*	*
Плоска	Стругання: попереднє чистове	*	*								
				*	*	*					
	Фрезерування: попереднє чистове	*	*	*							
					*	*	*				
	Торцеве точіння: попереднє чистове	*	*	*							
					*	*	*				
	Плоске шліфування: попереднє чистове								*	*	
											*

Запитання для самоконтролю

1. Які характеристики визначають якість поверхні деталі машини?
2. Яку поверхню називають реальною поверхнею?
3. Яку поверхню називають номінальною поверхнею?
4. Які параметри оцінюють шорсткість поверхні?

1.5. Виробничий процес на машинобудівному підприємстві.

Структура виробничого процесу

Склад машинобудівного заводу можна поділити на такі групи:

1. Заготівельні цехи (металоконструкцій, кувальні, ливарні чорних та кольорових металів та ін.).
2. Оброблювальні цехи (механічні, термічні, складальні та ін.).
3. Допоміжні (інструментальні, ремонтні, експериментальні та ін.).
4. Складальні пристрої (для металу, інструменту, формувальних і різних матеріалів для готових виробів, палива, моделей та ін.).
5. Енергетичні пристрої (електростанція, теплоелектроцентрально, компресорні та газогенераторні установки).
6. Транспортні пристрої.
7. Санітарно-технічні пристрої (опалення, вентиляція, водопостачання, каналізація).
8. Загальнозаводські установи та пристрої (центральна лабораторія, технологічна лабораторія, центральна вимірювальна лабораторія, головна контора, прохідна контора, медичний пункт, амбулаторія, пристрої зв'язку, їдальня та ін.).

Для виготовлення машини, що відповідає своєму службовому призначенню і технічним вимогам, в умовах підприємства необхідно виконати комплекс робіт із перетворення матеріалу для вихідних заготовок на готові деталі, складальні одиниці, а з них – на готові машини, провести їх випробування та інші роботи аж до відвантаження споживачам. Увесь комплекс цих дій називають виробничим процесом.

Виробничий процес – це сукупність усіх дій людей і знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення або ремонту виробів.

На машинобудівному заводі виробничий процес містить:

- 1) підготовку і обслуговування засобів виробництва;
- 2) отримання матеріалів, напівфабрикатів, заготовок та їх зберігання;
- 3) різні види оброблення (механічна, термічна);
- 4) складання виробів та їхнє транспортування;
- 5) контроль якості на всіх стадіях виробництва.

Виробничий процес — підготовка засобів виробництва та організація обслуговування робочих місць; одержання й зберігання матеріалів і напівфабрикатів; складання виробів у процесі виробництва та доставка на склад готової продукції; технічний контроль на всіх стадіях виробництва включаючи випробування готових виробів тощо. Виробничий процес містить ряд операцій, які поділяють на *основні* та *допоміжні*. До основних належать процеси виготовлення деталей і складання з них машин, до допоміжних – виготовлення та заточування інструментів, ремонт обладнання, внутрішньозаводське транспортування тощо.

Основою виробничого процесу є *технологічний процес* виготовлення деталей та виконання дій, направлених на зміну і наступне визначення стану предмета виробництва. Технологічні процеси механічного оброблення супроводжуються зміною форми заготовки, а термічного оброблення – фізичних і механічних властивостей матеріалу. Виділення технологічного процесу із загального виробничого процесу має деяку умовність. Наприклад, від вимірювання деталі форма її не змінюється, але ця операція належить до технологічного процесу. Установлення та зняття деталі з верстата краном – це частини технологічного процесу, але транспортування деталі цим краном уздовж цеху в технологічний процес не входить, хоча і є частиною виробничого процесу.

Технологічний процес виробництва (рис. 1.7) має три стадії: заготовчу, обробну, складальну.



Рис. 1.7. Складові виробничого процесу

Деталі виробів під час виготовлення проходять заготовчу стадію (виливання, кування, штампування, прокатування тощо) і стадію надання заготовці потрібних розміру та форми відповідно до креслення, і заготовка перетворюється на деталь. На обробній стадії виробництва заготовки зазнають певних змін, внаслідок яких виготовляється деталь. Під час

останньої стадії готові деталі складають у вироби, випробовують їх дію, фарбують, оздоблюють, маркірують тощо.

Форма організації технологічних процесів і всього виробництва в цілому буде залежати від кількості продукції, що випускається, яка називається виробничою програмою.

Виробнича програма – кількість продукції за всією номенклатурою, що випускається протягом року. За необхідності у виробничу програму включають також потрібну кількість запасних частин. На підставі загальної виробничої програми підприємства складаються виробничі програми по цехах, що вказують найменування кожного виду готової продукції (напівфабрикатів), їх кількість або вагу та інші необхідні характеристики.

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва поділяють на три види: одиничне (індивідуальне), серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

Продукцією машинобудівного виробництва зазвичай є машини.

Машина – це механізм або сполучення механізмів, які виконують доцільні дії для виконання роботи або перетворення енергії. У той же час існують підприємства, які виготовляють у великих обсягах продукцію, що використовується при виготовленні машин, наприклад завод поршнів, куле- і роликотпідшипникові заводи.

Всі ці види продукції підприємств називають *виробами*.

Залежно від призначення вироби поділяють на вироби основного і допоміжного виробництва.

Вироби основного виробництва призначено для реалізації у вигляді товарної продукції.

Вироби допоміжного виробництва призначено для споживання усередині підприємства, наприклад продукція інструментального цеху, нестандартне обладнання, засоби механізації тощо.

Деталь – виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій. Деталі можуть бути піддані гальванічному або лакофарбовому покриттю.

Складальна одиниця (СО) – частина виробу, що збирається окремо і надалі бере участь у складанні як єдине ціле.

Комплекс – два або більше специфікованих виробів, не з'єднаних на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями, але призначених для виконання взаємозалежних експлуатаційних функцій, наприклад верстат із системою числового програмного керування (ЧПК), робототехнічний комплекс (РТК) тощо.

Комплект – два або більше виробів, не з'єднаних на підприємстві складальними операціями, але є набором, що має загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (комплект ключів,

запасні частини машин і т. п.).

У технології механоскладального виробництва складальні одиниці (СО) часто називають *вузлами* або *підвузлами*.

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, що містить дії відносно зміни і наступного визначення стану предметів виробництва.

1.6. Складові частини і структура технологічних процесів

Технологічні процеси складаються з окремих частин, операцій, установ, переходів і ходів. На рис. 1.8 показано приклад структури технологічних процесів в машино- і приладобудуванні. Частини технологічних процесів відрізняються між собою методами виконання. Унаслідок принципової важливості термінології, що використовується при проєктуванні технологічних процесів, нижче наведено визначення їх частин згідно зі стандартом.

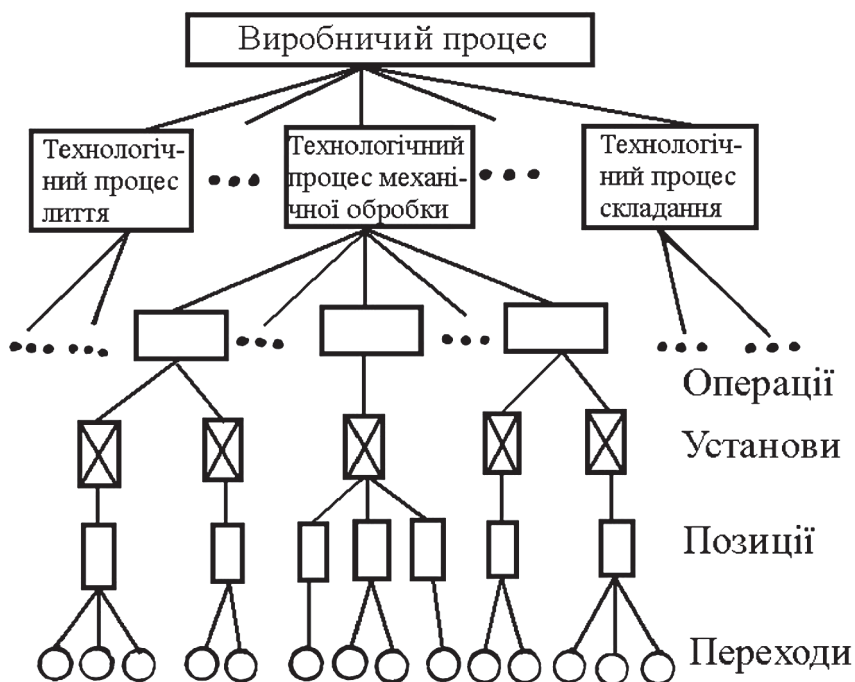


Рис. 1.8. Структура технологічного процесу

У результаті виконання технологічного процесу змінюються фізико-механічні властивості матеріалів, геометрична форма, розміри і відносне положення елементів деталі, якість поверхні, зовнішній вигляд об'єкта виробництва і т. п.

Предметом дослідження і розроблення в технології машинобудування є:

- види оброблення;
- вибір заготовок;
- якість і точність оброблюваних поверхонь і припуски на них;

- базування заготовок;
- способи механічного оброблення поверхонь (плоских, циліндричних, зі складними профілями та ін.);
- методи виготовлення типових деталей (корпусів, валів, зубчастих коліс та ін.);
- процеси складання (характер з'єднання деталей і вузлів, принципи механізації і автоматизації складальних робіт;
- конструювання пристроїв.

Основними напрямками розвитку сучасної технології є:

1. Перехід від переривчастих дискретних технологічних процесів до безперервних автоматизованих, що забезпечує збільшення масштабів виробництва і поліпшення якості продукції.
2. Ефективне використання машин і обладнання.
3. Упровадження безвідхідної технології для найбільш повного використання сировини, енергії, палива і підвищення продуктивності праці.
4. Створення гнучких виробничих систем, широке використання роботів і РТК у машинобудуванні.

Найважливіші показники, що характеризують *техніко-економічну ефективність* технологічного процесу:

- витрата сировини, напівфабрикатів та енергії на одиницю продукції (виробів);
- рівень продуктивності праці;
- інтенсивність процесу;
- витрати на виробництво;
- собівартість продукції (виробу).

Технологічний процес поділяється на окремі *складові частини*:

- технологічні операції;
- установи;
- позиції;
- переходи;
- ходи;
- прийоми.

Технологічний процес – закінчена частина виробничого процесу, що містить цілеспрямовані дії стосовно зміни або визначення стану предмета праці.

Технологічною операцією називають закінчену частину технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Операція охоплює всі дії обладнання і робітників над одним або декількома спільно оброблюваними (складальними) об'єктами виробництва (назва операції відповідає назві верстата, на якому виконується оброблення, наприклад, токарно-гвинторізна). Операції нумерують через цифру 5, наприклад 05, 010, ...

У загальному випадку технологічний процес складається з операцій. Операція є основним елементом виробничого планування і обліку. За

кількістю операцій визначається трудомісткість технологічного процесу, кількість робітників, забезпечення обладнанням та інструментом.

Операція складається з технологічних і допоміжних переходів, а також робочих і допоміжних ходів.

Технологічний перехід – закінчена частина технологічної операції, що характеризується сталістю застосовуваного інструменту і поверхонь, утворених обробленням або таких, що з'єднують при складанні.

При обробленні різанням технологічний процес являє собою процес отримання кожної нової поверхні або сполучення поверхонь різальним інструментом. Оброблення можна виконувати за один або кілька переходів (свердління отвору – за один перехід, а отримання отвору трьома послідовно працюючими інструментами: свердлом, зенкером, розгорткою – оброблення за три переходи).

Допоміжний перехід – це закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини і обладнання, які не супроводжуються зміною форми, розмірів і якості поверхні, але необхідні для виконання технологічного переходу (наприклад, установлення заготовки, її закріплення, зміна інструменту і т. п.).

Перехід складається з робочих і допоміжних ходів.

Робочим ходом називають закінчену частину технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструменту відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні або властивостей заготовки. При обробленні різанням у результаті кожного робочого ходу з поверхні або зі сполучення поверхонь заготовки знімається один шар металу.

Допоміжний хід – закінчена частина технологічного переходу, що складається з однократного переміщення інструменту відносно заготовки, яке не супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей заготовки, але є необхідним для виконання робочого ходу.

Установом називається частина технологічної операції, яка виконується при одному закріпленні заготовки (або декількох одночасно оброблюваних) на верстаті або у пристрої або складальній одиниці при складанні.

Операція може виконуватися за один або декілька установів. Наприклад, якщо вал зацентрувати на розточувальному верстаті колонкового типу, то операцію виконують за два установи. Спочатку вал установлюють у призмах, закріплюють, роблять зацентрування з одного боку, потім вал слід розкріпити, переустановити, закріпити і виконати зацентрування з іншого боку.

Позицією називається фіксоване положення, яке займає незмінно закріплена заготовка разом із пристроєм відносно інструменту.

Наприклад, якщо вал зацентрований на столиковому розточувальному верстаті, то після зацентрування з одного боку вал не розкріплюють, а розвертають стіл на 180°, а потім виконують зацентрування з

іншого боку (установів операція буде містити один, але позицій – дві).

Прийом – це закінчена дія робітника в процесі виконання операцій, які застосовуються при виконанні переходу або його частини і об'єднанні одним цільовим призначенням (узяти заготовку, установити у пристрій, увімкнути верстат і т. п.).

Робоче місце – частина виробничої площі, на якій розміщено технологічне обладнання, частина конвеєра та на обмежений час виконавці роботи, заготовки та технологічне оснащення.

Запитання для самоконтролю

1. Який виробничий склад машинобудівного заводу?
2. Від чого залежать форми організації технологічних процесів і всього виробництва в цілому?
3. Що називають виробничою програмою?
4. Дайте визначення виробничого процесу.
5. Що містить виробничий процес на машинобудівному заводі?
6. Назвіть найважливіші показники, що характеризують техніко-економічну ефективність технологічного процесу.
7. Що є основними напрямками розвитку сучасної технології?
8. Як поділяються складові частини технологічного процесу?
9. Структура технологічного процесу і його визначення.

1.7. Типи виробництва і їх техніко-економічна характеристика

Тип виробництва – класифікаційна характеристика виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і обсягу випуску виробів. У машинобудуванні розрізняють одиничне, серійне і масове виробництва. Серійне виробництво, у свою чергу, поділяють на дрібносерійне, середньосерійне та великосерійне.

Тип виробництва можна визначити як табличним, так і розрахунковим методом, обчисливши коефіцієнт закріплення операцій $K_{зо}$.

Визначення типу виробництва є першим завданням етапу синтезу технологічних рішень, оскільки він формулює всі такі рішення при проєктуванні технологічних процесів: ступінь автоматизації обладнання, пристрої, різальний інструмент, форму організації виробництва тощо.

Для умов *одиничного та дрібносерійного виробництва* найбільш доцільною формою організації є створення дільниць за спеціалізацією робіт (токарна дільниця, фрезерна, складальна тощо). Технологічне обладнання та оснащення (різальний та вимірювальний інструменти) використовують універсальні, кваліфікація робочих висока. При такій формі організації заготовка переміщується з операції на наступну операцію без оптимізації маршруту руху. Досить часто суміжні операції

можуть виконуватися навіть у різних цехах.

У машинобудуванні найбільшого поширення набуло *серійне виробництво*, при якому вироби випускають партіями або серіями різної величини. Залежно від розміру партій і частоти повторюваності їх протягом року розрізняють: дрібносерійне, середньосерійне і великосерійне виробництва.

Поняття *партія* належить до кількості деталей, а *серія* – до кількості машин, що запускають у виробництво одночасно.

Для серійного виробництва характерні такі технологічні ознаки:

1. Виготовлення деталей партіями.
2. Диференціація технологічного процесу, тобто розчленовування його на невелику кількість операцій і закріплення їх за певними верстатами.
3. Застосування універсального обладнання і спеціалізованого для основних деталей.
4. Можливість розташування обладнання за технологічним принципом (у послідовності технологічного процесу).
5. Широке застосування спеціальних пристроїв.
6. Широке застосування спеціального різального і вимірювального інструменту.
7. Широке застосування верстатів з ЧПК.
8. Середня кваліфікація робітників.
9. Дотримання принципу взаємозамінності.

Організаційною формою серійного виробництва є групова. Вона передбачає створення предметно-замкнутих ділянок за принципом поточкових ліній (обладнання для більшості технологічних операцій, зазвичай механічних, розміщено у послідовності їх виконання), на яких організовується в необхідній для виробництва послідовності оброблення конструктивно подібних деталей. Технологічне обладнання та оснащення (різальний та вимірювальний інструменти) використовують спеціальні універсальні, кваліфікація робочих середня.

В умовах одиничного, дрібносерійного та середньосерійного виробництва визначається розмір партії запуску $n_{\text{зап}}$.

Він може бути визначений за такими формулами:

- при вільному плануванні організації випуску

$$n_{\text{зап}} = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \text{ шт.}$$

де N – обсяг випуску виробів, шт.;

Φ – кількість робочих днів за рік;

t – кількість днів, на які необхідно мати запас деталей на складі.

Можна вважати нормальними запаси деталей на складі для серійного типу виробництва залежно від трудомісткості:

- для великих деталей – 2 – 3 дні;
- для середніх деталей – 2 – 5 днів;

- для дрібних деталей – 5 – 10 днів.
- при рівномірному плануванні організації випуску

$$n_{\text{зап}} = \frac{N}{K}, \text{ шт.}$$

де $K = 12$ – при рівномірному щомісячному випуску виробів;
 $K = 4$ при рівномірному щоквартальному випуску виробів.

Періодичність запуску виробів у виробництво у сучасних риночних умовах може визначатися договірними зобов'язаннями між виробником і замовником.

Розмір партії запуску використовують для визначення штучно-калькуляційного часу при технічному нормуванні.

Масове виробництво характеризується постійним виготовленням виробів у великих кількостях тривалий час. Обсяг випуску в масовому виробництві дає можливість проводити спеціалізацію робочих місць на виконання однієї операції. Вона передбачає створення предметно-замкнутих ділянок за принципом потокових ліній (обладнання розміщено у послідовності їх виконання). Технологічне обладнання та оснащення (різальний та вимірювальний інструменти) використовують спеціалізовані, кваліфікація робочих низька, однак наладжувальник верстатів має високу кваліфікацію.

Масове виробництво характеризується великою кількістю виготовлюваних виробів. Це дає можливість на кожному робочому місці виконувати тільки одну операцію – постійно повторювану.

Ознаки масового виробництва:

1. Розроблення технологічного процесу базується на принципі диференціації або на принципі концентрації. Принцип концентрації є більш поширеним.
2. Закріплення за одним робочим місцем постійно повторюваної операції.
3. Оброблення деталей за поточним методом.
4. Розташування обладнання по ходу технологічного процесу.
5. Застосування агрегатних верстатів і автоматичних ліній.
6. Застосування спеціальних пристроїв, різального і вимірювального інструменту.
7. Дотримання принципів повної взаємозамінності.
8. Невисока кваліфікація робітників.

Для визначення типу виробництва користуються *коефіцієнтом закріплення операції*:

Для дрібносерійного виробництва
 $20 < K_{\text{зо}} < 40$;

– для середньосерійного виробництва
 $10 < K_{\text{зо}} < 20$;

– для крупносерійного виробництва
 $1 < K_{\text{зо}} < 10$;

- для масового виробництва

$$K_{30} = 1.$$

На потокових лініях в послідовності виконання технологічних операцій все необхідне обладнання – металорізальне, термічне тощо.

Після визначення типу виробництва і форми його організації розраховують їх економіко-організаційні показники: такт випуску, партію запуску, ритм.

Такт випуску (t_e) є характеристикою потокової лінії. Його визначають для умов великосерійного та масового виробництв.

Такт випуску – це інтервал часу між запуском у виробництво або випуском двох послідовних, що йдуть один за одним, виробів. Такт випуску, хв., визначається формулою

$$t_e = \frac{F_d \cdot n}{N} \cdot 60,$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання за одну зміну, годин (2015 годин);

n – кількість змін роботи обладнання за добу;

60 – коефіцієнт переведення годин у хвилини.

Значення такту використовують при формуванні складу технологічних операцій, що виконують на потоковій лінії з метою їх синхронізації, тобто щоб тривалість кожної з них дорівнювала або була кратною такту.

Основні характеристики типів виробництва подано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні характеристики типів виробництва

Характеристика виробництва	Тип виробництва		
	Одиничний	Серійний (від дрібно- до великосерійного)	Масовий
Номенклатура та обсяг випуску	Широка, малий	Незначна, з поступовим зменшенням номенклатури та збільшенням обсягу	Вузька, великий
Вид обладнання	Універсальне	Універсальне, верстати з ЧПК із поступовим підвищенням рівня автоматизації до напівавтоматів	Спеціальне, автомати, агрегатні верстати, багатошпиндельні верстати, автоматичні лінії
Пристрої	Універсальні	Універсальні, УСП, переналагоджувальні та спеціальні	Спеціальні
Різальний інструмент	Універсальний	Універсальний, спеціалізований	Спеціальний, комбінований
Вимірювальний інструмент	Універсальний, шкальний	Універсальний, граничні калібри	Граничні калібри, комплексні контрольно-вимірювальні прилади

Характеристика виробництва	Тип виробництва		
	Одиничний	Серійний (від дрібно- до великосерійного)	Масовий
Рівень глибини технологічних рішень	Маршрутний	Маршрутний, маршрутно-операційний, операційний	Маршрутний і обов'язково операційний
Метод технічного нормування	Дослідно-статистичний	Дослідно-статистичний, розрахунково-аналітичний	Розрахунково-аналітичний
Види вихідних заготовок	Сортовий прокат різного профілю	Сортовий прокат, кування, литво	Штампування, литво, що забезпечують мінімальні припуски та максимальне наближення форми заготовки до форми деталі
Методи досягнення точності при механічному обробленні	Метод пробних ходів та вимірів, автоматичного досягнення точності з використанням жорстких упорів, лімбів	Метод автоматичного досягнення точності з використанням жорстких упорів, лімбів, верстатів із ЧПК, автоматів та ін.	Метод автоматичного досягнення точності з використанням верстатів – напівавтоматів та автоматів, методів активного контролю
Методи досягнення точності замикальної ланки при складанні	Пригінка	Пригінка, регулювання, групової взаємозамінності, повної та неповної взаємозамінності	Регулювання, групової взаємозамінності, повної та неповної взаємозамінності
Розміщення обладнання	Дільниці за типами верстатів або видами роботи (токарна, фрезерна, складальна)	Предметно замкнуті дільниці для виготовлення групи технологічно подібних деталей, потокові лінії	Потокові лінії
Рівень кваліфікації основних робітників	Високий	Вимоги поступово знижуються, але підвищуються вимоги до кваліфікації робітників, що налагоджують обладнання (допоміжні робітники)	
Собівартість виробництва	Висока	Середня	Низька

Запитання для самоконтролю

1. Визначення типу виробництва, такту випуску або партії запуску.
2. Організаційні форми типів виробництва.

3. Особливості і характеристика одиничного типу виробництва.
4. Особливості і характеристика серійного типу виробництва.
5. Особливості і характеристика масового типу виробництва.
6. Поняття партія і серія.

1.8. Технічна підготовка виробництва

Сукупність робіт із упровадження нових і удосконалення раніше освоєних конструкцій і технологічних процесів називається *технічною підготовкою машинобудівного виробництва*.

Ці роботи виконуються не тільки на заводі, але й у науково-дослідних інститутах, дослідно-конструкторських та інших організаціях, за завданням заводу згідно з його планами.

У самому загальному випадку технічна підготовка виробництва складається з таких видів робіт:

1) проєктування нових і удосконалення раніше освоєних конструкцій машин із забезпеченням їх виробництва кресленнями, технічними умовами, специфікаціями та іншою креслярсько-конструкторською документацією;

2) проєктування нових і удосконалення діючих технологічних процесів з випуском необхідних для виробництва технологічних карт інструкцій, планувань устаткування і схем організації робочих місць;

3) розроблення технічних норм для визначення трудомісткості виробів, для розрахунків потреб виробництва в працівниках різних категорій, у матеріалах, у технологічному паливі, електроенергії та інших енергоносіях, в устаткуванні й технологічному оснащенні;

4) проєктування і виготовлення технологічного оснащення, що містить: різальний, вимірювальний і монтажний інструмент, пристрої, штампи, моделі, прес-форми та ін.;

5) вивірення і налагодження запроєктованих технологічних процесів безпосередньо в цехових умовах, на робочих місцях з метою впровадження передбачених цими процесами найбільш раціональних операцій, режимів і трудових прийомів, видів устаткування й оснащення.

Таким чином, у результаті технічної підготовки виробництва всі цехи заводу одержують різноманітну технічну документацію, а також технологічне оснащення. Крім того, дані технічної підготовки, зокрема технічні норми, специфікації матеріалів, заготовок і деталей, широко використовуються для організації й оплати праці, внутрішньозаводського планування, технічного контролю, матеріально-технічного постачання, а також для інших нестатків керування виробництвом.

Для характеристики складності робіт, які органи технічної підготовки заводу зобов'язані виконувати, причому в самі стислі строки, достатньо ознайомитися хоча б з номенклатурою технологічного оснащення, яке застосовується при освоєнні нових об'єктів.

Центральними органами технічної підготовки на великому машинобудівному заводі є відділи: головного конструктора, головного технолога і головного металурга. На невеликих заводах замість трьох відділів може бути організований єдиний технічний відділ.

Органи і працівники, що здійснюють технічну підготовку виробництва, мають вирішувати три завдання:

Перше завдання впливає безпосередньо зі змісту технічної підготовки, що має забезпечувати науково-технічний прогрес у тій галузі народного господарства, яку певний завод буде обслуговувати, випускаючи для неї машини.

Друге завдання полягає у створенні передумов для рентабельної і ритмічної роботи заводу за графіком відповідно до державного завдання з випуску продукції й освоєння нових виробів.

Зі сказаного вище впливає також, що технічна підготовка має створювати передумови для ритмічної роботи заводу за графіком. Несвоєчасне одержання цехами креслень, технологічної або документації технологічного оснащення, помилки в цих матеріалах і розробленнях призводять зазвичай до зриву термінів освоєння нових виробів, до ослаблення технологічної дисципліни.

Третім завданням є всіляке скорочення тривалості трудомісткості й собівартості всіх конструкторських, технологічних та інших робіт, що входять до комплексу технічної підготовки.

Для успішного вирішення всіх цих трьох завдань необхідно застосовувати передові методи підготовки виробництва, передбачені стандартами єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) і єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПП).

Технічне завдання визначає основне призначення, технічні характеристики і показники якості, а також техніко-економічні вимоги, які пропонуються для розроблення виробу.

Технічна пропозиція складається із сукупності конструкторських документів, що мають містити технічне і техніко-економічне обґрунтування доцільності розроблення документації на певний виріб. Конструктор при цьому повинний спиратися на технічне завдання і можливі варіанти його вирішення, порівняльні оцінки цих рішень з урахуванням конструктивних та експлуатаційних особливостей проєктованого й існуючого виробів, а також на патентні матеріали.

Ескізний проєкт – сукупність конструкторських документів, що містять принципові конструктивні рішення стосовно певного об'єкта; в ескізному проєкті визначається призначення останнього, даються його основні параметри і габаритні розміри.

Технічний проєкт розробляється на основі ескізного проєкту з урахуванням змін, внесених при його розгляданні. Технічний проєкт має містити уточнені порівняно з ескізним проєктом креслення загального виду

машини; креслення усіх вузлів, а також найбільш трудомістких і металомістких деталей, пояснювальну записку з техніко-економічним обґрунтуванням нової конструкції, включаючи визначення експлуатаційних витрат.

До складу робочого проєкту входять уся документація, необхідна для виготовлення, монтажу й експлуатації машини, складальні креслення і монтажні схеми машини, подетальні специфікації, уточнені специфікації й технічні умови на покупні стандартні деталі, відомості про прилади і запасні частини, інструкції з промислових випробувань, монтажу й експлуатації машини.

Протягом усього періоду конструкторської роботи необхідно забезпечити повсякденне співробітництво конструкторів з технологами, що працюють над освоєнням тих самих об'єктів, оскільки, по-перше, є передумовою створення таких технологічних конструкцій, по-друге, забезпечує скорочення циклу підготовки внаслідок рівнобіжного і погодженого виконання конструкторських і технологічних робіт.

Найважливішими практичними формами участі технологів у конструкторській підготовці є технологічний аналіз і контроль креслень. Технологічний аналіз і контроль креслень є обов'язковими: креслення можуть бути передані у виробництво тільки з візою технолога.

Спеціальним доповненням до технологічного контролю є нормоконтроль.

Запитання для самоконтролю

1. Зміст технічної підготовки виробництва.
2. Які завдання вирішують на етапах технічної підготовки виробництва?
3. Конструкторська підготовка виробництва, її зміст і завдання.

1.9. Технологічна підготовка виробництва, її завдання

Технологічна підготовка виробництва здійснюється відповідно до вимоги стандартів «Єдиної системи технологічної підготовки виробництва» (ЄСТПП) і містить великий комплекс робіт із проєктування технологічних процесів, їх оснащення і встановлення необхідних для їх здійснення норм завантаження обладнання, витрат праці, матеріалів, електроенергії і т. д.

Залежно від масштабу і типу виробництва, складності виготовлених виробів, а також пропонованих до них технічних вимог ці роботи проводяться з різним ступенем деталізації. До початку робіт з технологічної підготовки виробництва має бути проведено технологічний контроль креслень. Він необхідний для аналізу і перевірки виробів на технологічність їх конструкцій, правильності призначення класів точності оброблення, раціональності схем збирання тощо.

Після внесення необхідних виправлень і доповнень у креслення починається перший етап технологічної підготовки – розроблення технологічних процесів (вибір методу одержання заготовки і розрахунок її розмірів; розроблення технологічного маршруту механічного оброблення з послідовним розробленням операційного технологічного процесу, розрахунок припусків; вибір режимів різання; проведення нормування часу; вибір технологічного оснащення; проектування і контроль за виготовленням технологічного оснащення; техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу і впровадження його у виробництво). Розроблення технологічних процесів органічно зв'язується з другим етапом технологічної підготовки виробництва – конструюванням оснащення й нестандартних засобів механізації й автоматизації. Від ступеня оснащеності і механізації виробничого процесу залежать його ефективність і якість виготовленої продукції.

Третій етап роботи полягає у виготовленні оснащення і нестандартних засобів механізації й автоматизації, що поряд з їхнім проектуванням є найбільш трудомісткою частиною всієї роботи з технологічної підготовки виробництва (до 60...70 % від її загального обсягу). Через це всі такі роботи доводиться проводити поступово, обмежуючись спершу мінімально необхідним оснащенням першої черги і потім підвищуючи ступінь оснащеності й механізації виробничого процесу до максимальних економічно виправданих меж.

Заключний – четвертий етап робіт з технологічної підготовки виробництва – вивіряння, налагодження і впровадження розробленої технології. При цьому перевіряють придатність і раціональність технології й оснащення.

Виконання всіх робіт з технологічної підготовки виробництва зосереджується у відділі головного технолога. Етапи технологічної підготовки виробництва і перелік робіт виконуються різними підрозділами відділу головного технолога, цілком відповідають регламентованим стандартам.

Цехові технологічні бюро продовжують роботу відділу головного технолога. Однією з найважливіших функцій цехових бюро є контроль дотримання технологічної дисципліни.

Запитання для самоконтролю

1. Зміст технологічної підготовки виробництва.
2. Етапи технологічної підготовки виробництва.
3. Яку роботу виконує і контролює технолог на етапах ТПП?

1.10. Структура технологічного процесу

Технологічний процес вибирають так, щоб забезпечити виготовлення деталей необхідної якості з найменшими затратами часу і праці за умови невисокої вартості продукції.

Технологічний процес складається з технологічних операцій, а операції – з установів і позицій, технологічних елементарних і допоміжних переходів, робочих і допоміжних ходів і прийомів.

Технологічним процесом називається частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії стосовно зміни і визначення стану предмета праці. Отже, у цьому процесі змінюються форма і розміри заготовки, властивості матеріалу, якість поверхні відповідно до заданих технічних вимог. Увесь технологічний процес механічного оброблення розчленовують на складові частини: операції, установи, позиції, переходи, ходи, робочі прийоми, елементи прийому – рухи.

Технологічною операцією називається завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Вона може виконуватися одним робітником або групою робітників, а також без участі робітників або під їхнім наглядом за однією або кількома одночасно оброблюваними деталями й охоплювати всі послідовні дії над ними до переходу до наступної такої ж деталі або їх групи. Наприклад, на токарному верстаті:

1) можуть послідовно виконуватися чорнове і чистове оброблення кожного вала із партії валів;

2) спершу проводиться чорнове оброблення всієї партії валів, а потім чистове.

У першому випадку оброблення є однією операцією, а в другому – складається з двох операцій, хоча й виконується на одному робочому місці.

Технологічна операція – основна одиниця виробничого планування і нормування. З урахуванням часу, витраченого на виконання окремих операцій, розраховують завантаженість устаткування і нормують працю робітників.

Установом називається частина операції, яка виконується при незмінному закріпленні оброблюваної заготовки або складальної одиниці.

Буває так, що під час виконання однієї операції деталь треба переустановити, коли вона спершу обробляється з одного боку, а потім – з іншого. У таких випадках операція складається з двох частин – двох установів. Операція може складатися з одного установу або декількох.

Кожен установ може розглядатися як окрема операція, якщо вся партія поданих до верстата деталей спершу обробляється на одному установі, а потім – на іншому. У такому випадку оброблення можна виконати двома способами:

1) за одну операцію в два установи, тобто спершу обробити поверхні

з одного боку, а потім перевернути деталь і обробити поверхні з другого боку;

2) за дві операції – спершу всі деталі партії обробити по поверхнях з одного боку та зняти із верстата (перша операція), потім обробити так само всі деталі по поверхнях з другого боку (друга операція).

Перший спосіб оброблення характерний для одиничного виробництва, другий – для серійного. Заготовка, перебуваючи у пристрої, може змінювати своє положення відносно робочих елементів устаткування з допомогою поворотних пристроїв. При цьому вона займатиме різні позиції.

Позицією називається кожне із фіксованих положень незмінно закріпленої заготовки або складальної одиниці спільно із пристроєм відносно інструменту або нерухомої частини устаткування при виконанні певної частини операції.

При обробленні заготовок на токарно-револьверному верстаті позиціями вважаються кожне із послідовних положень револьверної головки введенням в дію нового інструменту. Застосування багатопозиційного оброблення підвищує продуктивність праці внаслідок скорочення витрат часу на заміну різального інструменту, а також на встановлення і закріплення заготовок.

Операція поділяється на технологічні та допоміжні переходи.

Технологічним переходом називається закінчена частина операції, що виконується одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних режимах і встановленні. Зміна хоча б одного із указаних елементів, тобто оброблюваної поверхні, інструменту чи режиму різання, обумовлює новий перехід.

Допоміжним переходом називають закінчену частину технологічної операції, що складається із дій людини і (або) устаткування, які не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для виконання технологічного переходу, наприклад установлення заготовки перед обробленням, поворот різцевої головки тощо.

Робочим ходом називають закінчену частину технологічного переходу у вигляді одноразового переміщення інструменту відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні властивостей заготовки. За кожен робочий хід знімається певна кількість шарів матеріалу заданої товщини при незмінному режимі оброблення.

Допоміжним ходом називають закінчену частину технологічного переходу у вигляді одноразового переміщення інструменту відносно заготовки, необхідного для підготовки робочого ходу. Початковими даними для розроблення технологічного процесу є креслення деталі, в якому вказуються усі необхідні технічні вимоги стосовно виготовлення деталі (виробу) – матеріал; точність; шорсткість і обсяг випуску (тип виробництва).

Технологічні процеси можуть бути одиничними і типовими. Технологічні процеси мають забезпечувати високу продуктивність праці завдяки застосуванню прогресивних способів виробництва та ефективного обладнання. На спосіб виготовлення деталей впливають тип виробництва, наявність обладнання та необхідна ефективність виробництва.

Виготовлення деталей на невеликій кількості верстатів потребує концентрації операцій, тому такий спосіб виробництва називають *концентрованим процесом*.

Якщо деталі виготовляють на великій кількості верстатів і кожен верстат виконує лише одну операцію, то такий процес *називають диференційованим*.

Процес, розроблений для деталі одного найменування, типорозміру та використання незалежно від виду виробництва, *називають одиничним*.

Процес, призначений для групи деталей з узагальненими конструктивними й технологічними ознаками, що складається з операцій та їх певною послідовністю, *називають типовим*.

Типовий технологічний процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками *називають груповим*.

Класифікацію видів технологічних процесів за кількістю виробів, що виготовляються (програмою), та технологічною документацією показано на рис. 1.9.

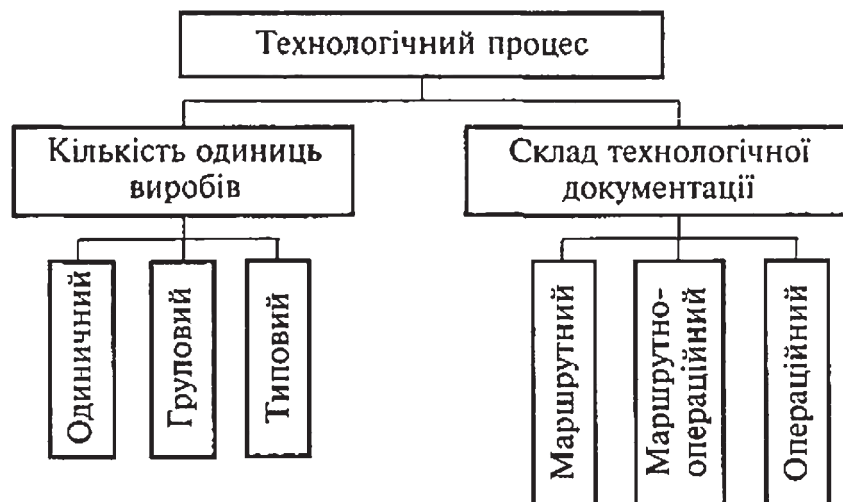


Рис. 1.9. Класифікація видів технологічних процесів

Комплекс технологічної документації встановлено державними стандартами. До заводського фонду технологічної документації належать маршрутна та операційна карти, карта ескізів і схем, технологічна інструкція, відомості матеріалів та оснащення. До технічної документації належать також текстові та графічні документи призначення (операційна карта та відомість технічного контролю). Основними є маршрутна та операційна карти.

Маршрутна карта — це послідовність технологічного процесу виготовлення виробу на всіх стадіях виробництва із зазначенням необхідного обладнання, оснащення, матеріальних та трудових ресурсів за встановленими нормативами.

Операційна карта — це документ, який містить опис послідовного виконання операцій процесу виготовлення виробу з поділом їх технологічних переходів і указанням режимів обробки різанням, логічного оснащення кожної операції та розрахункових норм і трудових нормативів.

Запитання для самоконтролю

1. Дати визначення поняття «технологічний процес».
2. Дати визначення поняття «технологічна операція».
3. Дати визначення поняття «установ».
4. Дати визначення поняття «позиція».
5. Дати визначення поняття «технологічний перехід».
6. Дати визначення поняття «допоміжний хід».
7. Дати визначення поняття «робочий хід».
8. Що є початковими даними для розроблення технологічного процесу?
9. Назвіть основні положення єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЕСТП).

1.11. Основні положення єдиної системи технологічної підготовки виробництва

Технологічні документи заповнюють відповідно до вимог стандартів. Залежно від типу виробництва при розробленні технологічного процесу застосовують різні види технологічної документації. Для деталей одиничного та дрібносерійного виробництва основним документом, за допомогою якого технологічний процес визначається на робочому місці, є маршрутна карта, яка складається за формою 2 і 2а, доповнена операційним ескізом або кресленням деталі. У серійному і масовому виробництвах прийнято розробляти розгорнуті технологічні процеси з докладним описом окремих операцій на операційних картах, суміщаючи їх із картами ескізів (форми 5 і 5а). Переходи операцій механічного оброблення записують у картах-формах 1 і 1а. Для слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних операцій застосовують карти за формою 2 і 2а. У результаті одержують комплект операційних карт, карт ескізів, відомостей про пристрої та інструмент, який супроводжується маршрутною картою.

Операційний ескіз є графічним технологічним документом, що замінює на операції робоче креслення деталі. Головна проєкція являє собою вигляд деталі з боку робочого місця біля верстата після

оброблення. Додаткові вигляди, проєкції, перерізи, розрізи і виносні елементи виконують за необхідності показати всі поверхні, що обробляються на певній операції, їх розміри і характеристики, а також поверхні, які вважаються базами. Якщо операція містить декілька установів, то в карті ескізів креслять операційні ескізи заготовки після оброблення на кожному з них. Виконувати ескізи можна в довільному масштабі, але поверхні оброблення треба показувати лініями, потовщеними у два-три рази порівняно з товщиною основної лінії. Розміри на операційному ескізі проставляють тільки ті, які визначають положення поверхні оброблення відносно бази на цій операції. Усі розміри пишуть арабськими цифрами, наносять граничні відхилення та умовні позначення полів допусків за ЄСДП. Номери розмірів проставляють у колах діаметром 6...8 мм, розташовуючи їх на продовженнях розмірних ліній. Нумерувати розміри слід за годинниковою стрілкою. На операційних ескізах треба проставляти довідкові та габаритні розміри, за якими визначається можливість установлення деталі на верстаті.

Маршрутна карта містить опис операцій технологічного процесу в їх технологічній послідовності, дані про устаткування, оснащення, матеріальні і трудові затрати відповідно до вимог стандарту. Маршрутна карта має графи, які заповнюють певними даними. Назви і зміст операцій в маршрутній карті записують з урахуванням вимог стандартів, які визначають переліки операцій, їх кодування, правила запису цих операцій та переходів, що їх складають, тощо.

Метод нового планування дає можливість виконувати розроблення технологічних маршрутів для подібних і нових деталей відповідно до спільних і специфічних даних і правил технологічного проєктування. Основою цього є описи деталей і вимоги, що ставляться до їх оброблення. Аналіз цих вимог дає змогу виявити можливі шляхи вирішення технологічних завдань і відповідно до певних критеріїв вибрати метод їх вирішення. Таким чином, цей метод є і таким, що генерує, і таким, що оптимізує. У зв'язку з цим метод є найбільш цінним, але й найбільш складним для автоматизації.

Оскільки технологічні процеси механічної обробки і складання істотно розрізняються, розглянемо основні етапи методу нового планування для цих випадків окремо.

Основними етапами розроблення технологічного процесу механічної обробки методом нового планування є такі.

1. Аналіз початкових даних. За наявними відомостями про програму випуску і конструкторської документації на виріб вивчаються призначення і конструкція виробу, вимоги до його виготовлення і експлуатації.

2. Вибір заготовки. За класифікатором заготовок, методикою розрахунку і техніко-економічним оцінюванням вибору заготовок, стандартами і технічними умовами на заготовку і основний матеріал вибирають початкову заготовку і методи її виготовлення. Дається техніко-

економічне обґрунтування вибору заготовки.

3. Вибір технологічних баз. Проводиться оцінювання точності й надійності базування. Використовують класифікатори способів базування та існуючу методику вибору технологічних баз.

4. Складання технологічного маршруту оброблення (за документацією типового, групового або одиничного технологічного процесу); визначення послідовності технологічних операцій і складання технологічного оснащення.

5. Розроблення складу технологічних операцій і розрахунок режимів оброблення. На підставі документації (типових, групових або одиничних технологічних операцій) і класифікатора технологічних операцій складають послідовність переходів у кожній операції.

6. Вибір основного технологічного обладнання. Тут використовуються специфікації устаткування, дані про параметри оброблення.

Відповідно до заданих критеріїв, визначається обладнання, на якому має бути виконаний конкретний технологічний перехід. При виборі верстата проводиться додаткова перевірка технічних та економічних умов використання.

Які технічні критерії можуть використовуватися:

- параметри робочої зони верстата, які визначають максимально можливу масу деталі (або розміри);
- необхідна якість оброблення.

7. Вибір допоміжних засобів. Використовуються каталоги з даними про інструмент, пристрої, засоби контролю.

Запитання для самоконтролю

1. Які документи технологічного процесу оформляють за різних умов виробництва?

2. Назвіть основні етапи методу нового планування.

3. Що є початковими даними для розроблення технологічного процесу?

4. Назвіть основні положення єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТП).

1.12. Система автоматизованого проєктування технологічної підготовки виробництва деталей

Автоматизоване проєктування ТПВ – розгорнутий і складний процес перероблення інформації різноманітного виду, форми і змісту. Основною метою створення АСТПВ є прискорення й удосконалення процесів технологічного проєктування внаслідок автоматизації і механізації за допомогою обчислювальної техніки, низки складних і трудомістких процесів проєктування, що піддаються формальному алгоритмічному

опису.

Основи проєктування технологічних процесів (ТП). Проєктування технологічних процесів механічного оброблення і складання є багатоваріантним завданням. За своєю суттю це є процес перероблення вихідної інформації, що є недостатньою і неточною, на кінцеві технологічні рішення.

Процес проєктування багатоетапний. Він пов'язаний із синтезом нових даних на кожному етапі, що поповнюють вихідні дані. У результаті багатоваріантності рішень, наприклад при призначенні способів оброблення окремих поверхонь або виборі моделі верстата, необхідно виконувати оптимізаційні розрахунки.

Процес проєктування ТП є інтеграційним, тобто не виключає можливості повернення до раніше прийнятих рішень з метою їх коригування.

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

Неавтоматизоване проєктування – проєктування, при якому всі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними технічними мовами (креслення, технологічна документація тощо) здійснює людина. При неавтоматизованому проєктуванні більшість його етапів, пов'язаних із аналізом технічних умов, вибором 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.

Автоматизоване проєктування – проєктування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, а також подання описів різними мовами розв'язання, здійснюються взаємодією людини і ЕОМ.

В умовах автоматизованого проєктування на ЕОМ покладають в першу чергу завдання, суть яких можна формалізувати і подати у вигляді функціональних або структурно-схемних зв'язків, наприклад різні розрахунки, визначення кількості ступенів оброблення окремих поверхонь деталі, вибір оптимальних умов зняття напуску та ін. Подальший розвиток теорії проєктування та обчислювальної техніки дає змогу поступово передавати ЕОМ також і вирішення творчих завдань. У сучасних системах автоматизованого проєктування технологічних процесів (САПР ТП), наприклад SolidWorks та інші, вирішення технологічних завдань виконується в діалоговому режимі взаємодії технолога-проєктувальника з ЕОМ через індивідуальний термінал – дисплей. З його допомогою він отримує повідомлення від ЕОМ через певний проміжок часу, який не порушує швидкості природного ходу його думки. Діалоговий режим є ефективним при вирішенні творчих завдань, коли потрібен евристичний підхід (розпізнавання геометричних образів деталей, розмірних і топологічних зв'язків між елементарними геометричними образами з

метою оптимального вибору схем базування, проектування маршруту оброблення, складання тощо). Ці та багато інших завдань можуть бути вирішені ефективно лише синтезом творчих процесів людини і «здібностей» машинних програм.

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

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

Проектування технологічних процесів на основі типових або групових технологічних процесів не потребує таких глибоких знань, легко формалізується та автоматизується. Сьогодні практично всі діючі системи автоматизованого та автоматичного проектування технологічних процесів ґрунтуються на використанні типових технологічних рішень.

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

Автоматичне проектування передбачає дуже високий ступінь формалізації проектних завдань. Завданням технолога є підготовка вихідної інформації для проектування, в якій зазвичай вже апіорі закладені технічні рішення майбутнього технологічного процесу (наприклад, спосіб виготовлення заготовки, схеми базування тощо).

Ефективність функціонування АСТПВ визначається якістю побудови і використання єдиного банку даних технологічного призначення, порядком формування і складом документації. Зазвичай банк даних АСТПВ містить чотири групи документів:

- конструкторсько-технологічні характеристики проєктованих виробів, що визначають спеціалізацію підприємства, параметри деталей, складальних одиниць, виробу в цілому;

- експлуатаційно-технічні характеристики устаткування і технологічного оснащення, які застосовуються на підприємстві, або таких, що знаходяться на стадіях проектування;

- організаційно-технологічна документація, що містить технологічні маршрути, операційні карти, технологічні процеси виготовлення деталей, складання виробів, конструкторські і технологічні специфікації, проєктні лінії, ділянки виробництва;

- нормативно-довідкова документація, що регламентує зміст, порядок робіт у ТПВ, вимоги, що ставляться до них державними і галузевими стандартами, нормативною документацією підприємства.

Економічний ефект від автоматизованого проектування досягається як внаслідок зниження трудомісткості самого процесу проектування, так і завдяки використанню резервів у технологічних процесах, таких як підвищення якості виробів, зменшення витрат інструментів, зменшення відходів і т. п., а також внаслідок оптимізації прийнятих рішень, таких як оптимізація розподілу припусків.

Економічний ефект від АСТПВ визначається шляхом зіставлення витрат на створення системи і річних експлуатаційних витрат на роботи з ТПВ до і після впровадження АСТПВ. Економічний ефект може бути визначено внаслідок скорочення циклу СОНТ, а також у сфері виробництва завдяки підвищенню якості продукції і зниженню її собівартості.

Запитання для самоконтролю

1. Що є основною метою створення АСТПВ?
2. Що є основами проектування технологічних процесів (ТП)?
3. Чому процес проектування ТП є ітераційним?
4. У чому суть неавтоматизованого проектування?
5. У чому суть автоматизованого проектування?
6. Яку роль в автоматизованому проектуванні відіграють ЕОМ?
7. Які сучасні системи автоматизованого проектування ви знаєте?
8. У чому різниця між неавтоматизованим проектуванням і автоматизованим проектуванням?
9. Як впливає автоматизоване проектування на роботу технолога?
10. Які показники визначають ефективність функціонування АСТПВ?
11. Завдяки чому досягається економічний ефект при впровадженні АСТПВ?

1.13. Види заготовок для деталей машин

У сучасному виробництві одним із основних напрямків розвитку технології механічного оброблення є використання заготовки з економічно конструктивними формами, яка забезпечує можливість використовувати оптимальні способи їх оброблення, тобто оброблення з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами. Цей напрямок потребує неперервного підвищення точності заготовок та наближення їх конструктивних форм і розмірів до готової деталі, що дасть змогу зменшити обсяг оброблення різанням, у результаті чого підвищиться обсяг виготовлення деталей на тих же машинобудівних площах та знизиться собівартість однієї деталі.

Основними видами заготовок залежно від призначення деталі є:

- відливки із чорних і кольорових металів;
- заготовки із металокераміки;

- ковані та штамповані заготовки;
- заготовки із прокату;
- зварні заготовки;
- заготовки із неметалевих матеріалів.

1. Відливки із чорних і кольорових металів виконуються різними способами. Для заготовок простих форм з плоскою поверхнею при одиничному та дрібносерійному виробництвах використовують лиття у відкриті земляні форми, для великих заготовок – лиття в закриті форми. Ручне формування в опоках за моделями або шаблонами використовують для дрібних і середніх відливок деталей, які мають форму тіл обертання. В серійному та масовому виробництвах використовують машинне формування за дерев'яними або металевими моделям. Відливки складної конфігурації виготовляють у формах, які збирають із стрижнів за шаблонами та кондукторами.

2. Ковані та штамповані заготовки можна виготовляти:

- на кувальних молотах;
- на кувально-штампувальних молотах;
- на кривошипних гарячештампувальних пресах;
- на гідравлічних кувальних пресах;
- на горизонтально-кувальних машинах;
- на ротаційних і радіально-кувальних машинах.

За технологічними ознаками кування і штампування може бути гарячим, холодним, листовим.

Вільне кування – це метод отримання заготовок тиском без застосування будь-яких підкладних або закритих штампів. Воно здійснюється на молотах і пресах. Вільним куванням можна отримувати заготовки простої конфігурації вагою від 350 г до 250 т. Вільне кування зазвичай застосовується в одиничному та дрібносерійному виробництвах, а великі поковки – в усіх видах виробництва. Матеріал – вуглецеві і леговані сталі та спеціальні сплави. Найменша товщина стінок поковки – 3...5 мм, а шорсткість поверхонь $R_a = 80$ мкм.

Для серійного і масового виробництв характерним є використання штамповок. Штамповані заготовки застосовуються в тих випадках, коли їх вага менша від ваги заготовки з прокату на 12...15 %.

Найбільш прогресивний спосіб отримання заготовок методом штампування – оброблення на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ). Використовується в умовах серійного виробництва для заготовок середньої складності вагою 0,1...100 кг, $R_a = 80$ мкм.

Для малосерійного виробництва заготовки середньої складності масою до 100 кг (вуглецеві, леговані сталі, спецсплави) отримуються куванням на молотах і пресах з підкладними штампами. При цьому забезпечується також мінімум товщини стінок і шорсткість, як і при вільному куванні (3...5 мм, $R_a = 80$ мкм).

Деталі типу важелів, фланців, шатунів, ступінчастих валів в умовах серійного виробництва виготовляють у вигляді поковок на молотах і гарячештампувальних пресах. Вага – до 200 кг, $R_a = 40 \dots 80$ мкм. Виробництво серійне.

У 2...3 рази продуктивнішим за штампування на молотах є штампування на кривошипних пресах. Воно також забезпечує припуски на 20...35 % менші, ніж на молотах. Проте воно все-таки дещо менш продуктивне, ніж штампування на ГKM.

В умовах великосерійного і масового виробництв для заготовок малих і середніх деталей використовують штампування в закритих штампах.

3. Заготовки з прокату. Прокат буває круглий діаметром 5...250 мм; квадратний зі стороною квадрата 5...250 мм; шестигранний прокат з розмірами під ключ 8...100 мм; прокат у вигляді смуг різної товщини і розмірів (ширина – 11...200 мм, товщина – 4...60 мм); труби безшовні і спеціальні; дріт, листовий прокат і прокат спеціальної форми.

Заготовку з прокату вибирають тоді, коли конфігурація деталі відповідає якому-небудь з видів сортименту. З прокату в основному виготовляють такі деталі: пальці, штовхачі, клапани, ролики, кріпильні деталі, ступінчасті вали і т. п. (масове, серійне, одиничне виробництва). Ступінчасті вали рекомендують виготовляти з прокату тоді, коли $d_{\max} - d_{\min} = 30 \dots 40$ мм.

4. Зварні заготовки.

У багатьох галузях промисловості широко використовують комбіновані зварні деталі, які складаються з окремих заготовок, виконаних із застосуванням різних технологічних процесів, а іноді і різних матеріалів. Зварні деталі є економічними при будь-якому типі виробництва, у разі виготовлення складних, великогабаритних деталей, отримання яких як єдине ціле здорожує оснастку, збільшує обсяг механічного оброблення, знижує якість і точність виготовлення. Багато деталей сучасного машинобудування і хімічної промисловості (вали і ротори, диски, котли, газгольдери тощо), що потребують застосування елементів великих перерізів, для зменшення обсягу механічного оброблення і зниження собівартості виготовляють зазвичай за зварним варіантом. Однак розчленування великогабаритних деталей на кілька частин не завжди є доцільним. Іноді в результаті розчленування зменшується жорсткість конструкції, збільшується витрата матеріалу на її виготовлення.

1.14. Вибір методу отримання заготовки

Вибирати заготовку означає:

- визначити метод отримання заготовки;
- призначити припуск на оброблення кожної поверхні;

- визначити розміри заготовки;
- призначити відхилення на розміри заготовки.

У машинобудуванні існують такі види заготовок: прокат; відливки чорних і кольорових металів; штамповки; поковки; зварні заготовки; заготовки з неметалів.

На вибір методу отримання заготовки впливають такі фактори: тип виробництва; матеріал деталі; розміри деталі.

Раціональним вибором заготовок передбачається:

- застосування заготовок, близьких за формулю і розмірами до готової деталі (виливки, гаряче- і холодноштамповані, штампозварні і штамповиливані заготовки, профільний прокат);
- заміна декількох деталей однією монолітною шляхом її виливання або штампування;
- скорочення кількості поверхонь, що піддаються механічному обробленню.

При проєктуванні деталей, що виготовляються з прокату, за можливістю необхідно зберігати без оброблення всі неробочі поверхні, наприклад діаметри головок і буртиків тіл обертання (валів, втулок тощо), невідповідальні поверхні прямокутних деталей (корпусів, плит).

При проєктуванні деталей зі штампованих або виливаних заготовок бажано залишати без оброблення всі неробочі поверхні. Це є особливо важливим для виливаних заготовок, в яких внутрішні шари металу менш міцні і зняття з зовнішнього шару знижує міцність деталі.

Якщо на кресленні деталі зазначеним матеріалом є вуглецева або легована сталь, то заготовки з цих матеріалів отримують ковальським способом (рис. 1.10, 1.11) або із прокату (рис. 1.12, 1.13).

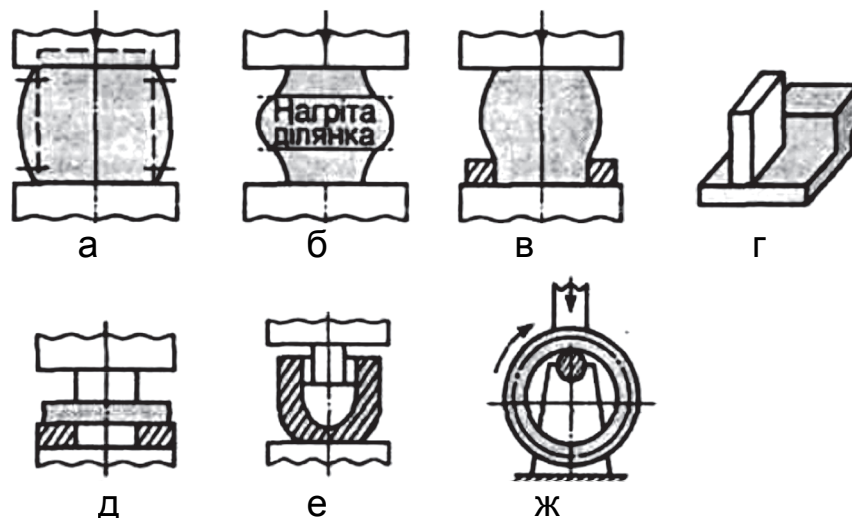


Рис. 1.10. Види ковальських операцій: а – осаджування; б, в – в'исаджування з місцевим нагріванням і підкладним кільцем; г – витягування; д, е – прошивання отворів; ж – розкочування

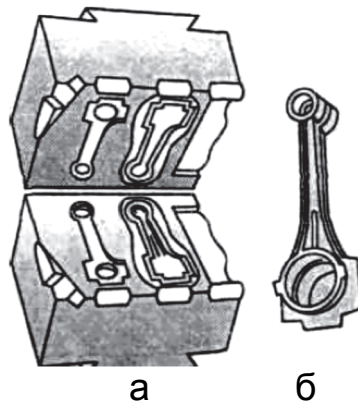


Рис. 1.11. Штамп (а) і заготовка (б)

Якщо ж зазначеним матеріалом є лита сталь, чавун, кольорові сплави (бронза, силумін і т. д.), то заготовки отримують методом лиття.

Поковки, штамповки та прокат одержують обробленням металів тиском. В одиночному та малосерійному виробництвах поковки одержують куванням на молотах або пресах. Кування металу в одиночному виробництві є одним з основних технологічних процесів, який за цих умов вигідно відрізняється від оброблення різанням високою продуктивністю, раціональним використанням металу. Деталі, виготовлені куванням, мають підвищені механічні властивості. Розрізняють кування ручне та машинне. Кування складається з приготування вихідного металу, нагрівання і формоутворення його, оброблення поковки.

Операції, показані на рис. 1.10, виконують із використанням різноманітних ковальських інструментів. Поковки, одержані в штампах, називають *штамповками*, а процес — *штампуванням*. Суть штампування полягає в тому, що заготовку розташовують у штампі (див. рис. 1.11), де під тиском вона заповнює порожнини штампа, набуваючи потрібної форми.

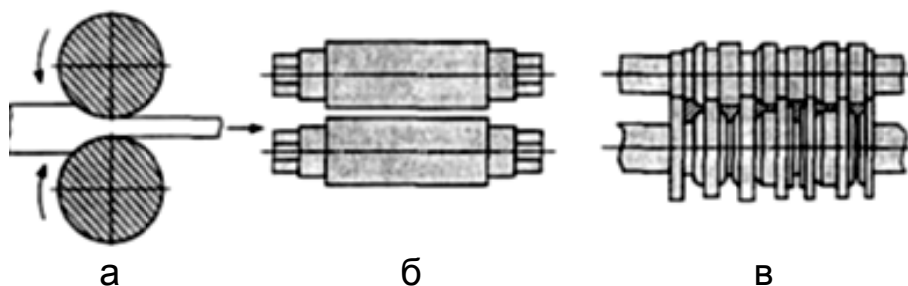


Рис. 1.12. Прокатні валки: а – схема; б – для листового прокатування; в – для профільного прокатування

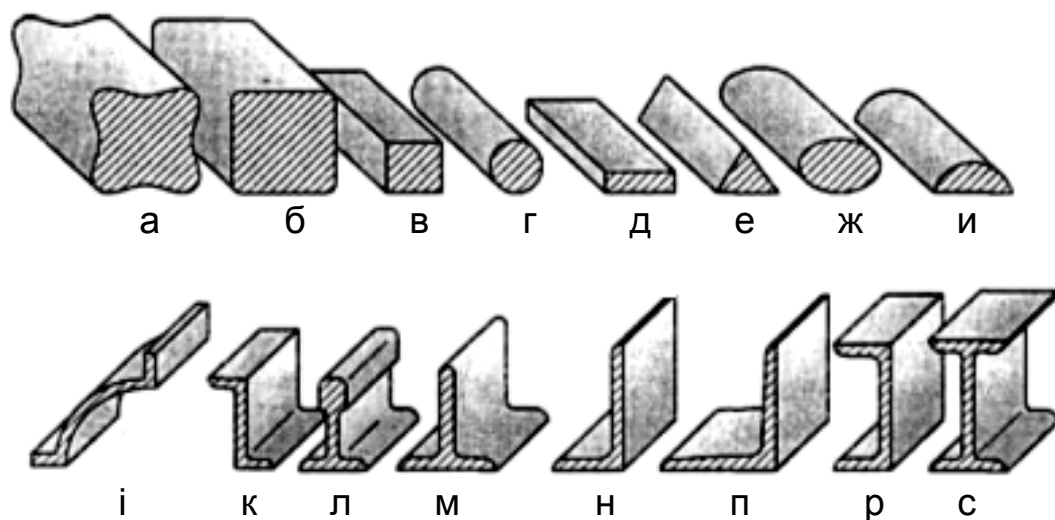


Рис. 1.13. Профілі прокатного виробництва: а – квадратний з закругленими кутами та вгнутими гранями; б – квадратні з закругленими кутами; в – квадратний; г – круглий; д – штабовий; е – трикутний; ж – овальний; и – напівкруглий; і – колонний; к – зетовий; л – рейковий; м – тавровий; н – нерівнобокий кутник; п – рівнобокий кутник; р – швелер; с – двотавровий

Слід розрізняти два основні види штампування: об'ємне та листове. Об'ємне гаряче штампування є основним способом виготовлення деталей. Воно має переваги перед куванням — вищу продуктивність завдяки одночасному деформуванню металу в кількох напрямках, що дає змогу виготовляти складні за формою вироби робітнику невисокої кваліфікації.

Завдяки підвищеній точності оброблення штамповок порівняно з поковками можна в 2...3 рази зменшити припуски, причому остаточне оброблення значно зменшується. Штампи — досить дороге оснащення, тому штамкують, коли треба виготовити значну кількість однакових деталей, тобто використовують для середньосерійного, великосерійного та масового виробництва.

Для виготовлення складних фасонних внутрішніх порожнин штамів застосовують електроіскровий та інші електричні способи оброблення. Розрізняють штампи відкриті і закриті. У відкритих штампах метал має вихід в облоиний рівчак, а в закритих він деформується в закритому об'ємі, і штампування називається *безоблойним*.

Керуючись кресленням, технолог уточнює спосіб отримання заготовки залежно від форми і розмірів деталі, передбачаючи як можна більшу економію засобів і часу на виготовлення заготовки. Вартість заготовок залежить від методу їхнього виробництва і, в основному, від вартості оснащення, необхідного для їхнього виготовлення. Тому вибір заготовки багато в чому залежить від масштабу виробництва.

Для того щоб оцінити, який з методів отримання заготовки є найбільш економічним, необхідно виконати порівняння декількох варіантів

отримання заготовки.

Оцінювання виконують за двома показниками:

- собівартістю виготовлення;
- коефіцієнтом використання матеріалу

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}},$$

де $M_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$M_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг.

Коефіцієнт використання матеріалу для кожного методу отримання заготовки не має перевищувати певної величини. Так, для лиття – 0,85...0,9; для штампування – 0,75...0,85; для кування – 0,6...0,7; для прокату – 0,5.

Собівартість виготовлення заготовки розраховують за формулою

$$C_{\text{заг}} = B_{\text{заг}} \cdot C_i - (B_{\text{заг}} - B_{\text{дет}}) C_{\text{від}},$$

де $B_{\text{заг}}$ – вага заготовки, кг;

C_i – вартість 1 кг заготовки, грн;

$B_{\text{дет}}$ – вага деталі, кг;

$C_{\text{від}}$ – вартість відходів (стружки), грн.

Найбільш вагомий показник – це собівартість заготовки.

Запитання для самоконтролю

1. Загальні відомості про заготовки.
2. Коротка характеристика способів одержання заготовок.
3. Підготовка заготовок до механічного оброблення.
4. Визначення виду заготовок і засобів їх виготовлення.
5. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.
6. Як ви вважаєте, чи впливає точність поверхонь деталі на розмір заготовки?
7. На вашу думку, чи впливає якість поверхонь деталі на розмір заготовки?

1.15. Основні вимоги до заготовок

Крім мінімальної металомісткості і трудомісткості до заготовок ставлять низку вимог з погляду їх подальшої механічної обробки. До таких вимог належать: мінімальні припуски на оброблення; раціональне розташування ливарних і штампувальних ухилів; підвищена точність розмірів; мінімізація або повне усунення дефектних шарів та ін.

Мінімізація припусків зменшує кількість проходів і переходів механічного оброблення і тим самим знижує її вартість.

Штампувальні та ливарні ухили обмежують можливість використання окремих поверхонь заготовки як технологічних баз при механічному обробленні, знижують точність оброблення. Відповідним вибором способу отримання заготовки конструктор може створити найбільш прийнятну її форму, що дає змогу здійснити механічне оброблення з найменшими трудовитратами. Основною вимогою при цьому є таке розташування площини рознімання штампа або ливарної форми, при якому настановні поверхні заготовки будуть позбавлені ухилів і слідів розніму.

Точність розмірів заготовок, які одержують різними способами, коливається від сотих часток до декількох десятків міліметрів. Природно, при цьому прагнуть отримати точність заготовки, максимально наближену до вимог креслення готової деталі. У цьому випадку іноді вдається обійтися без механічного оброблення. Особливо зростають вимоги до точності заготовок і стабільності розмірів при обробленні їх на пруткових автоматах, верстатах типу «обробний центр», у гнучких виробничих системах, робототехнічних комплексах та ін. Низька точність заготовок в автоматизованому виробництві часто є причиною відмови складних систем і ліній. Тому точність заготовок перед запуском їх для оброблення в автоматизованому виробництві часто доводиться підвищувати шляхом попереднього оброблення базових поверхонь.

Наявність дефектного шару на поверхні, що підлягає механічному обробленню, з одного боку, призводить до збільшення припусків, з іншого – до зниження стійкості різального інструменту. Дефектний шар у чавунних виливків, які одержують у піщаних формах за дерев'яними моделями, становить 1...5 мм, у поковок – 1,5...3 мм, у штампованих поковок – 0,5...1,5 мм, гарячекатаного прокату – 0,5...1,0 мм. Без урахування впливу перелічених вище факторів на наступне механічне оброблення неможливо кваліфіковано вибрати спосіб отримання заготовки.

Під час виготовлення заготовок можуть виникати дефекти, які погіршують їх якість. Бракованими заготовками є такі, які не задовольняють вимоги стандартів або технічні вимоги. Залежно від виду заготовок в них можуть виникати типові дефекти, наприклад, у ливарному виробництві — газові, земляні та усадкові раковини, шлакові включення, тріщини, нещільність, пористість, спай, недолив, перекіс, різностінність, короблення, ліквация, відбілювання чавуну.

У процесі оброблення металів тиском у поковках і штамповках можуть з'являтися внутрішні та зовнішні тріщини, зміщення верхньої частини відносно нижньої, раковини, недостатнє заповнення порожнин; у прокаті — тріщини, пухкість, раковини, неправильна геометрія профілю, риски, волосовини тощо. Дефектами заготовок є шви у вигляді незварених місць, різні підрізи, пропали, пористість, зовнішні тріщини, неправильна форма шва, нещільність з'єднання, недостатня міцність тощо. Для

уникнення браку необхідно дотримуватися технологій виготовлення заготовок, витримувати потрібну температуру нагрівання та контролювати якість вихідних матеріалів, сировини, інструментів і пристроїв.

Перед направленням у механічний цех заготовки попередньо обробляють. Литі заготовки очищають від окалини і залишків формувальної землі, з них дрібні й середні очищаються зазвичай в обертових барабанах, великі – пневматичним інструментом, переносними шліфувальними машинами. У ливарних цехах є також відділення для обдирної обробки заготовок різанням і шліфуванням.

Виливки, а також поковки і штамповки з високовуглецевих сталей (0,5 %) піддають термічному обробленню (відпалу або нормалізації), щоб вирівняти структуру металу і зняти внутрішні напруження. Після термооброблення ці заготовки доцільно очистити струменем рідини, що складається з кальцинованої соди, абразиву та води.

Заготовки з прокату перед механічним обробленням часто піддають правці, яка виконується на спеціальних пресах або на правильно-калібрувальних верстатах. Точність редагування – 0,05...0,15 мм на довжині 1 м. Правка заготовок з перерізом до 100 мм виконується в холодному стані, при більшому перерізі – з попереднім підігріванням. Прутковий матеріал ріжуть ножівкою з механічним приводом, а краще на токарних, фрезерних або верстатах з дисковими пилками.

Сталеві прутки, які мають значну твердість, розрізають абразивними кругами, а також застосовують анодно-механічне або електроіскрове різання. Способи газового і електричного розрізання широко використовуються при різанні листового матеріалу, причому процес різання автоматизується.

Підготовка заготовок для оброблення на металорізальних верстатах полягає у тому, що заготовкам надається такий стан або вигляд, при якому можна виконувати механічне оброблення. Підготовка має різний характер залежно від типу заготовок і проводиться у тих цехах, де виготовляються заготовки.

Суть механічного оброблення полягає у поступовому уточненні параметрів заготовки шляхом видалення з її поверхонь певного шару матеріалу.

Шар металу, що видаляється під час оброблення деталі, називається *припуском*. Поверхні, що не підлягають обробленню, припусків не мають.

Завищені припуски приводять до такого:

1) видаленню найбільш зносостійких поверхневих шарів оброблюваної деталі;

2) введенню додаткових переходів, що збільшують трудомісткість процесів оброблення.

Заниження припусків на оброблення:

1) не забезпечує можливості видалення дефектів на поверхні (раковини, тріщини);

2) не забезпечує отримання необхідної точності і шорсткості оброблюваної поверхні.

Величина припуску, що знімається, залежить від вимог креслення до поверхні, її розміру, способу виготовлення вихідної заготовки.

Чим точніше вимоги креслення до поверхні, тим більше способів оброблення треба використати для їх забезпечення (більш насичений МОП), що визначає трудомісткість виготовлення деталі, коефіцієнт використання матеріалу заготовки, надійність технологічних процесів, собівартість деталі тощо. Іноді виготовлення складних заготовок з економічних і технічних причин є недоцільним. Форма заготовки в таких випадках істотно відрізняється від форми деталі.

Доданий до заготовки матеріал для спрощення її виготовлення називається *напуском*. Прикладом може бути заготовка колінчастого вала (рис. 1.14).

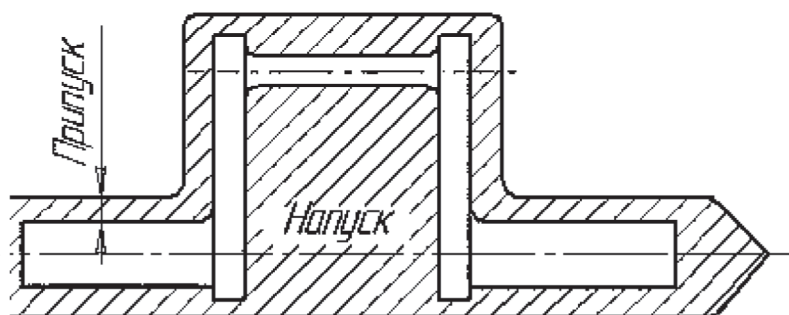


Рис. 1.14. Заготовка колінчастого вала, що виконана з напуском

Напуски найбільш часто мають місце у заготовок, виконаних із прокату. У той самий час поняття «напуск» існує практично для всіх випадків оброблення поверхонь 2-го і наступних рангів (свердлення отворів, фрезерування пазів, протягування шліців тощо).

Основною ознакою напуску є те, що при його видаленні змінюються не тільки розмір поверхні, а й її форма.

Установлення оптимальних припусків на оброблення і технологічних допусків на розміри заготовок має досить істотне техніко-економічне значення при розробленні технологічного процесу на виготовлення деталі.

Існує два способи визначення припусків:

- 1) статистичний (табличний);
- 2) розрахунково-аналітичний.

За першим методом загальні і проміжні припуски беруть з таблиць, які складаються на основі узагальнення і систематизації виробничих даних передових заводів. Недоліком цього методу є те, що припуски призначаються без урахування конкретних умов побудови технологічних процесів. Так, загальні припуски призначаються без урахування маршруту певної поверхні, а проміжні – без урахування схеми установлення і похибки попереднього оброблення.

За другим методом величина проміжного припуску має бути такою, щоб при його знятті усувалися похибки оброблення і дефекти поверхневого шару, отримані на попередньому переході, а також похибки на виконуваному переході. Цей метод базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу, він виявляє можливості економії матеріалу і зниження трудомісткості механічного оброблення.

Розрізняють припуски: проміжні (операційні) і загальні.

Проміжним припуском називається шар металу, що видаляється при виконанні окремого переходу, його величина визначається як різниця розмірів, отримана на суміжному попередньому переході і виконуваному технологічному.

Загальним припуском називається сума проміжних припусків і визначається як різниця розмірів заготовки і готової деталі.

За розташуванням припуски поділяють на симетричні й асиметричні.

Симетричні припуски завжди мають місце при обробленні зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання, а також при обробленні паралельних протилежних площин поверхні.

Асиметричні припуски мають місце при різній величині їх на протилежних гранях, оброблення яких виконується послідовно.

Припуски вибирають відповідно до стандартів, для табличного призначення:

- це припуски на оброблення заготовок із сірого чавуну;
- припуск на оброблення заготовок зі сталевих литва;
- припуски на оброблення заготовок, отриманих із прокату;
- припуски для поковок, отриманих на молотах;
- припуски для штамповок;
- припуски для прокату.

Величини припусків на оброблення і допуски на розміри заготовок залежать від низки факторів, ступінь впливу яких різна. До таких факторів належать:

- матеріал заготовки;
- конфігурація і розміри заготовки;
- вид заготовки і спосіб її виготовлення;
- вимоги щодо механічної обробки;
- технічні умови щодо якості і класу шорсткості поверхні і точності розмірів деталі.

Загальний (сумарний) припуск складається з таких основних величин:

- товщини дефектного поверхневого шару, що підлягає зніманню за перший прохід різального інструменту;
- суми припусків на усі проміжні операції, що враховують вплив низки факторів (похибки форми, просторові відхилення, похибка установлення, операційні допуски на розміри, клас шорсткості поверхні тощо);

– величини негативного відхилення від нормального розміру заготовки (якщо таке передбачено).

Запитання для самоконтролю

1. Як ви вважаєте, чи впливає точність поверхонь деталі на розмір заготовки?
2. На вашу думку, чи впливає якість поверхонь деталі на розмір заготовки?
3. З якою метою виконується попереднє оброблення заготовки?
4. Які способи попереднього оброблення заготовок здійснюють на машинобудівних підприємствах?
5. Які способи попереднього оброблення заготовок здійснюють при занадто високій твердості матеріалу?
6. Поясніть, як класифікують види заготовок.
7. З'ясуйте, якими методами можна виготовити заготовки.
8. Поясніть, що таке штамповка.
9. Поясніть, які види прокату ви знаєте та на якому обладнанні його одержують.
10. Поясніть, які ви знаєте типи дефектів заготовок.
11. Суть механічного оброблення.
12. Від чого залежить величина припуску, що знімається?
13. До чого приводять завищені припуски?
14. До чого приводять занижені припуски?
15. Що називають припуском?
16. Який припуск називають загальним?
17. Які існують способи визначення припусків?
18. Який припуск називають операційним?

1.16. Методи визначення припусків на оброблення

Розмір припуску можна визначити такими основними методами:

- 1) дослідно-статистичним;
- 2) інтегрально-аналітичним;
- 3) розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована;
- 4) визначення припусків при проведенні розмірного аналізу.

Суть дослідно-статистичного методу полягає в тому, що загальний або операційний припуск визначають за таблицями, що складені на підставі оброблення статистичних даних, зібраних на багатьох підприємствах і систематизованих у вигляді стандартів (ДСТУ), методичних рекомендацій тощо.

Прикладами таких таблиць є таблиці у стандартах на виливки з металів та сплавів, поковки сталі штамповані, таблиці припусків у довідниках тощо.

Цей метод можна використовувати за такими варіантами:

1-й варіант – за таблицями визначають загальний припуск.

На підставі загального припуску визначають розмір поверхні заготовки, а також поділяють цей загальний припуск на операційні.

При цьому необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

а) якщо загальний припуск видаляється за дві операції, тоді

$$Z_1 = 70 \% Z_{заг}, Z_2 = 30 \% Z_{заг};$$

б) якщо загальний припуск видаляється за три операції, тоді

$$Z_1 = 60 \% Z_{заг}, Z_2 = 30 \% Z_{заг}, Z_3 = 10 \% Z_{заг}.$$

2-й варіант – за таблицями визначають операційні припуски, а потім, складаючи їх, знаходять загальний припуск для певної поверхні і визначають розмір заготовки.

Переваги дослідно-статистичного методу:

- простота розрахунків;
- можливість систематизації і стандартизації припусків.

Недоліки методу:

- припуск визначається без урахування конкретних виробничих умов;
- під час розрахунку припуску не враховуються елементарні похибки оброблення;
- для запобігання можливому браку величина припуску за цим методом виявляється завищеною;
- застосування таблиць позбавляє технолога необхідності аналізувати й удосконалювати технологію виробництва.

Суть інтегрально-аналітичного методу визначення припусків полягає в тому, що величина припуску визначається за емпіричними формулами, які пов'язують його з іншими параметрами оброблюваної поверхні.

Цей метод розрахунку в основному орієнтований на САПР ТП.

Основи розрахунково-аналітичного методу (РАМ) визначення припусків були закладені проф. О. П. Соколовським і набули найбільш повного розвитку у наукових працях проф. В. М. Кована.

Суть цього методу полягає в тому, що мінімальний припуск на оброблення поверхні на певній операції розглядається як сукупність похибок попереднього оброблення, які необхідно виправити.

На підставі цього визначають й інші, розглянуті вище припуски.

Таким чином, РАМ дає змогу враховувати при визначенні припусків конкретні виробничі умови, а тому і знаходити шляхи економії матеріалу.

Найбільш широко використовують цей метод в умовах великосерійного та масового виробництва.

Згідно з методологією розрахунково-аналітичного методу мінімальний операційний припуск $Z_{min i}$ є функцією таких складових:

$$Z_{min i} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi},$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, що сформувалися на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару, що сформувався на попередній операції;

ρ_{i-1} – просторові відхилення форми та взаємного розміщення поверхні відносно технологічної бази, утворені на попередній операції;

ε_{yi} – похибка установлення заготовки на певній операції.

Під дефектним шаром розуміють шар матеріалу заготовки, який розміщений під мікронерівностями і за своїми властивостями внаслідок дії попереднього оброблення (нагрівання, пластичного деформування тощо) відрізняється від властивостей основного матеріалу заготовки. Такий шар матеріалу підлягає видаленню.

Графічне зображення Rz_{i-1} та h_{i-1} показано на рис. 1.15.



Рис. 1.15. Схема розміщення Rz_{i-1} та h_{i-1} на поверхні заготовки

Значення Rz_{i-1} та h_{i-1} практично для усіх видів оброблення (включаючи виготовлення вихідних заготовок) можна знайти у багатьох довідниках та стандартах.

Просторові відхилення форми та взаємного розміщення поверхонь (технологічних баз тих, що обробляють з їх використанням) виникають під час виготовлення вихідної заготовки.

Найбільш поширеними є такі (рис. 1.16):

- короблення площин $\rho_{кор}$, а також торців циліндричних заготовок;
- ексцентриситет циліндричних поверхонь $\rho_{ексц}$, виготовлених у різних частинах штампів, опок тощо;
- зміщення поверхонь $\rho_{зм}$ штампованих заготовок внаслідок зношення штампа тощо;
- відхилення від співвісності центрових отворів $\rho_{зм}$ та викривлення осі $\rho_{к}$ заготовок типу валів.

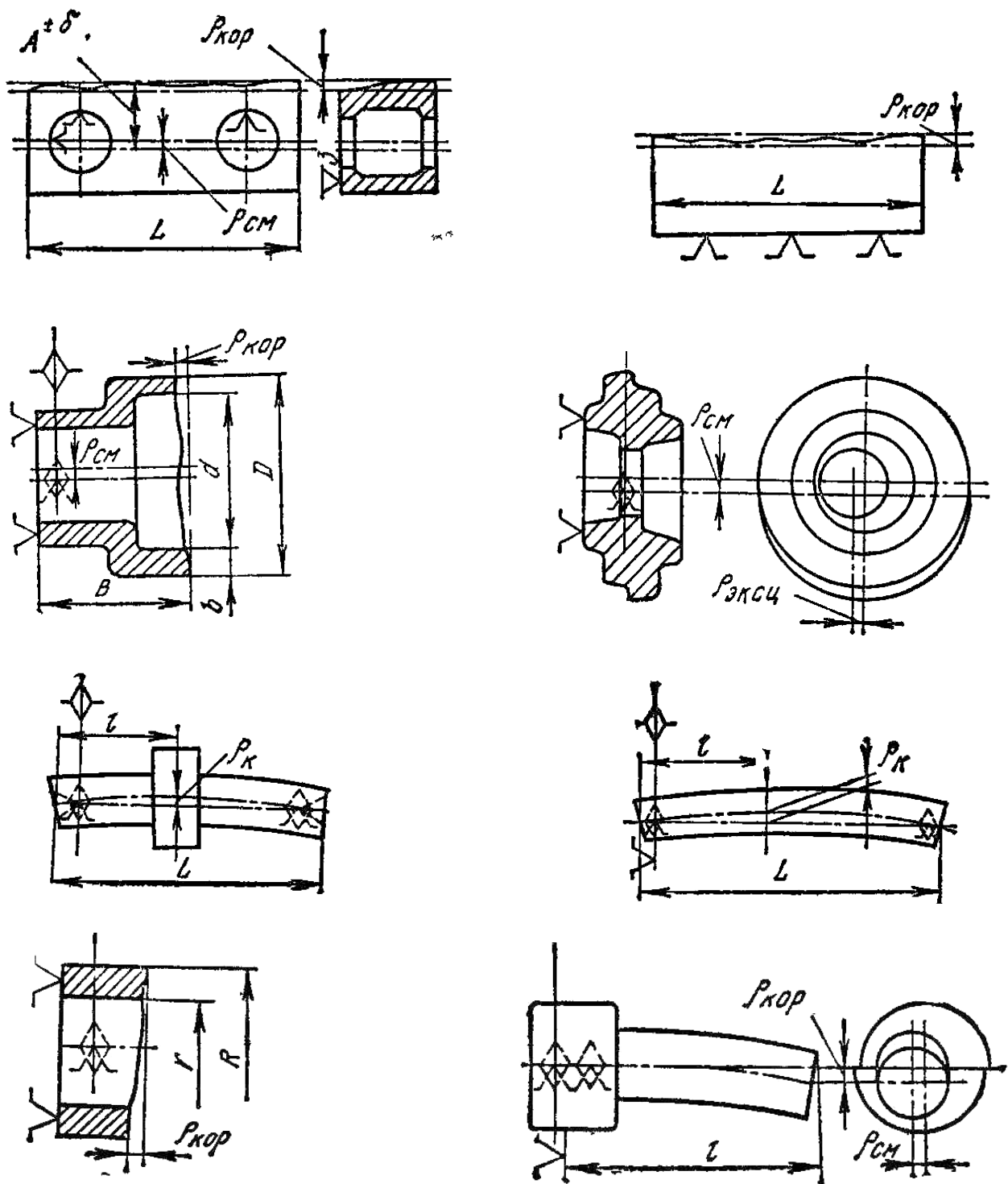


Рис. 1.16. Види просторових похибок поверхонь заготовок

Числові значення окремих похибок беруть з відповідних довідників.

У деяких випадках значення похибки визначають шляхом нескладних розрахунків.

Наприклад, викривлення осі заготовок типу валів визначають на підставі значень питомого короблення Δ_k (викривлення осі на 1 мм

довжини заготовки, мкм/мм) та довжини заготовки L :

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k L.$$

Досить часто має місце одночасно декілька таких похибок, наприклад короблення $\rho_{\text{кор}}$ та зміщення $\rho_{\text{зм}}$. У таких випадках сумарну похибку їх дії визначають за правилом квадратного кореня

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}.$$

Методика визначення первинних просторових похибок та значення їх складових можна знайти у багатьох довідниках.

При обробленні циліндричних заготовок типу втулок необхідно враховувати ексцентриситет між осями зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Тоді (за наявності короблення поверхні)

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{ексц}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}.$$

Похибки просторового розміщення можуть виникати не тільки на етапі виготовлення вихідної заготовки, але й під час виконання першої операції. Наприклад, при встановленні заготовки у призмах на фрезерно-центрувальній операції виникає ексцентриситет осі центрових отворів відносно осі зовнішньої поверхні заготовки (похибка базування у призмах).

При аналітичному розрахунку припусків визначають величини просторових відхилень форми та взаємного розміщення поверхонь для вихідної заготовки $\rho_{\text{заг}}$.

Після виконання першої операції оброблення поверхні значення $\rho_{\text{заг}}$ зменшуються.

Наприклад, у багатьох випадках можна користуватися такими рекомендаціями:

$$\rho_1 = (0,05-0,06) \rho_{\text{заг}};$$

$$\rho_2 = (0,05-0,06) \rho_1.$$

У подальших розрахунках значення ρ зазвичай до уваги не беруть.

Похибку встановлення ε_{yi} заготовки включають до складу мінімального припуску з урахуванням правил її визначення.

У табл. 1.3 наведено формули для розрахунку мінімальних симетричних та асиметричних припусків для найбільш поширених випадків оброблення поверхонь.

Таблиця 1.3

Формули для розрахунку мінімальних припусків

Вид оброблення	Розрахункова формула
Послідовне оброблення протилежних або окремо розміщених поверхонь	$Z_{min\ i} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Паралельне оброблення протилежних площин (фрезерно-центрувальна операція)	$2Z_{min\ i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання у патронах тощо	$2Z_{min\ i} = 2\left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$
Оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання у центрах	$Z_{min\ i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1})$
Хонінгування, розвертання розверткою, що плаває, протягування отворів	$2Z_{min\ i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1})$
Суперфінішування, полірування	$2Z_{min\ i} = 2Rz_{i-1}$
Шліфування після термооброблення: - за наявності ε_i - за відсутності ε_i	$Z_{min\ i} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i;$ $2Z_{min\ i} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
	$Z_{min\ i} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1};$ $2Z_{min\ i} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1})$

Запитання для самоконтролю

1. Суть механічного оброблення.
2. Суть дослідно-статистичного методу.
3. Суть інтегрально-аналітичного методу.

4. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків проф. В. М. Кована.

1.17. Засоби визначення припусків на оброблення заготовки за таблицями

У загальному випадку значення розміру припуску для певної поверхні є необхідним для визначення її розміру у стані вихідної заготовки.

З такого погляду технолог повинен мати обґрунтовані підстави щодо розміру припуску на оброблення, який необхідно додати до розміру поверхні деталі, щоб визначити розмір цієї поверхні у вихідній заготовці. Крім того, йому необхідно визначити припуски на реалізацію кожного способу оброблення. Вирішення цього завдання неможливо без класифікації припусків.

У технології машинобудування припуски позначаються літерою **Z**, до якої додають певні позначки, які уточнюють класифікаційні особливості

припуску стосовно певної системи класифікації.

Класифікацію припусків розглянуто у досить великій кількості наукових праць.

На підставі їх аналізу можна зробити таку їх систематизацію:

A – за розміщенням на заготовці: асиметричний; симетричний.

Асиметричний припуск – це припуск, який видаляють з поверхонь типу «площина» послідовно (рис. 1.17, а). Асиметричний припуск позначають літерою **Z**.

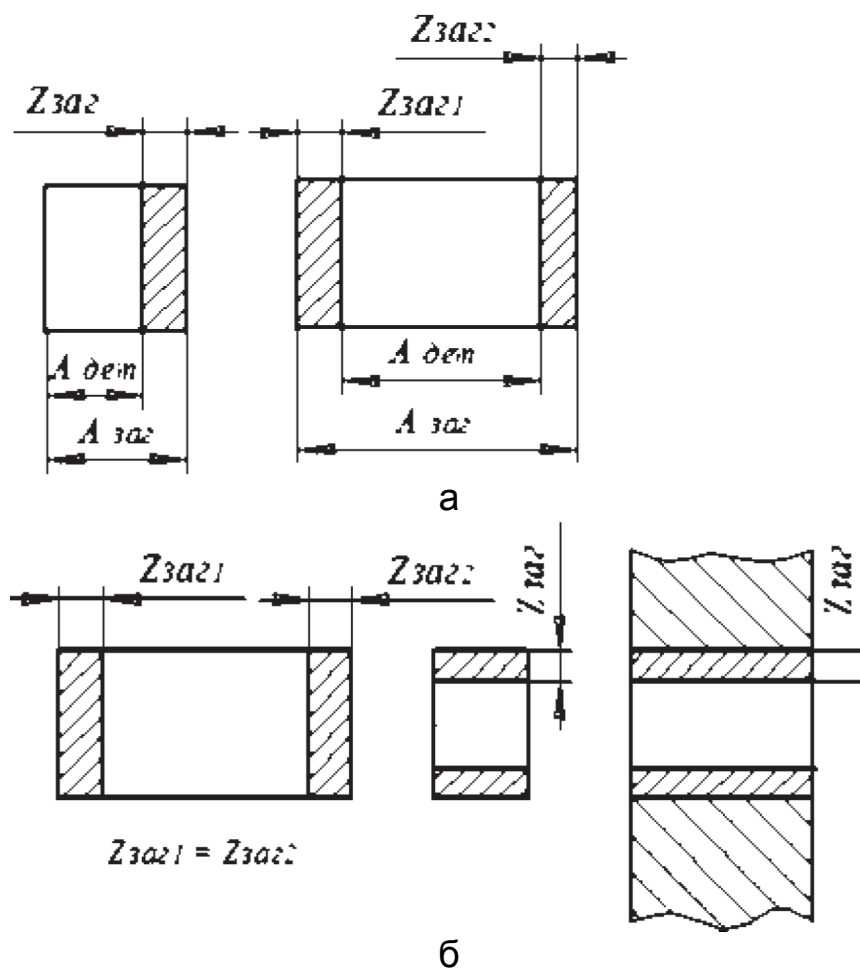


Рис. 1.17. Класифікація припусків: а – асиметричний;
б – симетричний

Симетричний припуск – це припуск, який видаляють при обробленні поверхонь обертання, а також при одночасному обробленні двох протилежних площин (рис. 1.17, б). Симетричний припуск позначають **2Z**.

При цьому передбачають, що при обробленні протилежних площин з кожної з них видаляють однаковий шар матеріалу.

Б – за схемою видалення: загальний припуск; операційний припуск.

Загальний припуск Z_{ag} ($2Z_{ag}$) – це шар матеріалу, який видаляють з поверхні заготовки на всіх операціях оброблення з метою одержання

необхідної форми, розміру і якості поверхневого шару готової деталі.

Операційний припуск Z_i ($2Z_i$) – шар матеріалу, який видаляють в одній i -й операції (переході) оброблення поверхні.

Ці визначення належать як до симетричних, так і асиметричних припусків.

В – за розміром:

- мінімальний Z_{min} ($2Z_{min}$);
- максимальний Z_{max} ($2Z_{max}$);
- номінальний $Z_{ном}$ ($2Z_{ном}$);
- розрахунковий $Z_{розр}$ ($2Z_{розр}$).

Всі ці припуски можуть розглядатися як загальні, так і операційні.

Первинним для всіх за розміром припусків є мінімальний припуск.

Для визначення складу (розміру) інших припусків розглянемо теоретичну схему розміщення на умовній поверхні (типу «площина») припусків та допусків, що призначені для кожного способу оброблення (рис. 1.18).

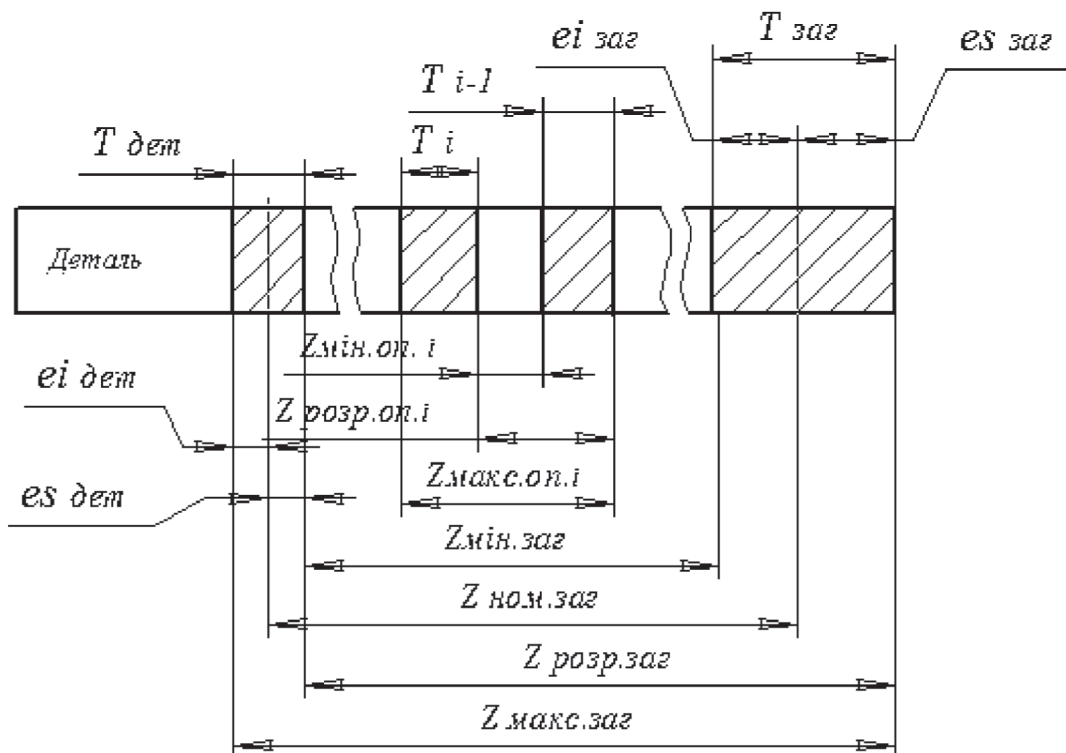


Рис. 1.18. Схема розміщення припусків та допусків на оброблення умовної поверхні типу «площина»

На цьому рисунку позначено: $T_{заг}$ – допуск поверхні у вихідній заготовці; $T_{дет}$ – допуск поверхні згідно з кресленням; T_i – допуск при виконанні оброблення на i -й операції.

Згідно з цією схемою можна дати визначення раніше перелічених припусків за розміром.

Мінімальний загальний припуск $Z_{\min \text{ заг}} (2Z_{\min})_{\text{заг}}$ – це різниця між мінімальним розміром поверхні заготовки та максимальним розміром поверхні за кресленням.

Мінімальний операційний припуск $Z_{\min \text{ оп } i} (2Z_{\min \text{ оп } i})$ – це мінімальний шар матеріалу, який необхідно і достатньо видалити з поверхні при виконанні i -ї операції для компенсації до потрібного рівня (згідно з розміром уточнення ε_i) похибок попереднього оброблення. Мінімальний операційний припуск є основою для визначення значень усіх інших припусків.

Максимальний загальний припуск $Z_{\max \text{ заг}} (2Z_{\max})_{\text{заг}}$ – це різниця між максимальним розміром поверхні вихідної заготовки та мінімальним розміром поверхні згідно з кресленням.

Максимальний операційний припуск $Z_{\max \text{ оп } i}$ при виконанні i -ї операції містить мінімальний припуск на цю операцію та допуски на попереднє і поточне оброблення:

$$Z_{\max \text{ оп } i} = Z_{\min \text{ оп } i} + T_i + T_{i-1}.$$

З погляду технології *максимальний операційний припуск* – це максимальний шар матеріалу, що може бути видалений з поверхні на певній операції. На його підставі визначають кількість робочих ходів (i), необхідних для оброблення поверхні на цій операції:

$$i = \frac{Z_{\max \text{ оп } i}}{[t]},$$

де $[t]$ – максимально допустима глибина різання при видаленні припуску. Кількість робочих ходів використовують для визначення основного часу при поелементному нормуванні.

Розрахунковий операційний припуск $Z_{\text{розр оп } i}$ – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки на певній операції і до якого входять мінімальний припуск та допуск на попереднє оброблення:

$$Z_{\text{розр оп } i} = Z_{\min i} + T_{i-1}.$$

Сума операційних розрахункових припусків складає загальний розрахунковий припуск

$$Z_{\text{розр. заг}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{розр. оп } i}$$

Номінальний загальний припуск $Z_{\text{ном заг}}$ – це різниця між номінальними розмірами поверхні заготовки та поверхні за кресленням.

Номінальний операційний припуск – це різниця номінальних розмірів

поверхні на суміжних операціях її оброблення.

У більшості випадків номінальний операційний припуск $Z_{ном.оп.i}$ дорівнює розрахунковому операційному припуску $Z_{розр.оп.i}$ (крім першої операції), оскільки для основних валів і отворів номінальні розміри є або максимальними, або мінімальними.

Розглянуті види припусків безпосередньо використовують при визначенні як міжопераційних розмірів, так і розмірів заготовки.

Запитання для самоконтролю

1. Що називають припуском?
2. Який припуск називають загальним?
3. Який припуск називають операційним?
4. Який припуск називають максимальним операційним?
5. Який припуск називають максимальним загальним?
6. Який припуск називають мінімальним операційним?
7. Який припуск називають мінімальним загальним?
8. Який припуск називають максимальним номінальним?
9. Який припуск називають номінальним операційним?
10. Від чого залежить величина припуску?
11. Який припуск називають розрахунковим операційним?
12. Які методи визначення припусків ви знаєте?
13. У чому полягає суть визначення припусків за методом проф. В. М. Кована?
14. Який метод визначення припусків є найпоширенішим на виробництві?
15. Який склад мінімального припуску?

1.18. Контроль деталей

Технічний контроль є найважливішою частиною системи керування якістю продукції на машинобудівному підприємстві. Система технічного контролю (об'єкти технічного контролю, контрольні операції і їх послідовність, технічне оснащення, режими, методи, засоби механізації і автоматизації контрольних операцій) є невід'ємною частиною виробничого процесу. Окремі елементи системи розробляються (визначаються) одночасно з розроблення технології виробництва і у обов'язковому порядку фіксуються у відповідній технологічній документації.

У системі технологічної підготовки виробництва технічний контроль є невід'ємною складовою частиною технологічного процесу виготовлення і ремонту виробу і розробляється у вигляді процесу технічного контролю або операції технічного контролю.

Витрати на контроль у деяких галузях перевищують 50 % від собівартості продукції. У металообробній промисловості вони становлять 8...15 % витрат виробництва, причому 90...95 % цих витрат належать до контролю лінійних і кутових розмірів.

Технічний контроль має охоплювати увесь технологічний процес для попередження із заданою ймовірністю пропуску дефектних заготовок, деталей і складальних одиниць при подальшому виготовленні виробів. Крім того, операції технічного контролю мають передбачати отримання інформації для регулювання технологічного процесу.

Метрологія – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності і способи досягнення необхідної точності.

Якість продукції – це сукупність властивостей продукції, зумовлених її здатністю задовольняти певні потреби відповідно до її призначення. Додатковим до якості поняттям є надійність.

Надійність – властивість об'єкта зберігати в часі у певних межах значення усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і в умовах застосування, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування.

До поняття надійність входять безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність залежно від призначення виробу і умов експлуатації. Високу надійність не можна забезпечити без відповідної якості.

Якість продукції характеризується численними параметрами, які оцінюються через вимірювання.

Вимірювання – знаходження значення фізичної величини експериментальним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Похибка вимірювання – відхилення результату вимірювання від дійсного значення вимірюваної величини.

Засіб вимірювання (ЗВ) – технічний засіб, що використовується при вимірюваннях і має нормовані метрологічні властивості.

ЗВ класифікуються на міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні установки і вимірювальні системи.

Міра – ЗВ, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (наприклад, гиря – міра маси; вимірювальний резистор – міра електричного опору; плоскопаралельні міри довжини; кутові міри).

Вимірювальний прилад – ЗВ, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем (наприклад, мікрометр, інструментальний мікроскоп).

Вимірювальний перетворювач – ЗВ, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, оброблення і (або) зберігання, але не здатний до безпосереднього сприйняття спостерігачем (наприклад, індуктивний перетворювач, пневматичний перетворювач вимірювального приладу).

Вимірювальна установка – сукупність функціонально об'єднаних ЗВ (заходів, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів) і допоміжних пристроїв, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем, і розташована в одному місці (наприклад, установлення для вимірювань питомого опору електротехнічних матеріалів, установлення для випробувань магнітних матеріалів).

Вимірювальна система – сукупність ЗВ (мір, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів і допоміжних пристроїв), сполучених між собою каналами зв'язку, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичного оброблення, передачі і (або) використання в автоматичних системах керування.

Метод вимірювань – сукупність прийомів використання ЗВ.

Принцип вимірювання – фізичне явище або сукупність фізичних явищ, які покладені в основу вимірювання певної фізичної величини.

Залежно від кількості отриманих результатів вимірювання поділяють на прямі, непрямі, абсолютні й відносні. Основними методами прямих вимірювань є метод безпосереднього оцінювання і метод порівняння з мірою (диференціальний, зіставлення, збігів, нульовий і заміщення).

Залежно від кількості розмірних параметрів, що одночасно визначаються, методи і засоби поділяють на диференційовані (поелементні) і комплексні.

Метрологічні параметри ЗВ: номінальне значення міри, дійсне значення міри, відлік, показання приладу (ЗВ), діапазон вимірювань, межа вимірювань, чутливість вимірювального приладу, нормальні умови застосування ЗВ.

Похибка вимірювання – відхилення результатів вимірювання від дійсного значення вимірюваної величини.

Контроль (технічний контроль) – перевірка відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам.

Вид контролю – класифікаційне групування контролю за певною ознакою.

Метод контролю – правила застосування певних принципів і засобів контролю.

Засіб контролю (ЗК) – технічний пристрій, речовина і (або) матеріал для проведення контролю.

Система контролю – сукупність засобів контролю, виконавчих і певних об'єктів контролю, які взаємодіють за правилами, встановленими відповідною нормативною документацією.

Об'єкт технічного контролю – продукція, що піддається контролю, процеси її створення, застосування, зберігання, технічного обслуговування і ремонту, а також відповідна технічна документація.

Дефект – кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам.

Контролездатність – властивість виробу забезпечувати можливість, зручність і надійність його контролю при виготовленні, випробуваннях, технічному обслуговуванні і ремонті.

Запитання для самоконтролю

1. Короткі відомості щодо метрологічного забезпечення виготовлення виробів.
2. Засоби виробничого контролю.

1.19. Вибір методу вимірювання

Контроль – це перевірка відповідності нормі, що закінчується ухваленням рішення: "відповідає – не відповідає", "придатний виріб – брак" і т. п. Будь-який контроль базується на вимірюванні.

Результат контролю є випадковим, тобто може розглядатися лише з тією або іншою ймовірністю. Контроль може здійснюватися інструментальним або експертним методом. Інструментальний метод контролю називається технічним контролем (ТК). Експертний метод контролю застосовується, коли ТК неможливий або економічно недоцільний.

Різновидом експертного методу є органолептичний контроль, оснований на використуванні органів чуття людини як засоби контролю: дотику, нюху, зору, слуху і смаку. Часто органолептичний контроль поєднується з інструментальним (технічним) і називається *комбінаторним*.

За об'єктами контролю розрізняють контроль:

- якості продукції, товарної і супровідної;
- технічної документації; технологічної дисципліни;
- технологічного процесу;
- засобів технологічного оснащення;
- проходження рекламаций;
- дотримання умов експлуатації;
- кваліфікації виконавців.

За ступенем механізації і автоматизації ТК може бути ручним ($t_p / t_s > 0,5$), автоматизованим (напівавтоматичним) ($0,02 < t_p / t_s < 0,5$) і автоматичним ($t_p / t_s < 0,02$, де t_p – час, що витрачається на ручні операції контролю, t_s – загальний (сумарний) час контролю).

За стадіями створення та існування продукції ТК поділяють на виробничий та експлуатаційний.

Виробничий контроль зазвичай охоплює всі допоміжні, підготовчі і технологічні операції.

Об'єктами експлуатаційного контролю можуть бути експлуатовані вироби і процес експлуатації. Він буває вхідним, профілактичним

(необов'язковим) і поточним (обов'язковим).

За етапами процесу виробництва розрізняють вхідний, операційний, приймальний та інспекційний контроль.

Вхідному контролю піддають сировину, початкові матеріали, напівфабрикати, що комплектують вироби, технічну документацію і т. д., тобто все те, що використовується при виготовленні, ремонті або експлуатації продукції. Ефективність вхідного контролю оцінюється коефіцієнтом

$$k = [n_1 / (n_1 + n_2)] \times 100,$$

де n_1 – кількість виробів, забракованих при вхідному контролі;

n_2 – кількість виробів, забракованих на подальших стадіях технологічного процесу.

Операційний контроль – контроль продукції або процесу під час виконання або після завершення технологічної операції.

Приймальний контроль – контроль продукції (готових виробів, складальних і монтажних одиниць і т. д.), за результатами якого ухвалюється рішення про її придатність до поставок і (або) використання.

Інспекційний контроль – контроль, який здійснюється спеціально уповноваженими особами для перевірки ефективності раніше виконаного контролю. Залежно від того, яка організація уповноважила представника, розрізняють відомчий, міжвідомчий, позавідомчий, державний контроль.

За впливом на об'єкт розрізняють неруйнівний і руйнівний контроль.

Неруйнівний контроль – метод контролю, при якому не порушується придатність об'єкта до застосування.

Залежно від природи фізичних полів і випромінювань види неруйнівного контролю поділяють на дев'ять основних груп: акустичні (методи вільних коливань, резонансні, емісійні, імпедансні, ехоімпульсні, тіньові, велосиметричні та ін.); радіаційні (гамма-випромінювання, бета-випромінювання, нейтронні, позитронні, рентгенівські); оптичні (метод здійсненого, відбитого і власного випромінювання); радіохвильові (здійсненого, відбитого і власного випромінювання); теплові (здійсненого, відбитого і власного випромінювання); магнітні (магнітопорошкові, магнітографи, ферозондові, індукційні); вихорострумові (з прохідними, накладними, екранними і комбінованими перетворювачами); електричні; проникаючих речовин.

Руйнівний контроль – метод контролю, при якому може бути порушена придатність об'єкта до застосування.

За повнотою охоплення контроль може бути суцільним, вибіркоvim, летючим, безперервним і періодичним.

Суцільний контроль – контроль кожної одиниці продукції в партії.

Вибірковий контроль – контроль, при якому рішення про контрольовану сукупність або процес ухвалюють за результатами

перевірки однієї або декількох вибірок. Його приймають при великій трудомісткості контролю, при руйнівних методах, на операціях, які виконуються на автоматичних і потокових лініях, на верстатах з ЧПК, ГПМ, ГАП, ГПС.

Статистичний контроль якості – контроль якості, при якому використовуються статистичні методи.

Статистичний приймальний контроль якості продукції – вибірковий контроль якості продукції, оснований на застосуванні методів математичної статистики для перевірки відповідності якості продукції встановленим вимогам.

Летючий контроль – контроль, що проводиться у випадковий час.

Випадковість обумовлюється раптовістю і незапланованістю контролю в часі.

Безперервний контроль – контроль, при якому надходження інформації про контрольовані параметри відбувається безперервно. Зазвичай такий контроль буває автоматичним.

Періодичний контроль – контроль, при якому надходження інформації про контрольовані параметри відбувається через певні інтервали часу. Період контролю може бути як менше, так і більше часу однієї технологічної операції. При їх рівності періодичний контроль стає операційним (або післяопераційним).

За вживаними ЗК розрізняють вимірювальний, реєстраційний, органолептичний, візуальний контроль і технічний огляд.

Вимірювальний контроль – контроль, який здійснюється із застосуванням засобів вимірювань.

Реєстраційний контроль – контроль, який здійснюється реєстрацією значень контрольованих параметрів продукції або процесів.

Візуальний контроль є органолептичним контролем, який здійснюється органами зору.

Технічний огляд – контроль, який здійснюється в основному за допомогою органів чуття і, у разі потреби, засобів контролю, номенклатура яких визначається відповідною документацією.

За виконавцями контроль підрозділяється на самоконтроль (проводиться робітником, оператором, налагодником); контроль, який виконує майстер; контроль ОТК (здійснюється контролером або майстром ОТК); інспекційний контроль.

За характером дії на перебіг виробничого (технологічного) процесу контроль поділяють на пасивний і активний.

Пасивний контроль здійснюється після завершення або окремої технологічної операції, або всього технологічного циклу виготовлення деталі або виробу.

Активний контроль передбачає використання результатів контролю для коректування виготовлення продукції.

За місцем проведення розрізняють рухомий і стаціонарний контроль.

За кількістю вимірювань розрізняють одноразовий і багаторазовий контроль.

За кількістю контрольованих ознак – контроль хімічних, фізичних, геометричних і функціональних параметрів об'єкта; контроль технічного стану, працездатності, функціонування.

Система засобів виробничого контролю має гарантувати виконання всіх вимог, указаних в кресленнях і технологічних картах. Для цього вони повинні мати необхідну точність, продуктивність і бути пов'язаними з технологічним процесом.

Недостатня точність засобів контролю призводить до підвищення похибок вимірювання, які змушують зменшувати виробничі допуски. Це в свою чергу знижує техніко-економічні показники роботи машинобудівного підприємства, спричиняючи штучне збільшення браку і підвищення собівартості продукції.

Найважливішою умовою, яку мають задовольняти всі засоби виробничого контролю, є забезпечення можливості не тільки визначення остаточної придатності деталі, але й попередження браку. Засоби вимірювання, як і весь технічний контроль, мають бути органічно пов'язані з технологічним процесом виготовлення деталі, що перевіряється.

До засобів контролю, що набули найбільшого поширення в машинобудівному виробництві, належать калібри, контрольні пристрої і прилади.

Ці засоби контролю переважно є спеціальними, призначені для вимірювання певних елементів конкретних деталей безпосередньо в цехових умовах при значному об'ємі їх виробництва.

Калібри належать до безшкальних виробничих вимірювальних засобів, призначених для контролю розмірів, форми і взаємного розташування деталей та їх елементів.

На відміну від вимірювальних засобів, оснащених шкалами, за калібрами не можна визначити числові відхилення величин, що перевіряються.

Калібри поділяють за такими основними класифікаційними ознаками:

- за технологічним призначенням;
- за кількістю одночасно контрольованих елементів;
- за видом контрольованих елементів.

За технологічним призначенням:

- а) робочі калібри;
- б) бракувальні калібри;
- в) приймальні калібри;
- г) контрольні калібри.

За кількістю одночасно контрольованих елементів:

- а) елементні (одиначні) калібри: нормальні; граничні;
- б) комплексні калібри.

За видом контрольованих елементів:

а) калібри для гладких циліндричних деталей: валів, отворів;

б) калібри для довжин і уступів;

в) калібри для нарізних з'єднань;

г) калібри для шліцьових з'єднань;

д) калібри для профільних контурів;

е) калібри для контролю точності взаємного розташування поверхонь.

За технологічним призначенням калібри поділяють відповідно до місця і характеру їх використання. Робочі калібри призначаються для контролю деталей робітниками-операторами під час виконання виробничої операції. Калібри бракувальні призначаються для контролю деталей контролерами відділів технічного контролю заводів-виробників. Приймальні калібри призначаються для контролю деталей органами приймання замовника. Контрольні калібри призначаються для перевірки самих калібрів.

Калібри – робочі, бракувальні і приймальні – не розрізняються за своєю конструкцією. Відмінність між ними полягає у виконанні розмірній зоні стосовно допуску деталі, що перевіряється. Найжорсткішими стосовно допуску, що перевіряється, є робочі калібри, найвільнішими – приймальні калібри. Межі між указаними групами калібрів визначаються відповідними державними стандартами.

За кількістю одночасно контрольованих елементів калібри поділяють на елементні і комплексні.

Елементні (одиночні) калібри призначаються для контролю окремих лінійних розмірів або кутових величин деталей. Елементні калібри можуть бути нормальними або граничними. Нормальні калібри будуються за номінальними креслярськими розмірами деталей. Відхилення контрольованих розмірів при використанні нормальних калібрів визначаються лише на підставі суб'єктивних відчуттів особи, що обмежує їх застосування. Граничні калібри обмежують крайні розміри деталей, поділяючи їх на три групи: придатні, брак по переходу за верхню межу допуску, що перевіряється, і брак по переходу за нижню межу допуску. Застосування граничних калібрів не потребує високої кваліфікації і значно підвищує об'єктивність процесу контролю. До елементних калібрів належать скоби, пробки, пластини, висотоміри і т. п.

Комплексні (складні) калібри призначаються для контролю взаємного розташування поверхонь деталей, обмежуючи переходи за граничний контур деталі, забезпечуючи її складальність і взаємозамінність у вузлі. Таким чином, комплексні калібри за принципом їх побудови є односторонніми. До комплексних належать калібри, які контролюють взаємне розташування деталей складних профілів (нарізних і шліцьових

сполучень), симетричність і співвісність поверхонь, складальність деталей і т. п. Найправильнішим принципом побудови калібрів, який гарантує складальність і взаємозамінність деталей у вузлі, є виконання прохідного калібру у вигляді комплексного, що обмежує одночасно ряд елементів, і непрохідного – у вигляді елементного, що обмежує кожен елемент окремо.

Для того щоб забезпечити зручність, об'єктивність, точність і продуктивність процесу вимірювання деталей, калібри мають задовольняти такі основні вимоги:

1. Робочі вимірювані поверхні калібрів мають бути точно виготовлені і ретельно оброблені; крім того, їх розміри мають перевірятися як після виготовлення калібрів, так і в процесі експлуатації.

2. Конструкції калібрів мають забезпечувати найбільшу їх жорсткість при можливо меншій вазі. Деформації калібрів (особливо скоб) можуть призводити до значних похибок вимірювання. Разом з тим збільшення жорсткості калібрів внаслідок збільшення їх ваги є неприпустимим, оскільки воно супроводжується втратою чутливості в процесі вимірювання.

Застосування легких матеріалів при виготовленні калібрів обмежується можливістю температурних похибок вимірювання внаслідок різниці коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів калібру і контрольованої деталі.

3. Конструкції калібрів мають забезпечувати найбільші зручності і продуктивність процесу контролю. Так, односторонні граничні скоби для перевірки валів доцільніші, ніж двосторонні, нарізні скоби – ніж кільця, і т. п.

4. Калібри повинні мати найбільшу стійкість до зносу. З цього погляду доцільними є регульовані конструкції калібрів. Регулювання положення вимірювальних вставок, роликів і т. п. дає змогу компенсувати знос робочих поверхонь.

Оснащення робочих поверхонь калібрів твердими сплавами дає змогу забезпечити значний ефект у підвищенні стійкості калібрів проти зносу, але при цьому значно ускладнюється доведення калібрів. Разом з тим якість доведення робочих поверхонь калібрів є чинником, що сильно впливає на їх знос, – поверхневі нерівності помітно прискорюють первинний знос калібрів.

Поверхнєве металопокриття (наприклад, хромування) значно підвищує стійкість калібрів не тільки проти зносу, але й проти корозії.

Похибки вимірювання при використанні калібрів можуть виникати з різних причин і перш за все в результаті порушення наведених вимог, що ставляться до калібрів. Основною причиною похибки вимірювання є відхилення у визначенні робочих розмірів калібрів при їх виготовленні та експлуатації. Ці похибки можуть бути особливо значними для комплексних калібрів, виготовлення і вимірювання яких, враховуючи їх складність, бувають достатньо трудомісткими.

Недотримання розподілу на калібри – робочі, бракувальні і приймальні – може привести до неправильного застосування калібрів, коли робітник-оператор виготовить деталь, користуючись зношеним калібром, а контролер її забракує, користуючись новим калібром. Похибка від вимірювального зусилля може бути дуже значною. Для зниження цієї похибки необхідно правильно використовувати калібри, прагнучи до того, щоб вимірювальне зусилля не перевищувало власної ваги калібра.

Одночасно при розробленні конструкції калібра необхідно забезпечувати найбільшу його жорсткість.

Температурні впливи є також можливою причиною похибки вимірювання калібрами. При точних вимірюваннях, особливо при значних розмірах, що перевіряються, для усунення впливу нагріву калібра в руках доцільно передбачати теплоізоляційні ручки або накладки.

При роботі нормальними калібрами, профільними шаблонами та іншими подібними калібрами можливою є похибка вимірювання внаслідок суб'єктивності відчуттів контролера при визначенні придатності деталей – наприклад помилка візуального визначення наявності просвіту при перевірці контуру деталі відносно номінального профілю шаблона.

Калібри є найпоширенішим видом засобів виробничого контролю в машинобудуванні – цим визначається необхідність постійного їх удосконалення у напрямі подальшого підвищення точності, зручності, продуктивності і зносостійкості. Безумовною перевагою застосування калібрів, особливо граничних і комплексних, є надійність забезпечення ними взаємозамінності деталей.

Проте сучасний рівень розвитку машинобудівного виробництва зумовлює необхідність в обмеженні застосування калібрів із заміною їх досконалішими засобами вимірювання – контрольними пристроями, що забезпечують підвищену точність і продуктивність вимірювань. У машинобудуванні значного поширення набули статистичні методи контролю, при яких можливості застосування калібрів доволі обмежені. Непридатними є калібри і при селекційному збиранні методом групового підбору.

Обмежені можливості використання калібрів і при контролі деталей під час оброблення на верстатах, тобто при найбільш прогресивному і перспективному виді контролю, який не тільки забезпечує високу якість готової продукції, але й дає можливість контролю точності технологічних процесів, попереджаючи виникнення браку. У подібних випадках необхідно використовувати засоби виробничих вимірювань підвищеної точності і продуктивності, здебільшого оснащених шкалами, – контрольні пристрої і прилади.

Контрольними пристроями називають спеціально виготовлені засоби вимірювання, що є конструктивним поєднанням базуючих, затискних і вимірювальних елементів.

Під приладами розуміють універсальні виробничі засоби вимірювання, які шляхом додавання простих спеціальних пристроїв

пристосовуються для контролю заданих елементів певних деталей. Тим самим універсальний прилад з додаванням до нього спеціального пристрою перетворюється на звичайний контрольний пристрій.

Пристроями і приладами контролюються різноманітні елементи деталей, вузлів і виробів, наприклад:

а) різні лінійні розміри, зокрема діаметри отворів і валів, особливо за необхідності сортування деталей на розмірні групи в межах заданого кресленням допуску;

б) різні кутові величини;

в) точність взаємного розташування циліндричних, конічних, плоских, криволінійних та інших поверхонь деталей;

г) припуски на механічне оброблення заготовок;

д) правильність складання вузлів і виробів; відповідність їх експлуатаційних якостей заданим технічним умовам і багато інших елементів.

Контрольні пристрої розглядають за такими основними класифікаційними ознаками: за технологічним призначенням, за принципом вимірювальних пристроїв і за ступенем механізації.

1. За технологічним призначенням:

а) пристрої для контролю напівфабрикатів і деталей, заготовок (відливків і поковок), оброблених деталей (при міжопераційному або остаточному контролі);

б) пристрої для контролю правильності оброблення деталей на верстатах;

в) пристрої для контролю правильності налагодження і перебігу технологічного процесу;

г) пристрої для контролю експлуатаційних якостей вузлів і виробів.

2. За принципом вимірювальних пристроїв:

а) пристрої з калібрами (нормальними або граничними);

б) пристрої з відліковими вимірювальними пристроями;

в) пристрої з датчиками, які сигналізують або керують виконавчими органами.

3. За ступенем механізації:

а) ручні контрольні пристрої (одновимірні або багатовимірні);

б) механізовані контрольні пристрої;

в) контрольні напівавтомати і автомати.

За технологічним призначенням контрольні пристрої поділяють залежно від того, в якій стадії технологічного процесу їх використовують і в якому вигляді здійснюють контроль виробу: у вигляді напівфабрикату, тобто заготовки; обробленої деталі; під час оброблення деталі на верстаті; при оцінюванні правильності налагодження і перебігу технологічного процесу або при контролі експлуатаційних якостей зібраних вузлів і виробів.

Контроль під час оброблення значно підвищує продуктивність устаткування, зумовлюючи необхідність частих зупинок верстата для здійснення ручного вимірювання, тобто суміщаючи час контролю з часом оброблення і даючи тим самим можливість широкого упровадження багатOVERSTATного обслуговування.

Пристрої для контролю під час оброблення можуть бути автоматичними і візуальними. Автоматичні вимірники не тільки контролюють деталь під час її оброблення, але й за наслідками цього контролю керують виконавчими органами верстата. Візуальні вимірники дають змогу робітнику-оператору відлічувати розмір оброблюваної деталі за шкалою пристрою.

До активних вимірювальних пристроїв, що дають змогу регулювати виробничий процес і попереджати появи браку, належить група пристроїв для контролю правильності налагодження і перебігу технологічного процесу. До цієї групи належать контрольні пристрої, призначені для перевірки правильності налагодження виробничих операцій, наприклад пристрої з індикаторами або калібрами для установлення різального інструменту на верстатах у певному положенні відносно оброблюваних деталей або пристрої для контролю правильності установлення самих верстатних пристроїв. Подібні контрольні пристрої визначають правильність налагодження технологічних операцій і дають змогу їх регулювати, попереджаючи можливість отримання продукції незадовільної якості. До цієї ж групи належать пристрої для статичного контролю і аналізу якості продукції. До цієї ж групи належать пристрої і стенди для випробування вузлів у зборці в умовах, що наближаються до експлуатаційних (випробування різних насосів на продуктивність; безшумність і плавність роботи вузлів із зубчастими передачами; відкриття клапанів всіляких редукторів при заданому тиску і т. п.), які проводять при режимах (кількості обертів, навантаження, тиск та ін.), заданих технічними умовами креслень.

За принципом вимірювальних пристроїв контрольні пристрої поділяють на конструкції з калібрами, відліковими вимірювальними пристроями і сигналізуючими датчиками або керувальними виконавчими органами.

Вимірювальні пристрої є важливими елементами контрольних пристроїв, які визначають характер і точність вимірювання.

Контрольні пристрій з жорсткими калібрами (рухомими ступінчастими вимірниками, профільними шаблонами, граничними щупами і т. п.), як і калібри, що працюють самостійно, призначено для перевірки граничних розмірів деталей, але не дають змоги визначати числові значення відхилень цих розмірів. Остання обставина виключає їх застосування при перевірці правильності налагодження і перебігу технологічного процесу, зокрема при статистичному контролі.

Контрольні пристрої з калібрами набули широкого застосування при перевірці виливків і поковок.

Відлікові вимірники (індикатори годинникового типу, мініметри, пневматичні мікроміри та ін.), що використовуються в конструкціях контрольних пристроїв, дають змогу визначати дійсні відхилення величин, що перевіряються.

Відлікові вимірники частіше застосовують для контрольних пристроїв.

Пристрої з сигналізуючими датчиками або керувальними виконавчими органами набувають все більшого поширення. Серед них слід зазначити контрольні пристрої зі світловою сигналізацією або, як їх часто називають, «світлофорні» пристрої. Основними перевагами пристроїв цього типу є висока пропускна здатність, точність і об'єктивність результатів вимірювання, а також можливість застосування типових елементів в електричних схемах. Разом з тим, «світлофорні» пристрої забезпечують, як і калібри, лише граничну перевірку придатності деталі. Це виключає їх застосування при статистичному методі контролю і в усіх інших випадках, коли необхідно визначити числові величини відхилень параметрів, що перевіряються.

У пристроях для контролю правильності оброблення деталей на верстатах широко застосовують датчики не тільки для світлової сигналізації, але й для керування виконавчими органами: перемикання верстата з режиму шліфування на режим зупинки верстата.

У контрольних напівавтоматах і автоматах датчики (електроконтакти, пневмоелектричні, електроіндуктивні, фотоелектричні та ін.) також здійснюють функції керування виконавчими органами, пов'язаними із сортуванням перевірених деталей.

Перспективу розвитку мають комбіновані відлікові контактні датчики (електричні, контактно-індуктивні, електроконтактні важелі). Комбіновані датчики дають змогу легко розсортувати брак і значно спрощують налагодження як пристроїв із світловою сигналізацією, так і контрольних напівавтоматів і автоматів.

За ступенем механізації контрольні пристрої поділяють на ручні, механізовані та автоматичні.

Ручними називаються ті пристрої, при роботі на яких всі операції контролю виконуються вручну. Ручні пристрої бувають накладними або стаціонарними, одновимірними або багатовимірними.

Накладні пристрої при вимірюванні встановлюють на деталь, що перевіряється, а стаціонарні – нерухомо стоять на робочому місці, деталь при вимірюванні встановлюють на пристрій.

Одновимірні пристрої призначаються для контролю будь-якого одного розміру деталі, а багатовимірні – для контролю низки розмірів деталі за одне установлення її на пристрій з відповідною кількістю вимірників.

Зручна конструкція багатовимірного контрольного пристрою, що дає змогу за одне установлення деталі великих габаритів і ваги перевіряти значну кількість її розмірів, зазвичай сприяє значному підвищенню

продуктивності контрольних операцій і є простим видом механізації контролю.

Механізовані контрольні пристрої дають змогу навіть простими засобами – шляхом застосування пневматичних, електромеханічних, гідравлічних та інших затискних, приводних і тому подібних механізмів істотно збільшити пропускну здатність пристроїв.

Висока продуктивність контрольних пристроїв пов'язана з вимогою обов'язкового забезпечення підвищеної пропускну здатності процесу контролю деталі згідно з процесом її виготовлення.

Контрольні напівавтомати і автомати мають велике значення при наймасовіших деталях незначної ваги і порівняно нескладної геометричної форми, наприклад кульки, ролики в підшипниковій промисловості, ролики та інші деталі велосипедних ланцюгів, поршневі кільця, тонкостінні вкладиші та інші подібні деталі.

Висока точність подібних деталей, необхідність сортування їх у деяких випадках на розмірні групи методом групового підбору, а також часто нестабільність технологічних процесів потребують обов'язкового проведення 100-відсоткової автоматизації контролю.

Автоматизація остаточного контролю масових деталей забезпечує підвищення якості продукції завдяки заміні суб'єктивних методів вимірювання об'єктивними, підвищення продуктивності контрольних операцій, що дає змогу 100-відсоткової перевірки деталей при меншій кількості контролерів, і, нарешті, підвищення загальної технічної культури виробництва.

Для того щоб забезпечити виробництво досконалими засобами контролю, недостатньо створити якісні конструкції калібрів і контрольних пристроїв. Необхідно розробити і досконалу систему їх експлуатації.

Правильна експлуатація калібрів забезпечується:

- виготовленням калібрів, що мають високу зносостійкість;
- злагодженою організацією служби інспекції калібрів, що працює у виробничих цехах. Усі калібри, що знаходяться на виробничих ділянках, мають періодично піддаватися точній перевірці. Рекомендується така система інспекції і регулярної перевірки:

1. Калібри, виготовлені інструментальним цехом заводу або придбані зі сторони, поступають на центральний інструментальний склад (ЦІС), де зберігаються до отримання вимоги на них від того або іншого цехового складу вимірювального інструменту.

2. Одержавши з ЦІС потрібний інструмент, робітники складу передають його в контрольно-перевірний пункт (КПП), територіально розташований поблизу відповідного інструментально-роздавального складу.

3. КПП присвоює кожному калібру свій індивідуальний порядковий номер і заводить на нього облікову картку-атестат, де записують робочі розміри калібру, границі допустимого його зносу (згідно з державним

стандартом, відомчою або заводською нормаллю) і фактичні розміри на момент вимірювання.

4. Перевірений калібр з КПП повертається в інструментально-роздавальний склад, де на нього заводять індивідуальну експлуатаційну картку.

5. У цій експлуатаційній картці КПП указує періодичність обов'язкової перевірки калібра, тобто час його роботи, після якого калібр має бути примусово вилучений з робочого місця і переданий на періодичну перевірку.

6. Залежно від точності інструменту і його конструкції, що визначає зносостійкість, а також залежно від масштабу виробництва деталей, контрольованих калібром, термін періодичної перевірки може змінюватися від 4 годин до 30 днів.

7. При призначенні термінів періодичної перевірки нового калібра КПП користується дослідними даними щодо зносу аналогічного, вже працюючого інструменту. Терміни перевірки встановлюються через 4 години; 8 годин; 1, 3, 5, 8, 10, 15 і 30 днів.

8. Контролер інструментально-роздавального складу регулярно обходить всі ділянки цеху (виробниче устаткування, робочі місця контролерів ОТК) і виконує на них обміни калібрів в терміни, вказані в експлуатаційних картках.

9. Вилучений з цеху інструмент через склад поступає на чергову перевірку в КПП. Якщо калібр придатний для подальшої роботи, то після відповідних відміток в картках його повертають в комору і при черговому обміні знов передають в цех для подальшої роботи. Якщо ж інструмент виявляється зношеним понад установлену границю, то на нього виписують дефектний листок і через інструментально-роздавальний склад здають в утилізацію або у відновний склад інструментального цеху.

Структурно всі КПП об'єднуються центральною вимірювальною лабораторією (ЦВЛ) заводу. На невеликих машинобудівних підприємствах немає необхідності в створенні мережі КПП; їх функції виконує безпосередньо сама ЦВЛ.

За ступенем автоматизації розрізняють контрольні напівавтомати і автомати.

Контрольний напівавтомат є пристроєм, що виконує високопродуктивне об'єктивне вимірювання, в якому частина операцій (установлення деталей для вимірювання, сортування перевірених деталей та ін.) залишається ручною.

Контрольний автомат – це пристрій, що забезпечує високопродуктивне об'єктивне вимірювання з повною автоматизацією його роботи, починаючи від завантаження деталей і закінчуючи їх сортуванням по групах.

Кожен контрольний автомат є складним пристроєм, що містить низку вузлів: завантажувальний, транспортувальний, вимірювальний,

сортувальний і приймач перевірених деталей.

За принципом вимірювання автомати поділяють на механічні та електричні (електроконтакти, індуктивні, пневмоелектричні, фотоелектричні та ін.).

Починаючи проектування будь-якого із засобів виробничого контролю (калібра, контрольного пристрою або приладу), конструктор має перш за все вибрати найкращий метод вимірювання, врахувавши при цьому всі вимоги, обумовлені характером і точністю елементів, що перевіряються, а також умовами виконання контрольної операції. Ухвалення того або іншого методу вимірювання у кожному конкретному випадку обумовлено вибором не тільки між різними видами засобів виробничого контролю (калібр або контрольне пристрій), але й значною мірою їх конструкцією, похибкою вимірювання і техніко-економічною ефективністю.

Методи вимірювань, які використовуються в машинобудуванні, визначаються за різними ознаками, залежно від яких вони можуть бути абсолютними або відносними; прямими або непрямыми; комплексними або диференційованими; контактними або безконтактними.

Абсолютний метод вимірювання характеризується безпосереднім оцінюванням дійсного значення вимірюваної величини.

Відносний метод вимірювання характеризується порівняльним оцінюванням величин, що перевіряються, відносно дійсних розмірів установів або зразкових деталей. Так, всі контрольні пристрої з вимірювальними пристроями, що настраюються за установками або зразковими деталями, призначені для контролю певних лінійних розмірів деталей, оснований на відносному методі вимірювання.

Контрольні пристрої призначено для перевірки відхилень від заданої геометричної форми – конусності, овальності, огранювання, биття, паралельності поверхонь і т. п., вимірювальні пристрої яких (індикатори, мініметри та ін.) зазвичай не потребують налаштування на нульові поділки, ґрунтуються на абсолютних методах вимірювання.

Таким чином, в конструкціях контрольних пристроїв широко застосовуються як абсолютні, так і відносні методи вимірювань; перші – в основному при перевірці відхилень від геометричної форми, другі – при перевірці дійсних значень лінійних і кутових величин.

Прямий метод вимірювання характеризується безпосереднім оцінюванням значення величини, що перевіряється, або відхилень від неї. Калібри і контрольні пристрої зазвичай будуються на прямому методі вимірювання.

Непрямий метод вимірювання характеризується оцінюванням значення величини, що перевіряється, або відхилень від неї за результатами контролю іншої величини, що знаходиться в певній залежності від тієї, що перевіряється, наприклад контроль конусів за допомогою синусної лінійки. Непрямі методи вимірювання застосовують в універсальних вимірювальних інструментах і приладах, але рідко в

конструкціях калібрів і контрольних пристроїв. При контролі деталей під час їх оброблення іноді доцільними є непрямі методи вимірювань.

Комплексний метод вимірювання характеризується контролем сукупності відхилень різних елементів деталей виходячи з вимог забезпечення складання і взаємозамінності деталей у вузлі.

Диференційований метод вимірювання характеризується роздільною і незалежною перевіркою кожного розміру деталі.

У конструкціях калібрів і контрольних пристроях однаково широко застосовують як комплексні, так і диференційовані методи вимірювань. Вибір між ними визначається умовами вимірювання і технічними вимогами, які ставляться перед конструкціями засобів виробничого контролю.

Калібри для контролю нарізних і шліцьових з'єднань будуються також на комплексних методах вимірювання, які обмежують граничні контури деталей величинами розмірів і розташуванням полів допусків окремих складових елементів.

Комплексний метод вимірювання використовується в більшості калібрів і контрольних пристроїв для перевірки точності взаємного розташування поверхонь та інших подібних елементів деталей виходячи з вимог забезпечення складання вузла.

Диференційований метод широко застосовується в конструкціях як калібрів, так і контрольних пристроїв для перевірки величин окремих елементів. При цьому диференційований метод не дає уявлення про граничний контур деталі, що перевіряється, тобто про сумарну якість її з умов забезпечення складання. Тому диференційований контроль не виключає комплексного методу. При контролі оброблених деталей, тобто перед їх складанням, доцільним є комплексний метод вимірювання для забезпечення складання вузла.

При міжопераційному контролі і перевірці правильності налагодження і перебігу технологічного процесу доцільним є диференційований метод вимірювання, що полегшує аналіз технологічного процесу.

Так, для оцінювання правильності проходження операції нарізання евольвентних шліців на валу доцільно використовувати спеціальну індикаторну скобу з роликami, які вводяться в западини між шліцями, а не комплексне кільце з евольвентними шліцями. У цьому випадку індикаторна скоба дає уявлення про розміри нарізованих шліців, які не можна визначити комплексним кільцем.

Контактний метод вимірювання характеризується безпосереднім контактом вимірювального пристрою з поверхнею деталі, що перевіряється.

Безконтактний метод вимірювання характеризується відсутністю безпосереднього контакту між вимірювальним пристроєм і поверхнею деталі, що перевіряється. Безконтактний метод реалізується за допомогою пневматичних, фотоелектричних і проєкційних вимірників.

Контактні методи вимірювання застосовують при роботі з усіма калібрами, окрім калібрів, що працюють з пневматичними мікромірами. Вони є найпоширенішими в конструкціях контрольних пристроїв. Разом з тим контактні методи вимірювань пов'язані з низкою незручностей, які можуть бути джерелами серйозних похибок.

Кожне контактне вимірювання пов'язане з наявністю певного зусилля з боку вимірювального пристрою на поверхню деталі, що перевіряється. При непостійності вимірювальних зусиль на різних інтервалах вимірювань можуть виходити значні похибки. Це потребує суворої стабілізації вимірювальних зусиль на всьому діапазоні вимірювання. Вимірювальне зусилля не тільки має бути стабільним за величиною, воно має знаходитися у певних межах. Надмірно високі вимірювальні зусилля можуть призводити до пошкоджень поверхонь, що перевіряються, утворюючи на них штрихи і ризики або спричиняючи деформації тонкостінних деталей. Недостатні вимірювальні зусилля також можуть бути джерелами похибок вимірювання.

Кожне контактне вимірювання пов'язане з більш-менш швидким зносом робочих поверхонь вимірювальних пристроїв. Це потребує ретельної і регулярної перевірки всіх засобів виробничого контролю з вживанням оперативних заходів за результатами перевірки: вилучення і своєчасне відновлення зношених калібрів і контрольних пристроїв; регулювання виконавчих розмірів калібрів і контрольних пристроїв, що передбачають можливість подібного регулювання; коректування граничних показань вимірювальних пристроїв зі шкалами, встановлених на контрольних пристроях, і відповідні зміни інструкцій для контрольних пристроїв.

З цього погляду безконтактні вимірювання, які запобігають зношенню контрольно-вимірювальних засобів і виникненню похибок, що виключають завдяки вимірювальним зусиллям, є найдоцільнішими в усіх випадках, коли технічно і економічно виправдовується їх застосування.

При безконтактних (перш за все пневматичних) методах контролю низька якість поверхонь, що перевіряються, сліди механічного оброблення, всілякі нерівності і шорсткості неминуче впливають на появу значних похибок вимірювання. Цим дещо обмежується практичне застосування безконтактних методів вимірювання, при використуванні яких обов'язково слід звертати увагу на чистоту поверхонь деталей, що перевіряються.

Візуальний контроль (зовнішнім оглядом) є поширеним методом контролю деталей, що дає змогу встановити закінченість всіх операцій оброблення, відсутність механічних пошкоджень і недоліків металу, чистоту оброблених поверхонь і т. п. Візуальний контроль знаходить застосування при використанні калібрів і контрольних пристроїв, побудованих на принципі оцінювання світлової щільності або просвіту між

поверхнями вимірника і деталі, що перевіряється, а також при використанні для виробничих вимірювань проєкторів, що дають змогу проєктувати на спеціальний екран збільшений контур деталі, що перевіряється.

А. Методи контролю лінійних розмірів.

1. Контроль валів. Залежно від номінальних розмірів і класів точності діаметри валів необхідно перевіряти універсальними засобами вимірювань, калібрами, контрольними пристроями і приладами.

Універсальні засоби вимірювань (штангенциркулі, мікрометри, індикаторні скоби та ін.) дають змогу визначати дійсні розміри. Проте користування ними дещо трудомістке, потребує навиків і може бути рекомендоване лише для вибіркового вимірювання.

Калібри і контрольні пристрої «світлофорного» типу з датчиками електроконтактів застосовують в усіх випадках, коли не потребується знати дійсні відхилення розмірів, що перевіряються.

За необхідності визначення дійсних величин діаметрів валів, що перевіряються, при сортуванні деталей для складання методом групового підбору та інших подібних цілей для перевірки валів необхідно передбачати контрольні пристрої з індикаторами, мініметрами та іншими вимірювальними пристроями або прилади: пневматичні мікроміри зі спеціальними скобами; контрольно-сортувальні автомати і напіваавтомати.

2. Контроль отворів. Діаметри отворів, як і валів, можна перевіряти універсальними засобами вимірювань, калібрами, контрольними пристроями і приладами.

Серед універсальних засобів вимірювання отворів найбільш поширеними є штангенциркулі, мікрометричні штихмаси та індикаторні нутроміри. Вимірювання штангенциркулем характеризується значними похибками і можливістю перевірки отвору на невеликій глибині, яка обмежується малою довжиною губок.

Зазначені недоліки універсальних засобів вимірювання отворів виключають їх застосування в умовах суцільного 100 % контролю при великосерійному і масовому виробництвах.

У вказаних умовах і за відсутності необхідності визначення дійсних відхилень діаметрів отворів можна застосовувати калібри (прохідні й непрохідні пробки – повні, неповні і листові; штихмаси).

За необхідності визначення дійсних розмірів діаметрів отворів і при сортуванні деталей для складання методом групового підбору необхідно передбачати контрольні пристрої або прилади: пневматичні мікроміри зі спеціальними пробками, різні прості контрольні пристрої з індикаторами годинникового типу, мініметрами і т. п. Контроль усіх інших лінійних розмірів (крім діаметрів валів і отворів) здійснюють принципово подібними ж засобами вимірювання: універсальними інструментами, калібрами, контрольними пристроями і приладами.

Б. Методи контролю точності геометричної форми.

1. Контроль відхилень від правильної циліндричної форми.

Овальність слід контролювати як різницю діаметрів вала або отвору в одному перерізі. У випадках, коли креслення деталі спеціально не обмежує овальності і мається на увазі, що вона допускається в межах повного поля допуску на діаметр, овальність перевіряють одночасно і тими ж засобами, що й безпосередньо діаметри вала або отвору, тобто універсальними засобами вимірювання, калібрами або контрольними пристроями і приладами. У випадках, коли креслення деталі обмежує допустиму величину овальності межами, вужчими, ніж повне поле допуску на діаметр, овальність має бути перевірена або універсальними засобами вимірювання або контрольними пристроями і приладами, оснащеними вимірниками зі шкалами.

Огранювання, що допускається в межах повного поля допуску на діаметр вала, можна виявити калібрами одночасно з перевіркою власне діаметра. Для цього необхідно контролювати діаметр вала прохідним кільцем і непрохідною скобою. В усіх випадках, коли величина огранювання обмежена межами, меншими, ніж повне поле допуску на діаметр вала, дійсна величина огранювання може бути визначена за допомогою контрольних пристроїв або універсальних засобів вимірювань, відповідно для цього оснащених. Дійсну величину огранювання доцільно перевіряти двома способами: у призмі і в отворі кільця. При перевірці огранювання в призмі вісь вимірювального стрижня індикатора або мініметра має прямувати по осі симетрії призми. Проте при обертанні деталі на призмі різниця його показань, що відзначається за шкалою індикатора, не дорівнюватиме величині огранювання, що перевіряється. Між величиною огранювання, що перевіряється на призмі, і показаннями вимірювального приладу існує певна залежність, що враховує кут призми і кількість граней деталі. У середньому для призми з кутом 90° можна вважати, що за індикатором буде відмічена подвоєна величина огранювання. При перевірці індикатором або мініметром огранювання вала, поміщеного в отворі кільця, вимірник відзначає безпосередньо дійсну величину огранювання без додаткових перерахунків. Контроль огранювання в кільці з індикатором більш простий і надійний, ніж в призмі; його недоліками є необхідність передбачати індикаторні кільця на кожен розмір вала і вища трудомісткість операції контролю.

Конусність визначається вимірюванням діаметрів деталі в двох перерізах, розташованих на заданій відстані. Перевірку зазвичай проводять звичайними засобами вимірювання діаметрів вала або отвору, а також різними спеціальними конічними пробками і кільцями.

Бочкоподібність і вгнутість перевіряють вимірюванням діаметрів деталі в трьох перерізах по довжині і визначають за різницею діаметрів в середньому і в крайніх перерізах.

Вигнутість визначають за величиною стріли прогинання осі циліндричної поверхні вала. Величину вигнутості можна перевірити простим пристроєм, що є плитою, площиною якої є рухомий стрижень, переміщення якого передається вимірнику (індикатору або мініметру). Вигнутість можна перевірити також пристроєм, що складається з двох призм та індикатора на стояку, розташованому між призмами.

2. Контроль площинності виконують перевірними плитами або лінійками. Залежно від того, які сформульовані технічні умови креслення деталі, що перевіряється, перевірку необхідно виконати одним з таких методів:

- а) методом плям «на фарбу»;
- б) методом світлової щілини «на просвіт»;
- в) методом лінійних відхилень (за проходженням стрічкового щупа).

В умовах великосерійного і масового виробництва застосовують прості пристрої для контролю площинності, що є лінійкою з індикатором.

Інші можливі відхилення геометричної форми деталей перевіряють різними засобами вимірювання, які відповідають кожному конкретному випадку.

В. Методи контролю точності взаємного розташування поверхонь.

1. Контроль радіального биття. Необхідність перевірки радіального биття часто зустрічається в практиці роботи машинобудівних підприємств.

Найбільш поширені два способи контролю радіального биття: у центрах і на призмах. Вибір між цими двома методами обумовлюється конфігурацією деталі, що перевіряється, і формулюванням відповідних технічних умов, указаних в кресленні.

Слід зазначити, що на результати контролю радіального биття зазвичай впливають відхилення геометричної форми поверхні, по якій виконують вимірювання.

2. Контроль співвісності отворів в основному також обумовлюється відповідним вимогами і формулюванням креслення деталі, що перевіряється.

За відсутності рекомендованої вимоги співвісності отворів або неможливості з тих або інших причин практичного його застосування має бути перевірена дійсна величина неспіввісності.

В усіх випадках необхідності вимірювання дійсної величини неспіввісності отворів слід враховувати, що вона може бути перевірена як радіальне биття, але за величиною відповідає половині дійсної величини радіального биття.

3. Контроль торцевого биття вала. Можливі способи контролю торцевого биття вала, які використовуються при проєктуванні контрольних пристроїв, подано в типових схемах на рис. 1.19.

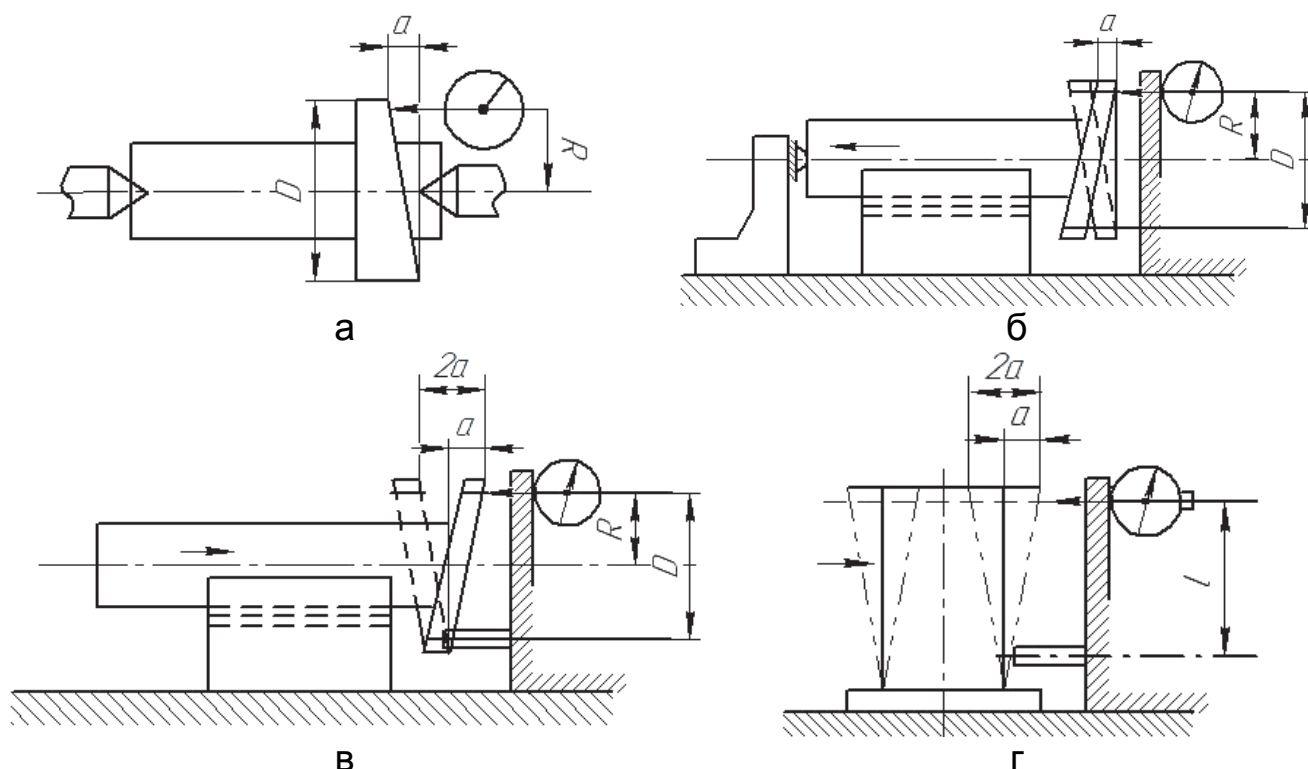


Рис. 1.19. Типові схеми способів контролю торцевого биття вала

Перша схема (рис. 1.19, а) відповідає випадку контролю торцевого биття поверхні, що перевіряється, відносно геометричної осі центрових отворів. На другій схемі (рис. 1.19, б) показано випадок перевірки торцевого биття вала, встановленого циліндричною поверхнею на призмі. Для того щоб виключити осьові переміщення вала під час контролю, передбачається спеціальний упор, розміщений по осі деталі. В обох поданих схемах при обертанні деталі індикатор визначить дійсну величину a торцевого биття на діаметрі D . Третя схема (рис. 1.19, в) відрізняється тим, що вимірювання биття виконується індикатором, розташованим на радіусі при одночасному контакті торця деталі з упором на тому ж радіусі, але в діаметрально протилежній точці. Як видно зі схеми, індикатор визначить у цьому випадку подвоєну величину ($2a$) дійсного перекосу на діаметрі $D = 2R$ при обертанні деталі на призмі.

Четверта схема (рис. 1.19, г) передбачає контроль торцевого биття вала в зворотному порядку: деталь плоским торцем встановлюється на площину контрольного пристрою, а вимірювання виконується по зовнішній циліндричній поверхні твірної. Деталь обертається, зберігаючи контакт з постійним упором, відносно якого вимірювання виконується на відстані l . При цьому індикатор визначить подвоєну величину ($2a$) дійсного перекосу зовнішньої циліндричної поверхні на довжині l відносно плоского торця деталі.

Вибір тієї або іншої з наведених схем при проєктуванні контрольного пристрою залежить як від необхідної точності вимірювання, так і від

можливої конструкції пристрою.

4. Контроль торцевого биття деталей з отворами. Можливі методи контролю торцевого биття деталей з отворами, які використовуються при проектуванні контрольних пристроїв, подано в типових схемах на рис. 1.20.

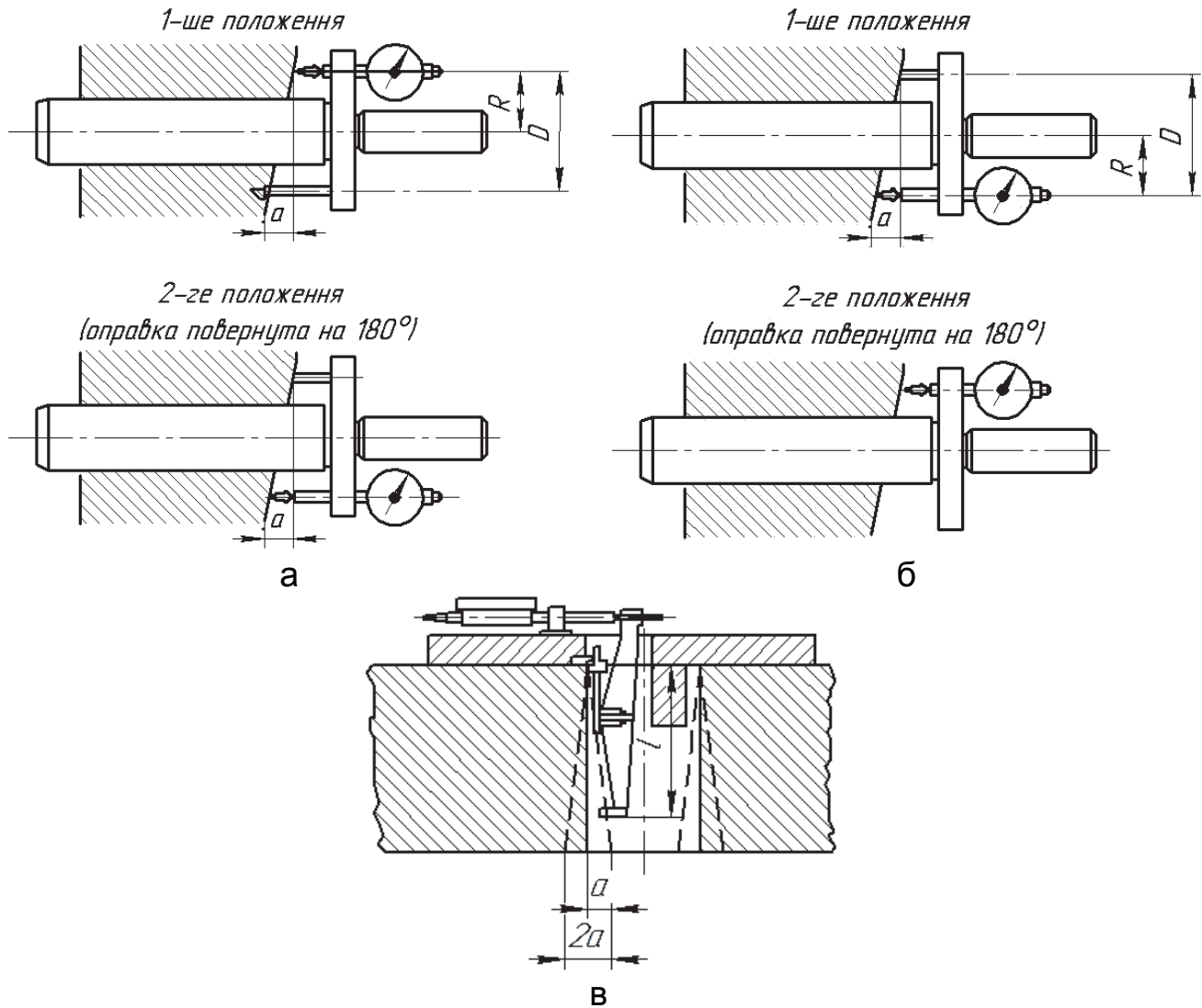


Рис. 1.20. Можливі методи контролю торцевого биття деталей з отворами

Перша схема (рис. 1.20, а) відповідає випадку, коли перевірку виконують індикатором, установленим в оправці на радіусі R при жорсткому упорі в торець деталі штифтом оправки, який розташовано на тому ж радіусі R , але в діаметрально протилежній точці. За індикатором визначається подвоєна величина ($2a$) дійсного торцевого биття деталі на діаметрі D .

Друга схема (рис. 1.20, б) відрізняється тим, що контрольна оправка суцільним плоским торцем контактує з найбільш виступаючою точкою торця деталі, що перевіряється.

При обертанні оправки в отворі деталі зберігатиметься незмінною точка контакту торця деталі, що перевіряється, з торцем оправки. Це означає, що індикатор, установлений в оправку на радіусі R , визначить дійсну величину a торцевого биття деталі, що перевіряється, на діаметрі D . При цьому необхідно, щоб торець контрольної оправки був перпендикулярний до її осі.

За третьою схемою вимірювання (рис. 1.20, в) контроль торцевого биття отвору виконують у зворотному порядку: пристрій опорною площиною встановлюють на торець деталі, що перевіряється, а вимірювання виконують за твірною отвору. Пристрій обертається відносно деталі, зберігаючи незмінним контакт з кулькою. При цьому індикатор визначає подвоєну величину ($2a$) дійсного відхилення від перпендикулярності отвору на довжині l відносно торця деталі.

Вибір тієї або іншої схеми вимірювання у кожному конкретному випадку визначається виходячи з необхідної точності контролю і конструктивних міркувань, направлених на створення найпростішої і зручнішої конструкції контрольного пристрою.

5. Контроль точності розташування отворів. У машинобудуванні часто зустрічаються деталі з групами (від двох до декількох десятків) отворів. Система розташування отворів може бути досить різноманітною, і тут важко знайти загальне правило. Найбільш поширені розташування отворів:

- а) по колу з центрувальним буртиком або отвором, або без отвору;
- б) по сторонах прямокутника;
- в) по різних геометричних фігурах в одній площині;
- г) у різних площинах.

Розташування отворів визначається розмірними ланцюгами, що проставляються на кресленнях деталей. Точність розташування отворів визначається радіусом розсіювання центру кожного отвору від центру, побудованого за номінальними розмірами креслення деталі.

Зазвичай при серійному і масовому виробництвах точність розташування отворів деталей має забезпечуватися технологічним процесом їх виготовлення (кондукторними пристроями при свердленні, зенкеруванні і розгортанні отворів; штампами при просіченні отворів). У цих умовах достатньо лише у вибіркового порядку контролювати правильність технологічного процесу спостереженням за справністю кондукторних пристроїв і штампів або вибірковою універсальною перевіркою готових деталей. Разом з тим в окремих випадках при високих вимогах точності, що ставляться до розташування отворів, кожна деталь має бути перевірена спеціальними калібрами або контрольними пристроями. Ці калібри і контрольні пристрої мають бути побудовані за комплексним методом контролю, що забезпечує складання деталей у вузлі.

Запитання для самоконтролю

1. Види контролю.
2. Засоби виробничого контролю.
3. Вибір методу вимірювання при проектуванні засобів виробничого контролю.

1.20. Технологічність конструкції

Для економного використання матеріальних, енергетичних та людських ресурсів при створенні, застосуванні та оновленні сучасних складних виробів виключно важливу роль відіграє забезпечення високої технологічності виробів – однієї з найголовніших функцій конструкторської підготовки виробництва. Ця функція передбачає взаємозв'язане вирішення відповідних конструкторських і технологічних завдань на всіх етапах проектно-конструкторських робіт і спрямована на досягнення оптимальних матеріальних витрат і витрат людської праці, а також зменшення часу на виробництво, експлуатацію та ремонт виробів. Вона реалізується завдяки спеціальним методичним підходам під час прийняття технічних рішень при конструюванні виробів.

Технологічність конструкції виробу – це сукупність властивостей виробу, яка визначає відповідність його конструкції для досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті при заданих показниках якості, запланованих обсягах виробництва та умовах виконання робіт.

Відпрацювання конструкції виробу на технологічність виконується послідовно на всіх етапах проектно-конструкторських робіт і закінчується зазвичай на стадії розроблення конструкторської документації для серійного або масового виробництва.

Правильно виконані під час проектування роботи з відпрацювання технологічності виробу дають змогу вирішити низку важливих питань, а саме:

- забезпечити простоту конструктивних рішень деталей та складальних одиниць (вузлів) виробу;
- вибрати раціональну та економічно вигідну точність оброблення поверхонь деталей, з яких складається виріб;
- визначити оптимальні розміри в конструкції з погляду вибору найбільш раціональних баз для оброблення та вимірів;
- застосувати прогресивні методи оброблення деталей;
- обмежити до раціональних меж номенклатуру та типорозміри різей, посадочних місць, діаметрів, довжин та інших конструктивних елементів.

Технологічність конструкції – поняття відносне, тобто технологічність конструкції однієї і тієї ж машини для різних типів виробництва буде

різною. Виріб, який в одиничному виробництві можна вважати досить технологічним, у серійному або масовому виробництві може бути зовсім не технологічним. Технологічність конструкції одного і того ж виробу буде різною також для заводів з різними виробничими можливостями. Якщо, наприклад, в одиничному виробництві використовуються верстати з числовим програмним керуванням, то показники технологічності конструкцій виробів для цих умов можуть дуже відрізнятися у позитивному відношенні порівняно з умовами одиничного виробництва, яке оснащено лише універсальним обладнанням.

Розвиток і впровадження у виробництво нової техніки також може вносити зміни у технологічність конструкцій, оскільки не технологічні раніше конструкції можуть стати досить технологічними при впровадженні нових методів оброблення.

Технологічність конструкції також є комплексним поняттям. Не можна технологічність конструкції розглядати ізольовано, тобто без взаємозв'язку і без урахування особливостей та умов виконання окремих технологічних операцій. Наприклад, відпрацьована на технологічність конструкція заготовки виробу не має ускладнювати наступне механічне оброблення цієї заготовки. У той же час відпрацювання на технологічність конструкції деталі слід здійснювати не тільки для спрощення механічного оброблення, але й з урахуванням виконання попередніх заготівельних процесів і наступних операцій, намагаючись при цьому отримати найменшу трудомісткість і найменшу собівартість виготовлення виробу в цілому.

Шляхом підвищення технологічності конструкції можна збільшити випуск продукції за наявності тих же засобів виробництва. Якщо вибрати правильний підхід до питання технологічності, то трудомісткість виготовлення виробів можна скоротити на 15...25 %, а собівартість їх виготовлення – на 5...10 %. З іншого боку, недооцінювання технологічності конструкції часто призводить до необхідності незапланованого корегування робочих креслень, збільшення строків технічної підготовки виробництва та додаткових витрат на виробництво продукції.

Поняття технологічності конструкції виробів поширюється не тільки на їх виробництво, але й на область їх експлуатації. Конструкція машини має бути зручною для обслуговування і ремонтпридатною в експлуатаційних умовах. Це дуже важливо, оскільки витрати на усі види ремонтів під час експлуатації виробів дуже часто перевищують вартість нових виробів. Підвищення ремонтпридатності виробів забезпечується легкістю їх розбирання та складання, дотриманням принципу вузлової заміни та вузлового ремонту елементів виробів, введенням в конструкцію змінних швидкозношуваних деталей, а також можливістю швидкого їх відновлення під час ремонтів до робочого стану.

Відпрацювання конструкції виробу та технологічність починається вже на стадії розроблення технічного завдання при проєктуванні нового виробу. Ця робота продовжується і поглиблюється на стадіях розроблення

ескізного і технічного проєктів, а також на стадії розроблення робочої документації. Кінцеве корегування конструкції виробу на технологічність здійснюється на стадії виготовлення та випробування дослідних зразків виробів.

На всіх стадіях проєктно-конструкторських робіт конструкторська документація (креслення, схеми) на вироби підлягає обов'язковому технологічному контролю, який можна поділити на внутрішній та зовнішній.

Внутрішній технологічний контроль під час розроблення конструкторської документації виконують спеціалісти того ж самого підприємства (організації), яке займається цим розробленням.

Зовнішній технологічний контроль виконують зазвичай спеціалісти підприємства, яке буде виготовляти вироби. Проєктно-конструкторські роботи при цьому виконуються іншим підприємством (організацією). Кількість перевірок встановлюється умовами договору між підприємством-розробником документації і підприємством, яке буде випускати за цією документацією вироби.

Висока технологічність конструкції виробів досягається завдяки впровадженню відповідних конструктивних, технологічних та експлуатаційних заходів.

Безперервне удосконалення конструкції виробу обумовлюється його призначенням та умовами експлуатації. Конструкція має бути найменш трудомісткою та матеріаломісткою, технологічною при виготовленні, надійною і зручною при експлуатації.

Технологічність конструкції характеризується сукупністю оптимальних витрат праці, засобів, матеріальних ресурсів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті виробу. Ці показники оцінюються порівняно з існуючими однотипними конструкціями виробу. Технологічна конструкція відрізняється високими експлуатаційними показниками, мінімальними трудо- і матеріаломісткістю, а також сприяє зменшенню собівартості. У свою чергу, показники технологічності суттєво залежать від технологічного процесу виробництва заготовок, їх оброблення різанням та складання деталей. Зміна обсягу випуску виробів і типу виробництва потребує переходу технологічного процесу виготовлення деталей і їх складання до іншого. Технологічність конструкції є важливим показником її якості.

Відпрацювання конструкції виробу на технологічність передбачає вирішення комплексу заходів для забезпечення її рівня за регламентованими показниками. Відпрацювання спрямоване на більш повне використання конструкторських і технологічних можливостей, а також підвищення техніко-економічних показників виробництва. Вона здійснюється безперервно, починаючи з проєктування виробу і продовжуючи при підготовці виробництва та наступного випуску виробу. Технологічність конструкції визначається за такими напрямками: виробничим, що стосується виготовлення виробу; експлуатаційним – щодо

підготовки та обслуговування виробу під час експлуатації, транспортування й зберігання, а також виконання його технічного обслуговування; ремонтним – зручність і простота ремонту. Таким чином, відпрацювання конструкції на технологічність полягає в конструктивних і технологічних рішеннях.

До конструктивних заходів забезпечення технологічності конструкції виробів належать: простота компонування окремих деталей, складальних одиниць і виробу в цілому; розділення виробу на самостійні складальні одиниці, які допускають незалежне їх складання між собою, а також їх контроль та випробування; вибір найпростіших геометричних форм деталей; раціональний вибір конструктивних матеріалів; стандартизація та уніфікація складальних одиниць та інших елементів конструкції.

Головне призначення стандартизації полягає в тому, що вона дає змогу уникнути необґрунтованої кількості типів і конструкцій виробів, форм і розмірів деталей і заготовок, профілів і марок матеріалів, організаційних методів виробничих процесів. Стандартизація є одним з ефективних методів прискорення науково-технічного прогресу, підвищення ефективності виробництва і продуктивності праці. Стандартизація є основою керування якістю промислової продукції.

Державна система стандартизації передбачає такі категорії нормативно-технічних документів: державні стандарти України (ДСТУ); галузеві стандарти України (ГСТУ); міжнародні та міждержавні стандарти; технічні умови (ТУ); стандарти підприємств (СТП).

Основними видами державних стандартів в машинобудуванні є такі стандарти: технічних умов; параметрів (розмірів); типів і основних параметрів; конструкцій і розмірів; марок; сортаменту; технічних вимог; правил прийому; методів випробувань; правил маркування, пакування, транспортування і зберігання; методів і засобів перевірки мір і вимірювальних приладів; правил експлуатації і ремонту.

Конструктивне відпрацювання припускає таке: спрощення компонування та розчленування виробу на окремі складові частини для полегшення монтажу і регулювання; забезпечення незалежного складання одиниць виробу; скорочення кількості та спрощення форми деталей; максимальну уніфікацію застосованих конструкційних матеріалів і використання технологічних заготовок деталей; обґрунтований вибір баз, простановку розмірів, а також установа шорсткості оброблюваної поверхні деталей і допусків на розміри, що забезпечують найбільш економічний вид взаємозамінності; установа раціональних монтажних зазорів і натягів; стандартизацію і уніфікацію деталей складальних одиниць, агрегатів, що підвищує серійність і спрощує виробничий процес; зручність регулювання конструкції; забезпечення контролепридатності; забезпечення вільного доступу інструментів до поверхонь при виготовленні, технічному обслуговуванні та ремонті.

Технологічне відпрацювання конструкції містить і забезпечує:

спадкоємність засвоєних виробництвом конструктивних типових рішень; застосування високопродуктивних автоматизованих і автоматичних технологічних процесів оброблення та складання, якості виготовлення; мінімальну витрату матеріалів; застосування сучасних методів і засобів контролю точності та якості виробів.

Відпрацювання конструкції здійснюється для виробу в цілому, оскільки підвищення технологічності окремих елементів не дає належних результатів. У вирішенні поставлених завдань суттєву роль відіграють конструктивна спадкоємність і уніфікація виробу. Під конструктивною спадкоємністю розуміють такий напрямок у конструюванні машин, коли вони одного або різного призначення.

Технологічність заготовки залежить від поєднання форм і розмірів з механічними властивостями матеріалу, що впливають на її оброблюваність, тобто здатність піддаватись механічному обробленню. Оброблюваність матеріалу заготовки обумовлює в процесі механічного оброблення досягнення потрібної шорсткості поверхні. На шорсткість поверхні після оброблення впливає велика кількість факторів, тому важко дати цілком певні рекомендації для досягнення заданої шорсткості поверхні для кожного матеріалу заготовки, проте необхідно врахувати таке: в деталях з конструкційних вуглецевих сталей з вмістом вуглецю до 0,3 % не потрібно призначати шорсткість поверхні $Ra = 3,2$ мкм. Для одержання більш чистої поверхні необхідно застосовувати сталі з більшим вмістом вуглецю; збільшення твердості за інших рівних умов дає змогу зменшити шорсткість поверхні. Середньовуглецеві, а також леговані сталі найкраще обробляються після загартування з високим відпуском до твердості HRC35. Високовуглецеві сталі, наприклад У10, У12, добре обробляються у відпаленому стані; деталі з м'якої сталі перед механічним обробленням доцільно піддавати термічному обробленню: нормалізації або відпуску; деталі з алюмінієвих сплавів мають піддаватися загартуванню та старінню. Сплави, що не піддаються загартуванню, необхідно модифікувати.

Раціональний вибір заготовок передбачає:

- застосування заготовок, близьких за формулю і розмірами до готової деталі (виливки, гаряче- і холодноштамповані, штампозварні і штамповиливані заготовки, профільний прокат);
- заміна декількох деталей однією монолітною шляхом її виливання або штампування;
- скорочення кількості поверхонь, що піддаються механічному обробленню.

При проєктуванні деталей, що виготовляються з прокату, по можливості необхідно зберігати без оброблення всі неробочі поверхні, наприклад діаметри головок і буртиків тіл обертання (валів, втулок тощо), невідповідальні поверхні прямокутних деталей (корпусів, плит).

При проєктуванні деталей зі штампованих або виливаних заготовок

бажано залишати без оброблення всі неробочі поверхні. Це особливо важливо для виливаних заготовок, в яких внутрішні шари металу менш міцні і зняття з зовнішнього шару знижує міцність деталі.

Правила забезпечення технологічності конструкції деталей встановлено державними стандартами. Метою забезпечення технологічності конструкції деталі є підвищення продуктивності праці та якості виробу при максимальному зниженні затрат часу і коштів на розроблення, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт. Конструкція деталі має задовольняти вимоги виготовлення, експлуатації та ремонту найбільш продуктивним і економічним способом при заданих умовах виробництва.

Технологічність конструкцій механічно оброблюваних деталей обумовлюється:

- 1) раціональним вибором заготовки;
- 2) технологічністю форми деталі;
- 3) раціональним проставленням розмірів;
- 4) призначенням оптимальної точності розмірів і шорсткості поверхні.

Об'єктивне оцінювання технологічності конструкції виконується за показниками, які поділяють на основні й додаткові (техніко-економічні, технічні). Основними показниками є трудомісткість виготовлення конструкції машини і технологічна собівартість, що визначається сумою витрат на здійснення технологічного процесу виготовлення без урахування вартості комплектувальних виробів. Складовими технологічної собівартості є вартість матеріалу, заробітна плата робітників з відповідними нарахуваннями, витрати на енергію, технічне обслуговування, ремонт та амортизацію обладнання, інструменту і пристроїв, а також вартість змащувальних та охолоджувальних матеріалів. Заробітна плата робітників визначається трудомісткістю виготовлення машини, яка включає отримання заготовки, її оброблення різанням, термічне оброблення та ін. Загальна трудомісткість виготовлення виробу складається із трудомісткості виготовлення кожної деталі, складання та випробування складальних одиниць, а також готового виробу.

Техніко-економічні показники визначаються відносною і питомою трудомісткістю та собівартістю. Технічні показники характеризуються коефіцієнтами уніфікації, стандартизації, застосування типових технологічних процесів, використання матеріалів, точності та шорсткості та ін.

Рівень технологічності розроблення визначається відношенням досягнутої трудомісткості виготовлення виробу до базового показника, а за собівартістю – аналоговим відношенням технологічної собівартості до базового показника. Найбільш повно технологічність характеризує вартість виготовлення виробу.

Оброблення різанням і складання виробу характеризуються не тільки трудомісткістю, але й іншими показниками оцінювання на технологічність конструкції.

Для спрощення аналізу технологічності можна дати окремі рекомендації для деяких класифікаційних груп деталей. Оцінювання технологічності конструкції деталей здійснюється якісним і кількісним оцінюванням.

При якісному оцінюванні технологічності конструкції корпусних деталей визначають:

а) чи допускає конструкція оброблення площин на прохід і що заважає такому видові оброблення?

б) чи можна обробляти отвори одночасно на багатошпіндельних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів?

в) чи дозволяє форма отворів розточувати їх на прохід з одного або двох боків?

г) чи є вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь?

д) чи потрібне підрізування торців маточин із внутрішніх боків вилівка і чи можна його усунути?

е) чи є глухі отвори і чи можна замінити їх наскрізними?

ж) чи є оброблювані площини, розташовані під тупими і гострими кутами, і чи можна замінити їх площинами, розташованими паралельно або перпендикулярно одна до одної?

з) чи маються отвори, розташовані не під прямим кутом до площини входу і виходу, і чи можлива зміна цих елементів?

и) чи достатня твердість деталі, чи не обмежить вона режими різання?

к) чи є в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанню базові поверхні, якщо ні, то яким чином слід вибрати допоміжні бази?

л) чи немає в конструкції внутрішньої різі великого діаметра і чи можна замінити її іншими конструктивними елементами?

м) наскільки простий спосіб одержання заготовки (вилівка), чи правильно вибрано елементи конструкції, що обумовлюють одержання заготовки?

Для валів указують:

а) чи можна обробляти поверхні прохідними різцями?

б) чи зменшуються до кінців діаметральні розміри шийок вала?

в) чи можна зменшити діаметри великих фланців або буртиків або виключити їх узагалі, і як це вплине на коефіцієнт використання металу?

г) чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, котрі обробляються набагато продуктивніше дисковими фрезами?

д) чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для оброблення на гідрокопіювальних верстатах?

е) чи допускає твердість вала одержання високої точності оброблення (жорсткість вала вважається недостатньою, якщо для одержання точності 6...9-го квалітетів співвідношення його довжини / до

діаметра d понад 10...12; для валів, виготовлених за більш низькими квалітетами, це відношення може дорівнювати 15; при багаторізцевому обробленні це відношення слід зменшити до 10)?

Слід пам'ятати, що технологія оброблення гладких валів значною мірою відрізняється від технології виготовлення східчастих валів простотою й економічністю, тому необхідно проаналізувати можливість заміни східчастого вала гладким.

Зубчасті колеса – масові деталі машинобудування, тому питання технологічності мають для них особливо важливе значення. При аналізі технологічності конструкції зубчастих коліс необхідно визначити можливість високопродуктивних методів формоутворення зубчастого вінця із застосуванням пластичного деформування в гарячому і холодному станах. Конструкція зубчастого колеса має характеризуватися такими ознаками:

а) простою формою центрального отвору, оскільки складні отвори значно ускладнюють оброблення, призводячи до необхідності застосування револьверних верстатів і напівавтоматів;

б) простою конфігурацією зовнішнього контуру зубчастого колеса (оскільки найбільш технологічними є зубчасті колеса плоскої форми без виступаючих маточин);

в) розташованими з одного боку маточинами, оскільки в протилежному випадку оброблення по одній деталі на зубофрезерних верстатах призводить до збільшення кількості цих верстатів на 25...30 %;

г) симетричним розташуванням перемички між маточиною і вінцем для зубчастих коліс, що підлягають термічному обробленню як стосовно вінця, так і стосовно маточини. Порушення цієї умови призводить до значних однобічних перекручувань при термічному обробленні;

д) правильною формою і розмірами канавок для виходу інструментів;

е) можливістю багаторізцевого оброблення залежно від співвідношення діаметрів вінців і відстаней між ними.

Подібним чином проводиться аналіз технологічності і для інших деталей, що мають аналогічні елементи конструкції.

Кількісне оцінювання технологічності конструкції може бути виконано за умови внесення змін у конструкцію деталі після аналізу технологічності. У цьому випадку може бути зроблене порівняльне оцінювання за деякими показниками технологічності до і після внесення змін.

Кількісний метод оцінювання технологічності конструкції зводиться до розрахунків коефіцієнтів на точність та шорсткості. Для цього необхідно розрахувати середню точність оброблення і середню шорсткість оброблених поверхонь, попередньо склавши ескіз деталі з нумерацією поверхонь, які обробляються, та заповнити таблицю відповідно до наведеної форми.

При проектуванні однієї деталі як кількісні показники технологічності можуть розглядатися:

- 1) маса деталі;
- 2) коефіцієнт використання матеріалу;
- 3) коефіцієнт точності оброблення;
- 4) коефіцієнт шорсткості поверхонь;
- 5) рівень технологічності конструкції за технологічною собівартістю.

Для визначення коефіцієнта точності оброблення і коефіцієнта шорсткості необхідно розрахувати середню точність оброблення і середню шорсткість оброблених поверхонь. Дані щодо деталі доцільно звести у таблицю окремо для показників точності і шорсткості.

Підрахунок середньої точності, середньої шорсткості і коефіцієнтів точності і шорсткості на підставі даних таблиць простий і не потребує пояснень.

Розрахунок коефіцієнтів технологічності

1. Коефіцієнт точності оброблення

$$K_{m.o} = 1 - 1/A_{сер},$$

де $A_{сер}$ – середній квалітет точності всіх розмірів деталі:

$$A_{сер} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}}$$

Тут 1, 2, ..., 19 – номери квалітетів точності, за якими виконано розміри;

$n_1, n_2, \dots, n_{19}$ – кількість розмірів 1-го, 2-го, ..., 19-го квалітетів точності.

Нормативне значення $K_{сер.m.o} = 0,8$.

Умова технологічності $K_{m.o} \geq 0,8$.

3. Коефіцієнт шорсткості оброблення

$$K_{ш.o} = 1/B_{сер},$$

де $K_{сер}$ – середня величина шорсткості:

$$K_{сер} = \frac{80 \cdot n_1 + 40 \cdot n_2 + \dots + 0,02 \cdot n_{13} + 0,01 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}$$

Тут 80, 40, ..., 0,02, 0,01 мкм – величина шорсткості поверхні;

$n_1, n_2, \dots, n_{14}$ – кількість поверхонь відповідних класів шорсткості.

Нормативне значення $K_{сер.ш.o} = 0,32$.

Умова технологічності $K_{ш.o} \leq 0,32$.

4. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{у.к.е.} = Q_{у.е.}/Q,$$

де $Q_{y.e}$ – кількість уніфікованих конструктивних елементів (до них належать елементи, виконані за стандартом, і повторювані елементи);

Q – загальна кількість конструктивних елементів.

Нормативне значення $K_{сер.у.к.е} = 0,6$.

Умова технологічності $K_{у.к.е} > 0,6$.

У такий же спосіб ці показники технологічності можна розрахувати для кожної деталі до і після внесення в її конструкцію змін, що дає змогу визначити рівень технологічності стосовно базового варіанта. Якщо креслення деталі в результаті технологічного контролю і якісного аналізу технологічності залишено без змін і розглядається тільки один варіант технологічного процесу оброблення, то рівень технологічності як порівняльний показник щодо використання матеріалу, точності оброблення, шорсткості і технологічної собівартості дорівнює одиниці.

Усі зауваження, виявлені при контролі креслення, якісному аналізу технологічності і визначенні показників, а також пропозиції стосовно поліпшення конструкцій необхідно систематизувати.

У процесі конструювання розробник завжди прагне отримати мінімальну масу виробу шляхом правильного його розрахунку, вибору конструктивних форм деталей, що забезпечують змогу отримання заготовок з мінімальними припусками на оброблення, і застосуванням високоміцних матеріалів.

На показник оцінювання технологічності конструкції впливає коефіцієнт використання матеріалу заготовки.

Найбільш поширеним є метод взаємозамінності складальних одиниць і деталей.

Підвищення технологічності конструкції досягається завдяки застосуванню великої кількості уніфікованих складальних одиниць і деталей. Уніфікація узагальнює конструктивні рішення без оформлення спеціального документа, нормалізація – у вигляді внутрішньозаводських і відомчих нормалей, а стандартизація – державних стандартів.

При використанні уніфікованих складальних одиниць і деталей скорочується обсяг робіт при проектуванні, значно зменшуються трудомісткість і собівартість виготовлення через можливість використання високопродуктивного обладнання, стандартизованого інструменту, скорочується номенклатура запасних частин, знижується трудомісткість ремонту. Збільшення кількості уніфікованих конструктивних елементів підвищує технологічність конструкції.

Коефіцієнт уніфікації деталей, що характеризує технологічність конструкції, становить

$$K_y = \frac{\sum n_y}{\sum N_i},$$

де $\sum N_i, \sum n_y$ – відповідно загальна кількість уніфікованих складальних

одиниць, деталей або конструктивних елементів з'єднань.

Серед порівняльних варіантів найбільш технологічним вважається той, що характеризується більшим коефіцієнтом уніфікації.

Деталь, що піддається обробці різанням, буде технологічною, якщо в її конструкції передбачено застосування раціональної заготовки, форми і розміри якої максимально наближені до готової деталі, а також використання високоефективних процесів оброблення. Основні вимоги до технологічності деталі зводяться до такого:

- простота форми поверхонь, що піддаються обробці різанням;
- легка доступність поверхонь і зручність їх оброблення;
- можливість максимального використання стандартизованих і нормалізованих інструментів;
- можливість простого і швидкого встановлення заготовки деталі;
- необхідна жорсткість деталі;
- забезпечення мінімальної кількості установ заготовки в процесі оброблення та вимірювання;
- рівномірне розміщення маси заготовки відносно її осі.

Технологічна конструкція деталі характеризується простотою форми поверхонь, раціональним проставленням розмірів, допусків і шорсткості оброблюваних поверхонь. Крім указаних вимог, мінімальна за трудомісткістю та високоякісна обробка різанням має забезпечуватися доброю оброблюваністю заготовок.

Проста форма поверхонь деталей спрощує оброблення різанням, скорочує її трудомісткість і знижує металомісткість. У конструкції деталі пази й канавки слід передбачати з можливістю оброблення дисковою фрезою, що забезпечує більш високу продуктивність порівняно з пальцевою. Не має бути фіксованих виступів поверхні, оскільки їх наявність утруднює оброблення площин і торців. Необхідно уникати різноманітності типорозмірів отворів, допусків і різей, по можливості передбачати різь у наскрізних отворах, а при зовнішній різі мати канавку для виходу інструменту.

Під технологічністю розуміють таку форму, яка в конкретних виробничих умовах виготовляється з мінімальними витратами без втрати службового призначення. Основними критеріями оцінювання технологічності конструкції є трудомісткість і собівартість їх виготовлення. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення, тим вони технологічніші.

При якісному аналізі на технологічність конструкції деталі необхідно проводити її оцінювання. Вимоги до технологічності конструкції деталі і сфери виявлення ефекту при їх виконанні такі:

1. Конструкція деталі має складатися зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною в цілому.
2. Деталі мають виготовлятися із стандартних заготовок.
3. Показники базової поверхні деталі мають забезпечувати точність

установлення, оброблення і контролю.

4. Конструкція деталі має забезпечувати можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення.

Технологічність заготовки може бути підвищена завдяки скороченню кількості оброблюваних поверхонь, а також заміни кількох деталей однією литою заготовкою. При конструюванні деталей з прокату, литих і гарячештампованих заготовок невідповідальні поверхні треба залишати без оброблення. В окремих випадках незначна коректива конструкції дає змогу виготовити деталь з профільного прокату, що різко знижує метало- і трудомісткість оброблення. Стосовно підвищення рентабельності виготовлення необхідно при проєктуванні деталей трубчастої форми максимально використовувати сортамент безшовних труб. Заготовки, отримані литтям під тиском, мають високу технологічність, потребують незначного оброблення і характеризуються високим коефіцієнтом використання металу.

Нижче розглянемо приклад поліпшення конструкції зубчастого колеса, що піддається механічній обробці різанням. У колеса (рис. 1.21, а) диск 1, що зв'язує маточину 2 із зубчастим вінцем 3, розміщений симетрично відносно осі, яка проходить на однакових відстанях від торців зубчастого вінця і маточини, а в колеса (рис. 1.21, б) диск зсунутий.

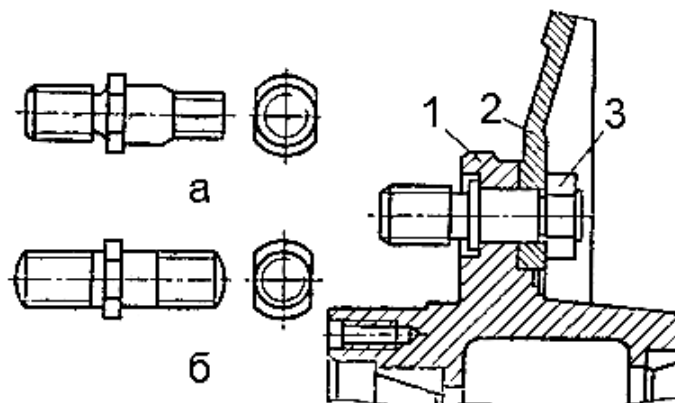


Рис. 1.21. Конструкція фасонної шпильки для кріплення гальмового диска до маточини колеса вантажного автомобіля

Оброблення різанням колеса з нерівномірним розподілом маси, щоб уникнути появи вібрації, виконують при більш низьких режимах різання, ніж колеса з рівномірним розподілом. Крім того, зазначена конструкція зубчастого колеса під час охолодження при термічному обробленні буде схильна до більшої деформації. Це пов'язано з тим, що верхня частина вінця буде охолоджуватися швидше за нижню.

У результаті після зазначеного виду операції отримуваний отвір матиме форму конуса, розширеного вгору. Разом з цим у зубчастого колеса з рівномірним розподілом маси форма отвору викривляється мало. Велика деформація колеса з нерівномірним розподілом обумовлює

збільшення припуску на шліфування отвору. Отже, трудомісткість та собівартість виготовлення зубчастого колеса, показаного на рис. 1.22, б, буде вище порівняно з іншою конструкцією (рис. 1.22, а).

При відпрацюванні технологічності конструкції литої деталі треба враховувати використання точних методів лиття, не допускати різких змін товщини стінок, вибирати базові поверхні при відливці, враховуючи технологічні бази, які використовують під час оброблення різанням.

Площина рознімання моделі має бути плоскою, що спрощує використання машинного формування. Беручи до уваги, що зовнішні стінки охолоджуються швидше за внутрішні, слід останні передбачати більш тонкими порівняно із зовнішніми. Для запобігання створенню посадочних раковин необхідно уникати зайвого матеріалу на перетинанні стінок, виступах або напливах.

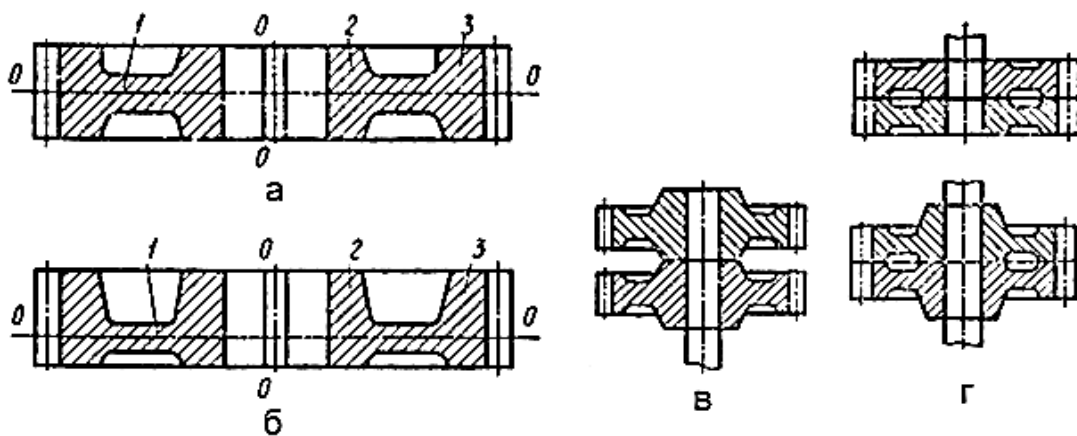


Рис. 1.22. Конструкції зубчастих коліс: а і г – технологічні;
б і в – нетехнологічні

Для поліпшення технологічності гарячештампованих деталей треба передбачити вільне видалення заготовки із штампа в площині, перпендикулярній до площини його рознімання. При цьому остання може бути прямою або криволінійною залежно від форми деталі.

При виробництві холодноштампованих заготовок (деталей) широко використовують вирубку, гнуття, об'ємне штампування, видавлювання. Точність деталей, отриманих витягуванням, відповідає 8-му квалітету. У деталях, які піддають термообробці не повинно бути різких переходів, наявності зайвого металу і довгих пазів, оскільки сприяють утворенню зон залишкових напружень, коробленню поверхні деталі та утворенню тріщин.

Технологічна собівартість визначається витратами на здійснення технологічного процесу. Витрати, що становлять технологічну собівартість, поділяють на два види. Перший вид витрат А залежить від кількості виготовлюваних деталей і змінюється пропорційно річному випуску. До витрат цього виду належать заробітна плата робітників, витрати на експлуатацію обладнання (вартість ремонту, електроенергії,

змащувальних матеріалів і охолоджувальної рідини), витрати на експлуатацію різальних інструментів і пристроїв. Другий вид витрат B практично не залежить від річного випуску деталей. До нього належать заробітна плата наладників, відрахування на амортизацію обладнання та спеціальних пристроїв.

Запитання для самоконтролю

1. Поясніть, що таке технологічність конструкції деталей.
2. З'ясуйте, як проводиться технологічний контроль креслень.
3. Перелічіть основні задачі аналізу технологічності.
4. Наведіть рекомендації для аналізу технологічності корпусних деталей.
5. Наведіть кількісні показники технологічності.
6. Поясніть, як проводиться кількісне оцінювання технологічності?
7. Які поверхні можна уніфікувати?
8. Який показник характеризує технологічність конструкції?
9. Завдяки чому досягається підвищення технологічності конструкції складальних одиниць?
10. Які показники впливають на оцінювання технологічності конструкції?
11. У чому суть взаємозамінності складальних одиниць?
12. У чому полягають основні положення технологічності конструкції?
13. Дайте характеристику конструктивного, технологічного та експлуатаційного відпрацювання конструкції.
14. Які існують показники для об'єктивного оцінювання технологічності розроблення?
15. Які показники використовуються для оцінювання технологічності при обробці різанням і складанні виробу?
16. Перелічіть основні вимоги до технологічності деталі, обумовлені механічною обробкою різанням, та шляхи її досягнення.

1.21. Базування деталей при обробленні

Відповідно до висновків теоретичної механіки для визначення положення призматичного тіла відносно системи координат **OXYZ** необхідно зв'язати його нижню поверхню **A** трьома жорсткими двосторонніми утримуючими зв'язками з площиною **XOY** прямокутної системи координат (рис. 1.23).

Зв'язки **z** позбавляють тіло переміщення вздовж координатної осі **OZ**, обертання навколо осей **OY** та **OX**. Поверхня **A**, яка має три опорні точки і позбавляє тіло трьох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї з координатних осей і обертання навколо двох інших координатних осей), називається установлювальною базою.

Розташування опорних точок визначається з умови рівноваги тіла під дією сил тяжіння.

Для того щоб виключити переміщення тіла вздовж осі OX і обертання навколо осі OZ , зв'яжемо поверхню B відповідно двома зв'язками x_4 , x_5 з площиною ZOY .

Поверхня B , яка позбавляє тіло (заготовку) двох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі і обертання навколо іншої осі), називається напрямною базою.

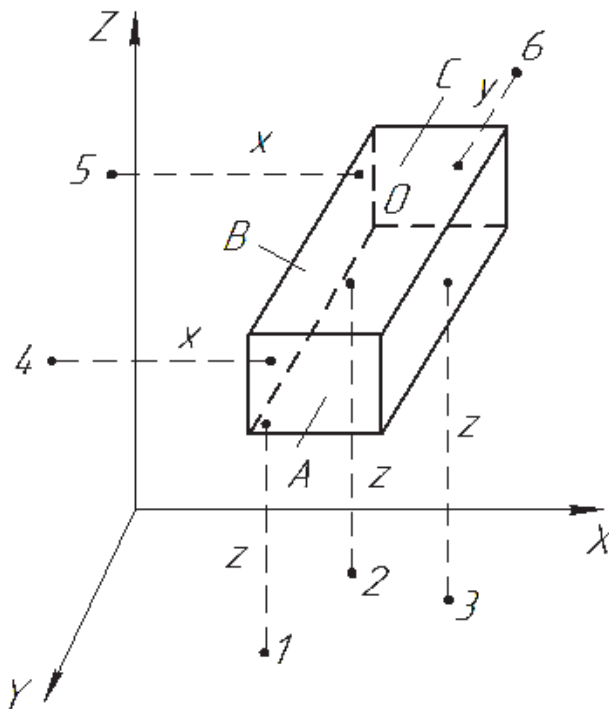


Рис. 1.23. Базування призматичного тіла

Таким чином, тіло має змогу тільки переміщуватись вздовж осі OY . Для виключення і цього переміщення зв'яжемо поверхню C одним жорстким двостороннім зв'язком з площиною ZOX .

Поверхня C , яка має одну опорну точку і позбавляє тіло одного ступеня вільності (переміщення вздовж однієї з координатних осей), називається опорною базою. Сукупність трьох баз, що утворює систему координат заготовки (виробу), складає комплект баз.

Реалізація розглянутої теоретичної схеми базування здійснюється встановленням заготовки на установлювальні елементи пристрою.

Невідривний контакт баз із установочними елементами пристрою забезпечується прикладанням сил затискання.

Зв'язавши циліндричну поверхню A (рис. 1.24) двома жорсткими двосторонніми зв'язками з площиною XOY і двома – з площиною YOZ , циліндричне тіло позбавляється чотирьох ступенів вільності, зв'язки Z позбавляють тіло переміщення вздовж осі OZ і обертання навколо осі OX , зв'язки X – переміщення вздовж осі OX і обертання навколо осі OZ .

Поверхня **A**, яка має чотири опорні точки і позбавляє тіло чотирьох ступенів вільності (переміщень уздовж двох координатних осей і обертання навколо цих самих осей), називається подвійною напрямною базою.

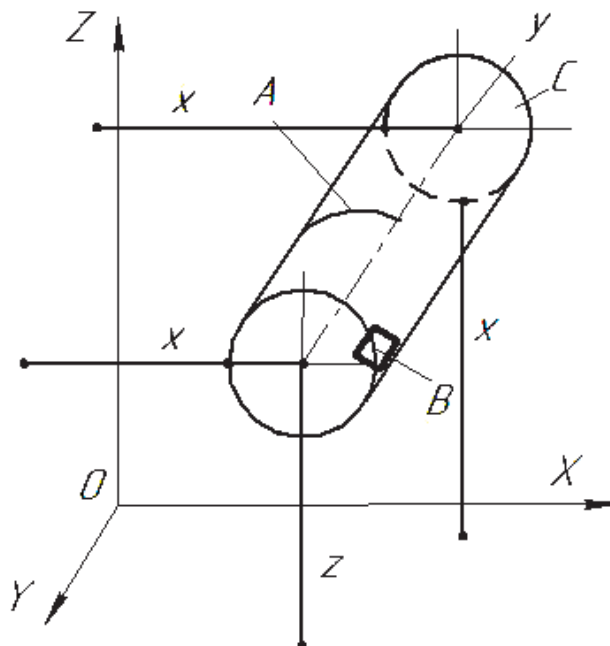


Рис. 1.24. Базування циліндричного тіла (довгого)

Для усунення можливості переміщення тіла вздовж осі **OY** необхідно з'єднати його торець **C** двостороннім зв'язком – координатою **Y** з площиною **XOZ**.

Поверхня **C**, яка позбавляє тіло одного ступеня вільності, має одну опорну точку. Переміщення вздовж осі **OY** називається *опорною базою*.

Для позбавлення тіла шостого ступеня вільності (можливості обертання навколо власної осі) має бути передбачено шостий двосторонній зв'язок у вигляді опорної точки, що розташована на поверхні шпонкової канавки **B**. Поверхня **B**, яка позбавляє тіло одного ступеня вільності (обертання навколо однієї з координатних осей), називається другою опорною базою. Реалізація теоретичної схеми базування найчастіше здійснюється за допомогою призм.

Диск – це циліндрична деталь, у якої довжина циліндричної поверхні менша за діаметр. У зв'язку з цим можливості орієнтування деталі біля циліндричної поверхні значно обмежені порівняно з циліндром, проте біля торцевої поверхні такі можливості зростають.

Відповідно до цього при орієнтуванні у просторі короткого циліндричного тіла (типу тонкого диска) необхідно з'єднати його торцеву поверхню **A** (рис. 1.25) трьома двосторонніми зв'язками (координатами) з площиною **XOZ**.

При цьому тіло позбавляється трьох ступенів вільності: можливості переміщення вздовж осі **OY** і обертання навколо осей **OX** та **OZ**.

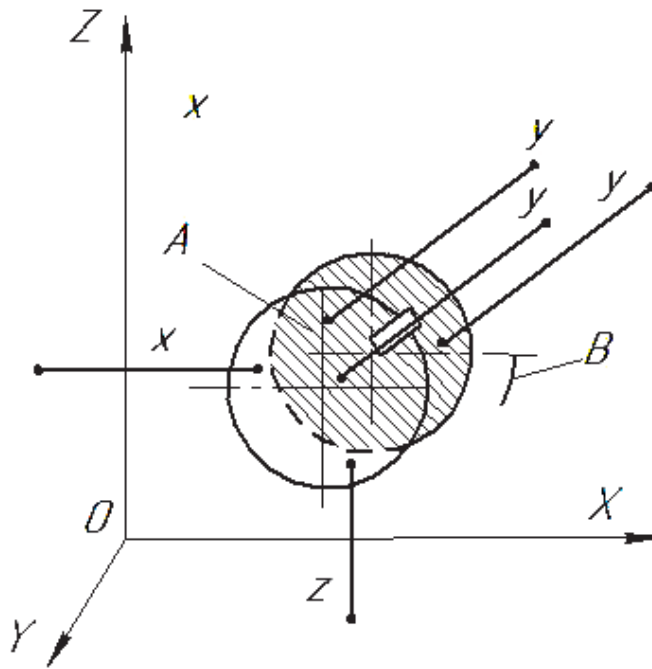


Рис. 1.25. Базування диска

Для позбавлення тіла можливості переміщення вздовж осей **OX** та **OZ** необхідно з'єднати його циліндричну поверхню **B** двосторонніми зв'язками, тобто координатами **X** та **Z**, з площинами **XOY** та **YOZ**; шостий двосторонній зв'язок, що позбавляє тіло можливості обертатись навколо власної осі, яка паралельна до осі **OY**, створюється розташуванням опорної точки на поверхні шпонкової канавки **C**.

При відповідній заміні двосторонніх зв'язків опорними точками торцева поверхня **A** (рис. 1.26) диска, що контактує з трьома опорними точками і яка позбавляє диск трьох ступенів вільності, називається установлювальною базою; циліндрична поверхня **B**, що контактує з двома опорними точками і позбавляє диск двох ступенів вільності, називається подвійною опорною (або центрувальною) базою, а поверхня шпонкової канавки **C**, що позбавляє диск одного ступеня вільності, – опорною базою.

Необхідно зазначити, що схеми базування заготовок із внутрішніми циліндричними поверхнями принципово подібні розглянутим.

Правила вибору технологічних баз. Правило шести точок - для повного базування деталей (заготовок) пристроїв на верстатах необхідно і достатньо створити в ньому шість опорних точок, розташованих певним чином відносно базових поверхонь заготовок або деталей.

Залежно від кількості опорних точок, з якими база знаходиться в контакті, розрізняють:

- установлювальну базу **A**, що знаходиться у контакті з трьома опорними точками і позбавляє тіло трьох ступенів вільності (точки **a₁**, **a₂**, **a₃**);
- напрямну базу **B**, що знаходиться у контакті з двома опорними точками і позбавляє тіло двох ступенів вільності (точки **b₁**, **b₂**);

– опорну базу **C**, що має контакт з однією опорною точкою і позбавляє тіло одного ступеня вільності.

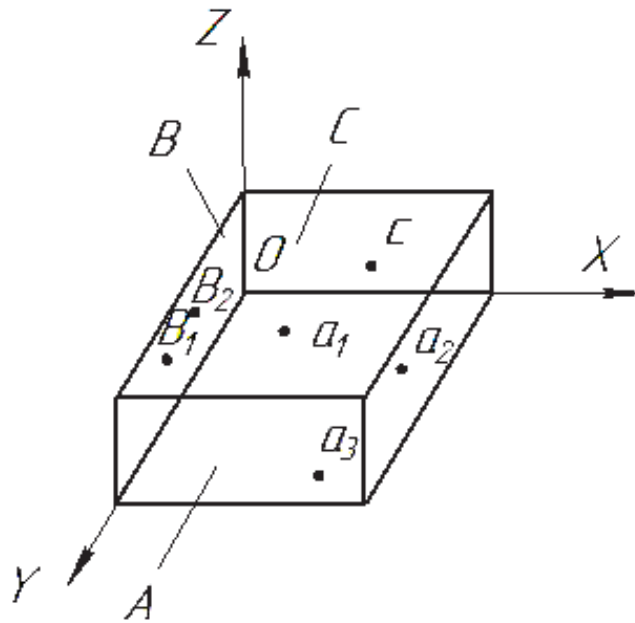


Рис. 1.26. Схема розташування призматичної заготовки в просторі

Кожна з названих баз визначає положення заготовки відносно однієї з площин системи координат у напрямі, перпендикулярному до цієї бази, тобто у напрямі однієї з координатних осей.

Очевидно, що для повного орієнтування заготовки у пристрої необхідним є комплект з трьох баз.

На практиці у багатьох випадках немає необхідності в повному орієнтуванні з використанням всього комплекту з трьох баз («неповна схема базування»).

Наприклад, при обробленні площини орієнтування заготовки на верстаті у напрямі горизонтальних осей координат для отримання необхідного розміру a не має значення, тому бічні поверхні заготовки втрачають значення баз (бічні поверхні використовуються тільки для закріплення і в процесі базування не беруть участі).

Усі поверхні деталі в загальному випадку можна поділити на дві групи:

- такі, що не піддаються обробленню після виготовлення вихідної заготовки;

- такі, що піддаються обробленню з заданою точністю.

Точність і взаємне розміщення поверхонь першої групи між собою забезпечують методом виготовлення вихідної заготовки.

Точність взаємного розміщення поверхонь першої і другої груп між собою досягають шляхом правильного вибору технологічних баз.

Технологічні бази поділяють на чорнові та чистові. Існують певні правила для їх призначення.

Призначення технологічних баз починається з вибору чорнової бази. Технологічна база, що використовується при першому установленні заготовки, називається *чорною технологічною базою*.

Як чорнові бази в заготовках, які оброблюються по всіх поверхнях, слід вважати поверхні з найменшими припусками. Не слід використовувати як чорнові бази поверхні рознімів, а також нерівні поверхні зі слідами від живильників, литників та інших дефектів. Після першої операції технологічні бази мають бути замінені. Чорнова база використовується одноразово (для оброблення чистової технологічної бази).

Чистові бази необхідно добирати так, щоб чистові установлювальні бази були конструкторськими або вимірювальними базами (*принцип суміщення баз*). Це виключає похибку базування. Чистові бази повинні мати найбільшу точність форми й розмірів і малу шорсткість поверхні; цю вимогу задовольняють основні й допоміжні бази заготовки, які зазвичай і використовуються як установлювальні. Установлювальні бази повинні мати найбільшу стійкість при базуванні й забезпечувати найменші деформації заготовки від затиснення й впливу сили різання. При виборі чистових баз необхідно прагнути до того, щоб оброблення поверхонь на всіх операціях здійснювати з використанням тих самих установлювальних баз. Ця вимога називається *принципом сталості баз*.

Використовуючи дані, можна рекомендувати таку послідовність вибору технологічних баз: за результатами аналізу креслення деталі розглянути основні конструкторські (вимірювальні) бази як технологічні. У першу чергу розглянути ті бази, від яких проставлено найбільшу кількість розмірів; базування; для найвідповідальніших технологічних задач за допомогою розмірних ланцюгів з намічених декількох варіантів відібрати кращий; виявити, які поверхні деталі можна обробити від цих баз (як технологічних) за принципом сталості баз, за принципом суміщення баз; розглянути інші конструкторські бази і виявити, які поверхні можна обробити від них за тими ж принципами; якщо ще залишились необроблені поверхні, то вибрати для них бази, не дотримуючись принципів, але при цьому треба зробити перевірку за двома умовами (правило 7), чи можна їх використовувати як технологічні бази; після того, як вибрано чистові бази, відшукати ті поверхні, які можуть бути чорновими базами для оброблення чистових.

Алгоритм вибору варіанта базування:

1. Виходячи зі службового призначення деталі за кресленням виявляють розмірні зв'язки поверхонь, визначають параметри точності цих зв'язків, їх важливість.

2. Визначають задачі, які необхідно розв'язати при обробленні та розв'язання яких залежить від базування, а також склад задач, чітко їх формують.

3. Вибравши для розв'язання одну із задач, знаходять місце в технологічному процесі, де задача одержує свій кінцевий розв'язок.

4. Ідучи від цього місця до початку оброблення, до першої операції, а якщо потрібно, то й до технологічного процесу одержання вихідної заготовки (її креслення), виявляють розмірні зв'язки, які виникають при цьому. Розвиток розмірних зв'язків завершується на операції, де невідомий операційний розмір одержується як замикальна ланка розмірного ланцюга технологічної системи або ливарної, або ковальської системи одержання вихідної заготовки.

5. Креслять теоретичні схеми базування заготовки за наміченими варіантами. На наведених ескізах для кожного наміченого варіанта базування виявляють і будують розмірні ланцюги, в яких вихідними ланками є необхідні параметри.

6. Розраховуючи виявлені технологічні розмірні ланцюги, визначають кількісне значення похибки параметра за різних варіантів базування.

7. Вибирають оптимальний варіант базування. Критеріями вибору одного з декількох варіантів є:

- більша точність оброблення;
- більш рівномірний розподіл припусків між оброблюваними поверхнями;
- більша простота реалізації теоретичної схеми базування за допомогою пристрою;
- придатність тієї чи іншої поверхні для використання як базу.

8. Розраховані похибки параметрів, які відповідають різним схемам базування. Аналізуючи наведені відхилення всіх параметрів, вибирають прийнятні варіанти базування. Аналізують також вплив цих відхилень на якість деталі. Мета аналізу – перевірка забезпеченості заданої точності деталі при обробленні від вибраних баз.

Найбільшої точності оброблення деталі можна досягти в тому випадку, коли весь процес оброблення виконується від однієї бази з одним установленням, оскільки через можливі зсуви при кожному новому установленні вноситься похибка у взаємне розташування осей поверхонь. Оскільки у більшості випадків неможливо повністю обробити деталь на одному верстаті й доводиться виконувати оброблення на інших верстатах, то для досягнення найбільшої точності необхідно всі подальші установлення деталі на цьому або іншому верстаті робити по можливості на одній і тій же базі.

Принцип сталості баз полягає в тому, що для виконання всіх операцій оброблення деталі використовують ту саму базу.

Якщо за характером оброблення це неможливо й необхідно взяти за базу іншу поверхню, то як нову базу треба вибирати таку оброблену поверхню, що визначається точними розмірами стосовно поверхонь, які найбільше впливають на роботу деталі в зібраній машині. Треба завжди

пам'ятати, що кожен перехід від однієї бази до іншої збільшує нагромадження похибок установлень. Щодо цього доцільно як вимірювальну базу використовувати установлювальну базу, якщо це можливо.

Більш високої точності оброблення можна досягти, якщо складальна база є одночасно установлювальною й вимірювальною. У цьому полягає *принцип суміщення баз*. Наприклад, при обробленні вала центрові отвори використовують як установлювальні бази на таких операціях: токарна, шліфувальна. Якщо обробляється корпус редуктора, то основа застосовується як опорна установлювальна база на таких операціях: фрезерна, розточувальна, свердлильна.

Якщо всі варіанти забезпечують задану точність, то з них вибирають такий, при якому технологічний процес виготовлення деталі буде простішим і дешевшим (простіше оснащення, дешевий верстат тощо).

У результаті виконання цієї роботи буде отримано декілька варіантів технологічних баз.

Установлення деталі для оброблення може бути здійснено різними способами:

- установлення деталі безпосередньо на столі верстата з вивірнням її положення відносно столу верстата й інструменту. Цей спосіб потребує багато часу, і його застосовують в одиничному й дрібносерійному виробництвах, коли економічно недоцільно виготовляти спеціальні пристрої внаслідок малої виробничої програми;

- установлення деталі на столі верстата за розміткою. *Розміткою* називають нанесення на заготовку осей і ліній, що визначають положення оброблюваних поверхонь. При розмітці заготовку попередньо покривають крейдовою фарбою, після того, як вона висохне, заготовку поміщають на розмічальну плиту, у призми або на кутнику й наносять лінії на поверхні за допомогою штангенрейсмуса, циркуля, косинця, штангенциркуля з гострими губками та інших інструментів. Для того щоб лінії було видно у випадку видалення фарби, уздовж ліній наносять керном точки через деякі проміжки. Розмітка робиться для того, щоб позначити на заготовці таке положення оброблюваних поверхонь, щоб припуски для всіх поверхонь були достатніми. Розмітка потребує значної витрати часу висококваліфікованого фахівця-розмітника, від індивідуальних якостей якого залежить точність розмітки. Установлення за розміткою не забезпечує високої точності оброблення. Такий спосіб установлення застосовується при обробленні великих відливків складної форми і великих поковок в одиничному й дрібносерійному виробництвах;

- установлення деталей у спеціальному пристрої. Цей спосіб установлення забезпечує надання і закріплення певного положення деталі для оброблення з досить високою точністю і малою витратою часу.

У процесі виготовлення машини виникають завдання з'єднання з необхідною точністю двох або більшої кількості деталей. Такі завдання

виникають також при обробленні деталей на різних технологічних системах, коли деталь необхідно встановити і закріпити із заданою точністю на столі верстата або в пристрої. Аналогічні завдання доводиться вирішувати при встановленні та закріпленні різального інструменту на шпинделі верстата, борштанзі, різцетримачі, а також щоразу, коли необхідно виконати вимірювання деталі або заготовки за допомогою будь-якого вимірювального інструменту або пристрою.

Для вирішення завдань такого виду призначено основи базування.

За державним стандартом база – це поверхня або сполучення поверхонь, вісь, точка, які належать заготовці або виробу і використовуються для базування.

Базування – це надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат: при складанні надання деталі потрібного положення у виробі відносно інших, раніше встановлених деталей або виробів; при механічному обробленні – надання заготовці потрібного положення на верстаті відносно його елементів, що визначають траєкторію відносного руху деталі та оброблювального інструменту; при вимірюванні – надання заготовці або деталі потрібного положення відносно вимірювального інструменту.

Базами можуть бути: площина (рис. 1.27, а), циліндр (рис. 1.27, б), сукупність поверхонь (рис. 1.27, в, г), лінія: вісь (рис. 1.27, д), коло (рис. 1.27, е), точка (рис. 1.27, ж).

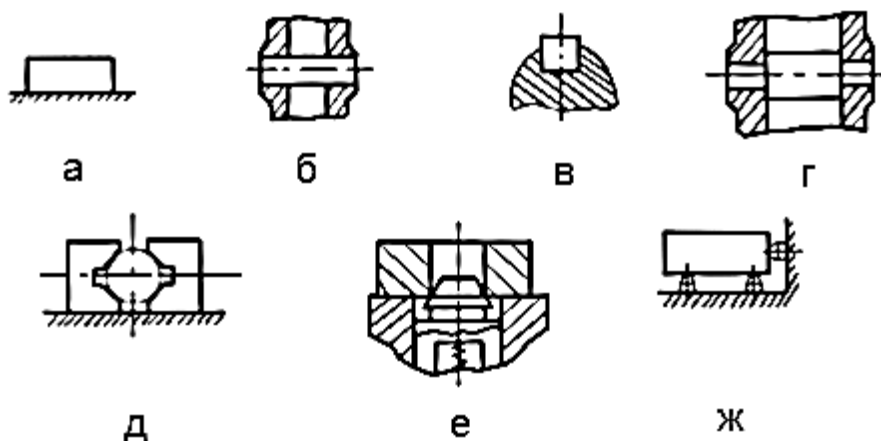


Рис. 1.27. Види баз:

а – площина; б – циліндр; в, г – сукупність поверхонь;
д – вісь; е – коло; ж – точка

Бази відрізняються за призначенням, позбавленням ступенів вільності та характером виявлення. За призначенням розрізняють бази конструкторські, технологічні та вимірювальні. Відповідно до стандарту ДСТУ 2232-93 бази класифікуються за такими ознаками:

Конструкторська база деталі (КБ) – це поверхня (або сполучення поверхонь), вісь або точка, що призначені для визначення положення деталі в складальній одиниці і належать їй (рис. 1.28).

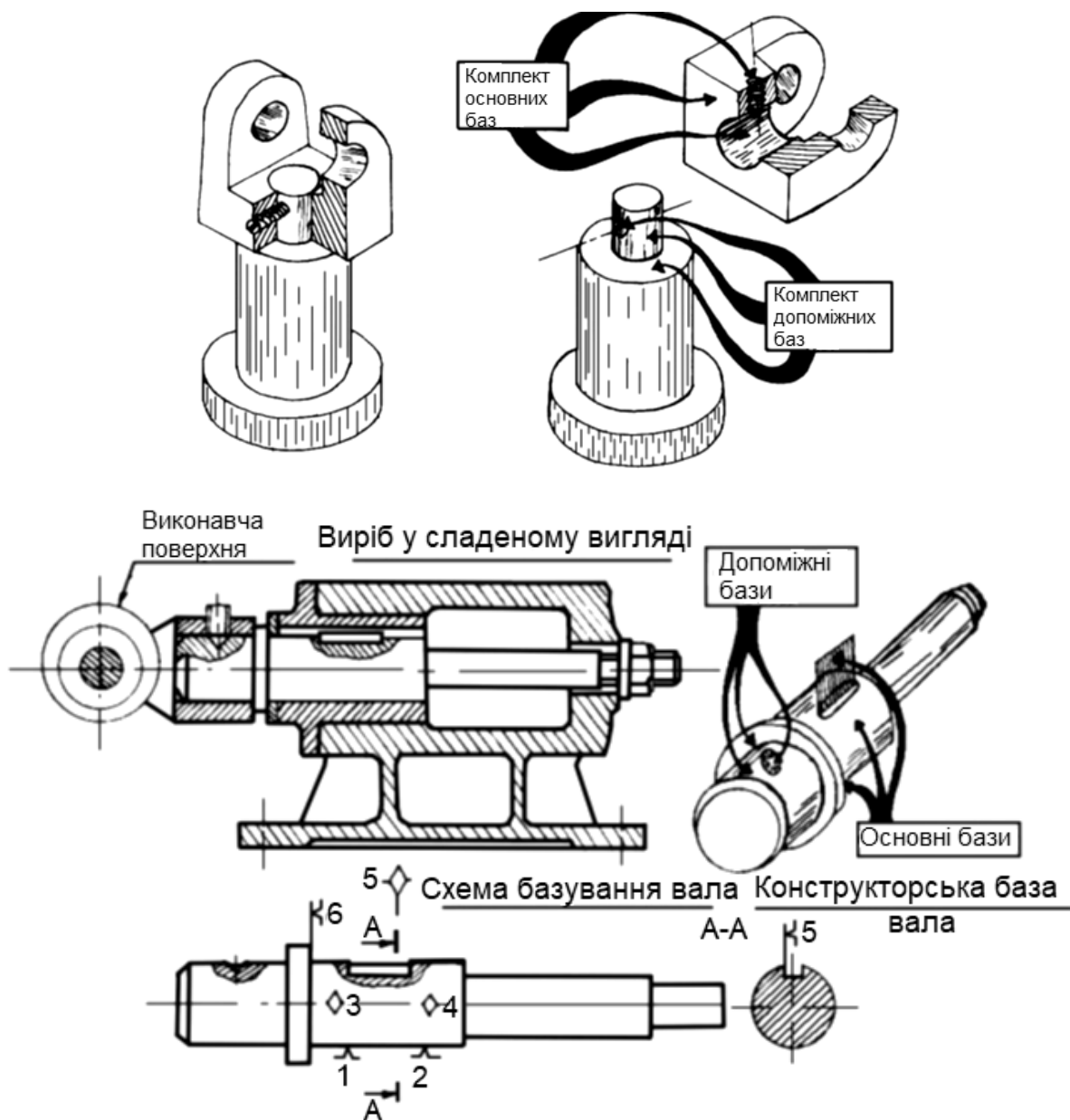


Рис. 1.28. Конструкторські бази

Відносно конструкторської бази деталі або складальної одиниці визначають на кресленнях розрахункове положення інших деталей або складальних одиниць, або інших поверхонь і геометричних елементів певної деталі.

Дуже часто як конструкторську базу використовують геометричні елементи деталі: осьові лінії, бісектриси кутів, осі симетрії, ділильне коло зубчастого вінця тощо, що є зручним для оформлення креслень і розмірних розрахунків конструкцій.

Конструкторська база може бути основною та допоміжною. *Основна база* – це конструкторська база, що належить певній деталі або складальній одиниці і використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжна база – це конструкторська база, що належить певній деталі або складальній одиниці і використовується для визначення положення приєднаних до них виробів (рис. 1.28).

Конструкторськими базами користуються конструктори для забезпечення правильного виконання службового призначення деталі та складальники, що виконують складання виробу.

Технологічна база (ТБ) – це база, що використовується для визначення положення заготовки або виробу при виготовленні, складанні або ремонті (рис. 1.29).

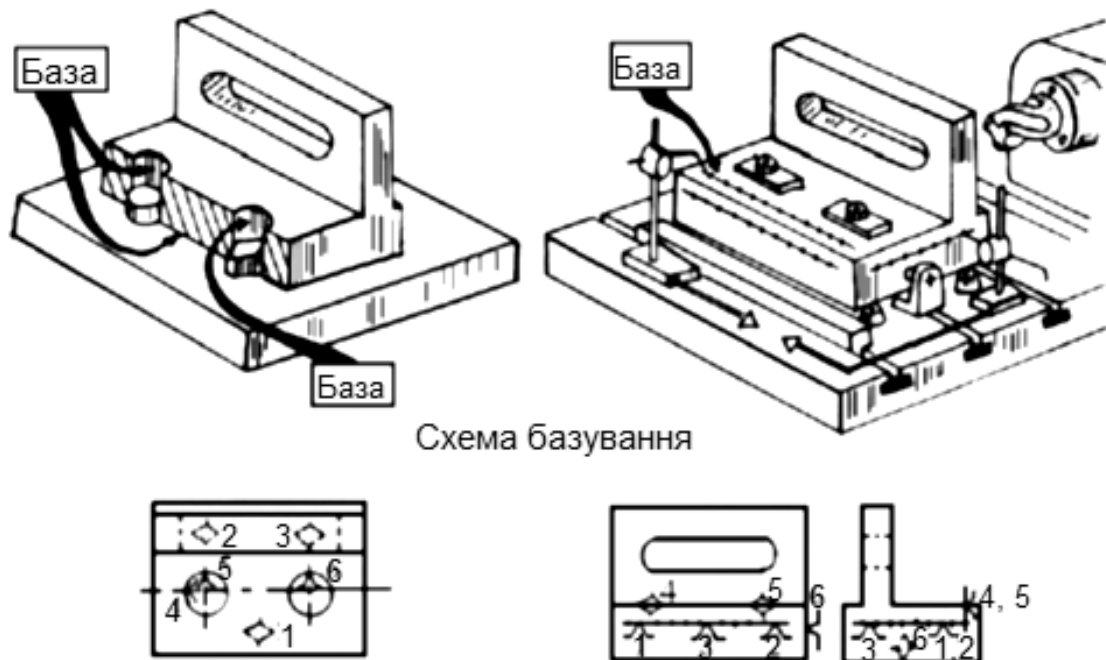


Рис. 1.29. Технологічні бази

За характером виявлення (рис. 1.30) бази поділяють на явну та приховану.

Явна база – це база заготовки або виробу у вигляді реальної поверхні, розмічального штриха або точки перетину штрихів.

Прихована база – це база заготовки або виробу у вигляді уявної площини, осі або точки (площина симетрії, вісь, точки).

За особливостями застосування технологічні бази, що використовуються при механічному обробленні, поділяють на контактні, настрювальні та перевірні.

Контактними базами називають технологічні бази, які безпосередньо стикаються з відповідними установлювальними

елементами пристроїв або верстатів. Контактні технологічні бази широко використовуються при роботі на налагоджених верстатах у великосерійному виробництві.

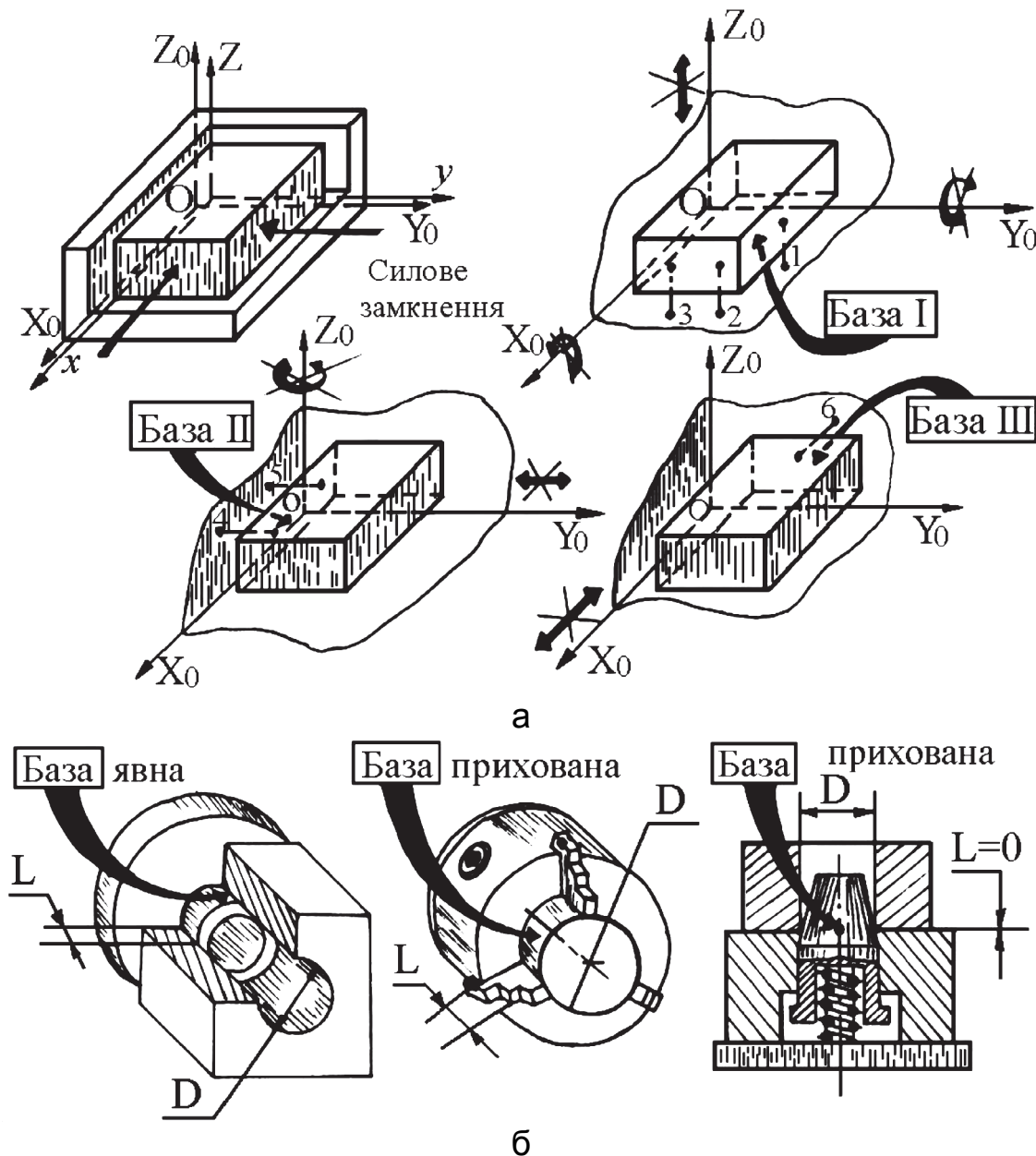


Рис. 1.30. Базис явні і приховані: а – установлювальна, напрямна та опорна явні базис; б – подвійна опорна базис (явна і прихована)

Настроювальні базис – це поверхні заготовки, відносно яких орієнтуються оброблені поверхні і які пов'язані з ними безпосередніми розмірами і створюються при одному встановленні з поверхнями заготовки, що розглядаються.

Настроювальна базис пов'язана безпосереднім розміром з опорною базою заготовки, яка є технологічною базою для отримання лінійних розмірів тільки при обробленні самої настроювальної бази, з якою вона пов'язана безпосереднім розміром (рис. 1.31).

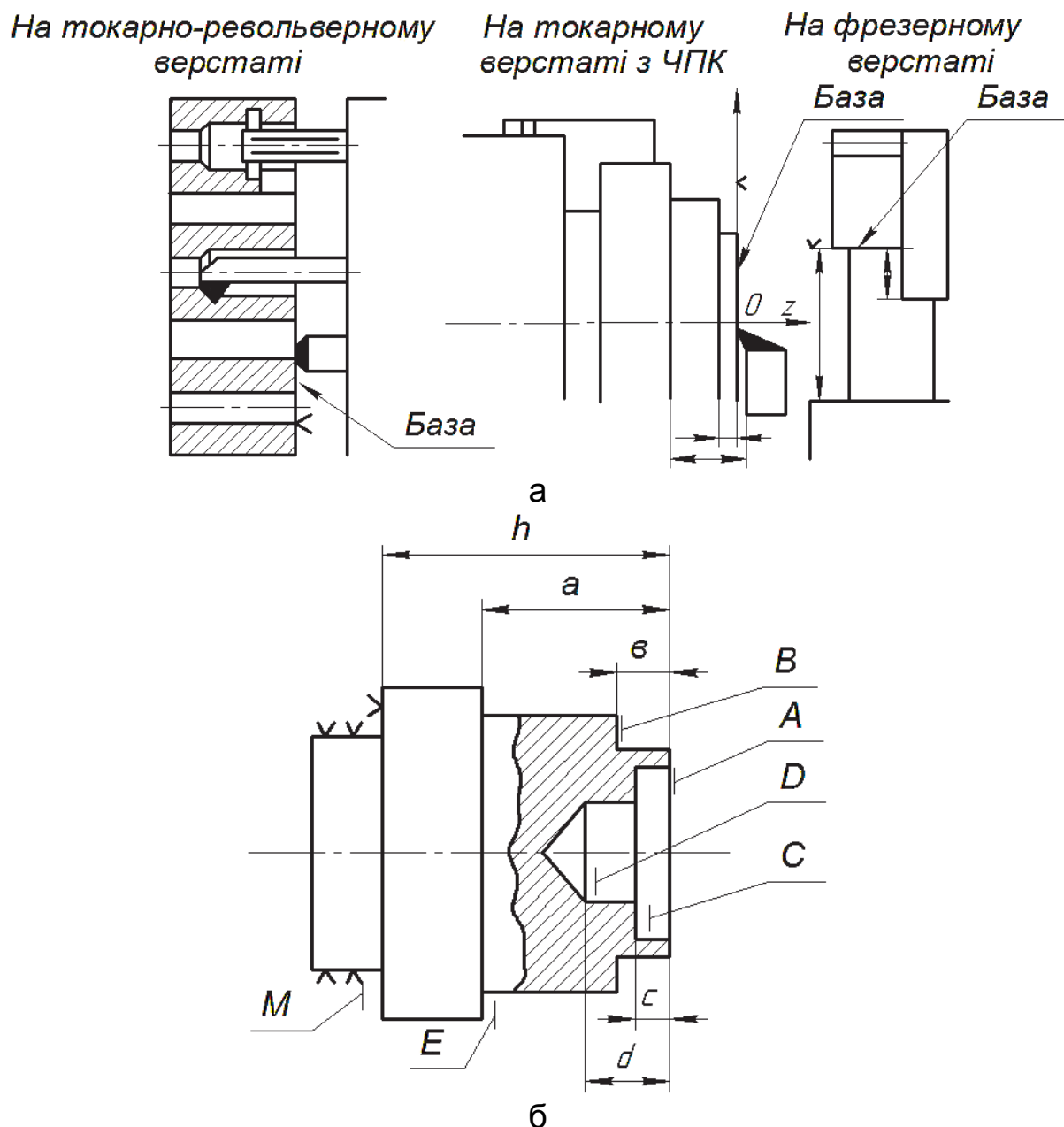


Рис. 1.31. Настроювальні бази (а), використання настроювальної бази **А** при обробленні заготовки на револьверному верстаті (б)

Настроювальна база є технологічною для оброблення решти поверхонь. Залежно від конфігурації та поставлених до неї вимог заготовка може мати декілька настроювальних баз одного напрямку розмірів, що деякою мірою утруднює настроювання верстата, проте створює можливість безпосереднього проставлення розмірів між поверхнями, взаємне розташування яких є важливим для готового виробу.

Перевірні технологічні бази – це поверхня, лінія або точка заготовки чи деталі, відносно яких проводиться вивірення положення заготовки на верстаті або встановлення різального інструменту при обробленні заготовки, а також вивірення положення інших деталей або складальних одиниць при складанні виробу (рис. 1.32, а, б).

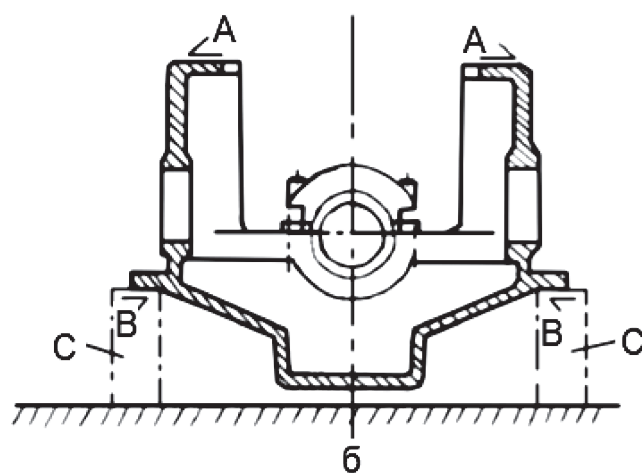
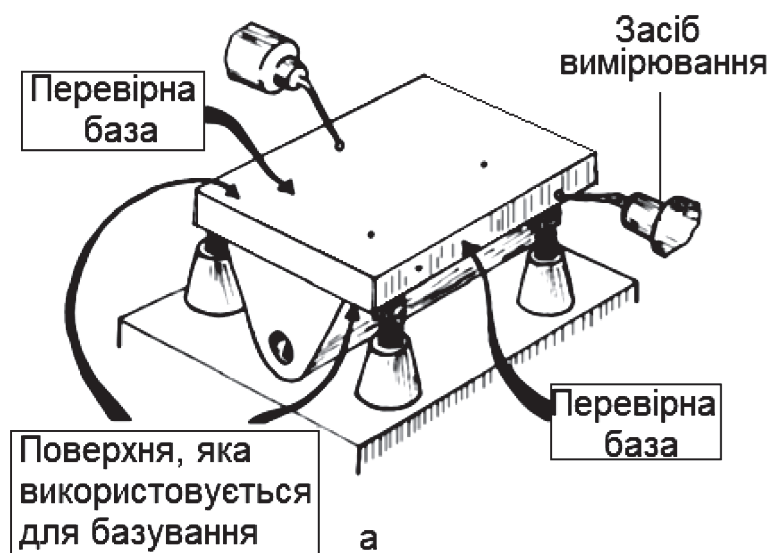


Рис. 1.32. Перевірні бази (а) та використання перевірної бази при розточуванні фундаментальної рами двигуна (б)

З прикладу (рис. 1.32, б) видно, що при роботі за технологічними перевірними базами точність та якість опорних поверхонь заготовки (площина **В**) не суттєво впливають на точність оброблення заготовки. Цей метод не потребує застосування складних пристроїв для орієнтування заготовки на верстаті, необхідних при обробленні за методом опорних баз.

Практика показує, що перевірна технологічна база, яка застосовується при складанні та механічному обробленні, може бути матеріальною (уявною) або умовною (прихованою). В останньому випадку вона матеріалізується за допомогою ватерпасів, оптичних коліматорів та інших пристроїв.

Вимірювальна база (ВБ) – це база деталі або складальної одиниці, від якої виконується відлік виконуваних розмірів при обробленні або складанні виробу або перевірка відносного розташування поверхонь деталі або елементів виробу (рис. 1.33).

Вимірювальна база на кресленні пов'язана з контрольними поверхнями деталі безпосередніми розмірами або певними умовами. Зазвичай вимірювальна база збігається з конструкторською. Якщо вимірювальна база являє собою матеріальну поверхню, то вимірювання виконують звичайними прямими методами вимірювання, якщо вимірювальна база – уявний елемент (бісектриса кута, осьова лінія, площина симетрії тощо), то вона матеріалізується за допомогою допоміжних деталей (штирів, пальців, валиків, натягнутих струн тощо), оптичних установок (коліматорів) та інших пристроїв.

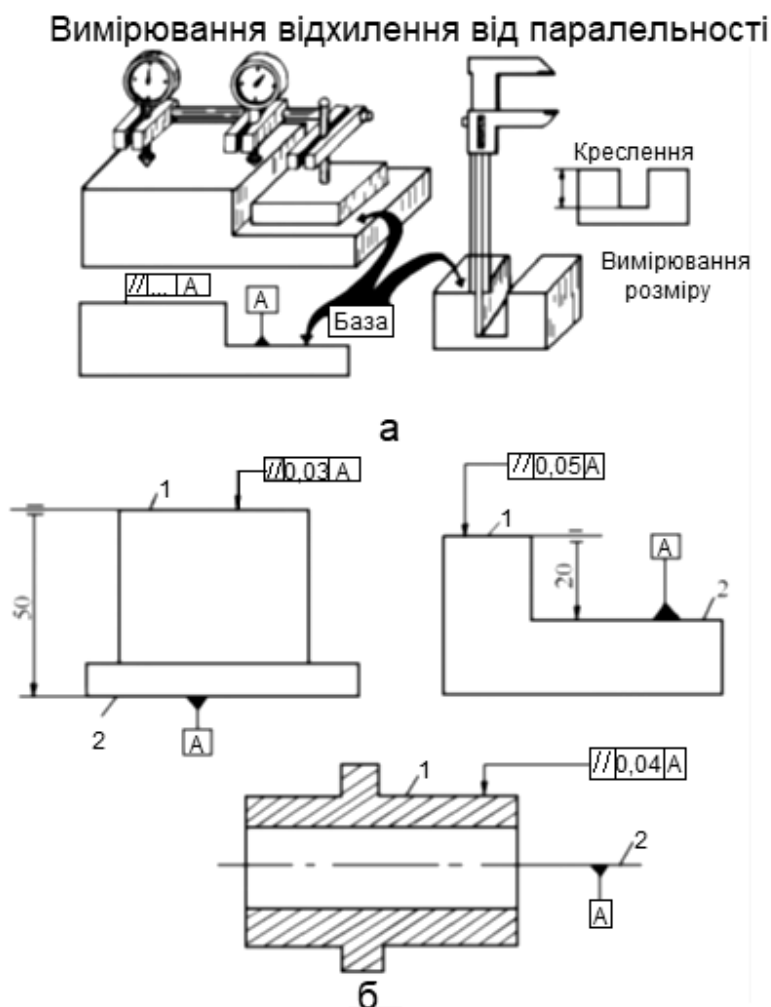


Рис. 1.33. Вимірювальні бази: 1 – досліджувана (вимірювальна) поверхня; 2 – вимірювальна база базування твердого тіла

Запитання для самоконтролю

1. Що таке ступінь вільності?
2. Наведіть класифікацію баз за кількістю ступенів вільності.
3. Правило шести точок.
4. Правила вибору технологічних баз.
5. У чому суть принципу сталості баз?

6. У чому суть принципу суміщення баз?
7. Правила вибору технологічних баз.
8. Елементи базування: опорна точка, комплект баз.
9. Елементи базування: закріплення, установлення.
10. Теоретичні схеми базування деталей різних форм.
11. Що таке ступінь базування?
12. Наведіть класифікацію баз.
13. Що таке конструкторська база?
14. Що таке технологічна база?
15. Що таке вимірювальна база?

1.22. Теорія розмірних зв'язків у виробках машинобудування. Побудова, розрахунок та аналіз розмірних ланцюгів

Побудова машини здійснюється шляхом з'єднання деталей. За функціями, які виконують різні поверхні деталей у машині, їх можна поділити на чотири види: виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази і вільні поверхні.

Виконавчі поверхні – це поверхні або їх з'єднання, за допомогою яких машина виконує службове призначення. У токарного верстата (рис. 1.34) – це передній кінець шпинделя, конус пінолі задньої бабки, поверхні різцетримача. Поверхні 1 і 2 (рис. 1.34) призначено для базування патрона, поверхня 3 – для переднього центру при обробленні в центрах, поверхня 4 – для заднього центру, поверхні 5 і 6 визначають положення різця відносно оброблюваної поверхні і безпосередньо передають йому необхідний для оброблення рух.

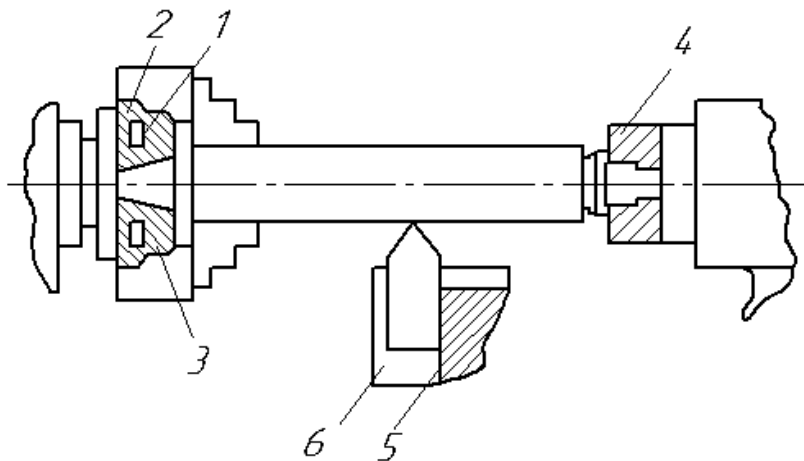


Рис. 1.34. Види поверхонь на прикладі токарного верстата

У шпинделя поряд з поверхнями 1–3 виконавчими поверхнями є підшипникові шийки, їх торці, бічні поверхні шліців або шпонкових пазів, за допомогою яких шпиндель виконує своє службове призначення, у

зубчастого колеса – отвір, один із торців маточини, бічна поверхня шпонкового паза, бічні поверхні зубців.

Основні бази – це поверхні деталі, які визначають її положення у виробі.

У вала ступеня редуктора (рис. 1.35) – це підшипникові шийки 1, 2 і торець 3, у зубчастого колеса – отвір 4, торець 5 і бічна поверхня шпонкового паза, у кришки – циліндрична центрувальна поверхня 7, її торець 6 і поверхня одного з отворів для пропускання болтів кріплення кришки.

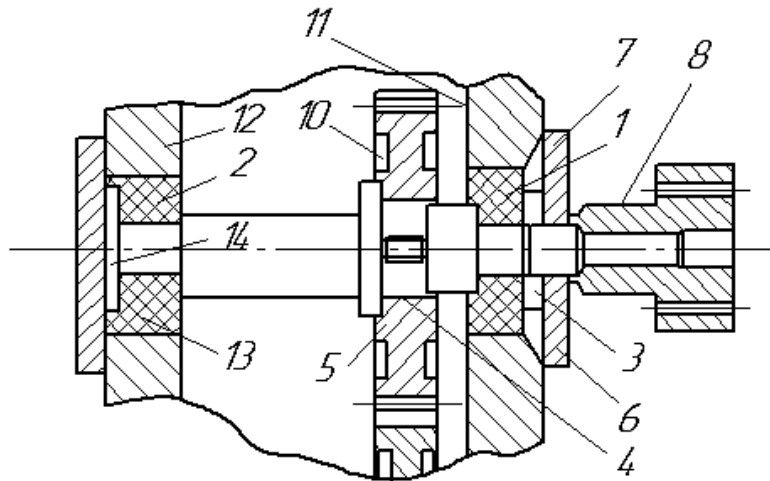


Рис. 1.35. Види поверхонь на прикладі вузла редуктора

Допоміжні бази – це поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до певної деталі всіх інших деталей.

У корпусі – це отвори під підшипники, у вала – шийка 4, торець 5, шпонкові пази для колеса і півмуфти, шийка 8 і торець 9.

Вільні поверхні – це поверхні деталі, які при роботі в машині не контактують з поверхнями інших деталей.

Вільні поверхні допомагають раніше розглянутим поверхням надати деталі потрібних конструктивних форм, які необхідні згідно з їх службовим призначенням.

Приклади вільних поверхонь: у корпусі – поверхні 11, 12, поверхня 13 кришки, торець 14 вала, поверхня 10 зубчастого колеса та ін.

Для того щоб виконавчі поверхні машини та її механізми мали змогу рухатись та займати відносне положення, необхідно з'єднати деталі машин, які їх несуть, двома типами інших деталей.

До першого типу належать всі деталі, які виконують функції ланок кінематичних ланцюгів машини та її механізмів.

До другого типу належать деталі, які використовуються для з'єднання та забезпечення відносного положення перших.

Відповідно при складанні машини утворюються два види зв'язків між виконавчими поверхнями: кінематичний і розмірний. Розмірний, у свою

чергу, поділяється на два підвиди: перший визначає відстань, другий – повороти поверхонь.

Відстані та повороти виконавчих поверхонь утворюються за допомогою розмірів, які належать цілій низці деталей.

У загальному випадку всі незалежні, розташовані по замкненому контуру один за одним розміри прийнято називати *розмірними ланцюгами*. Приклади розмірних ланцюгів показано на рис. 1.36 – 1.38.

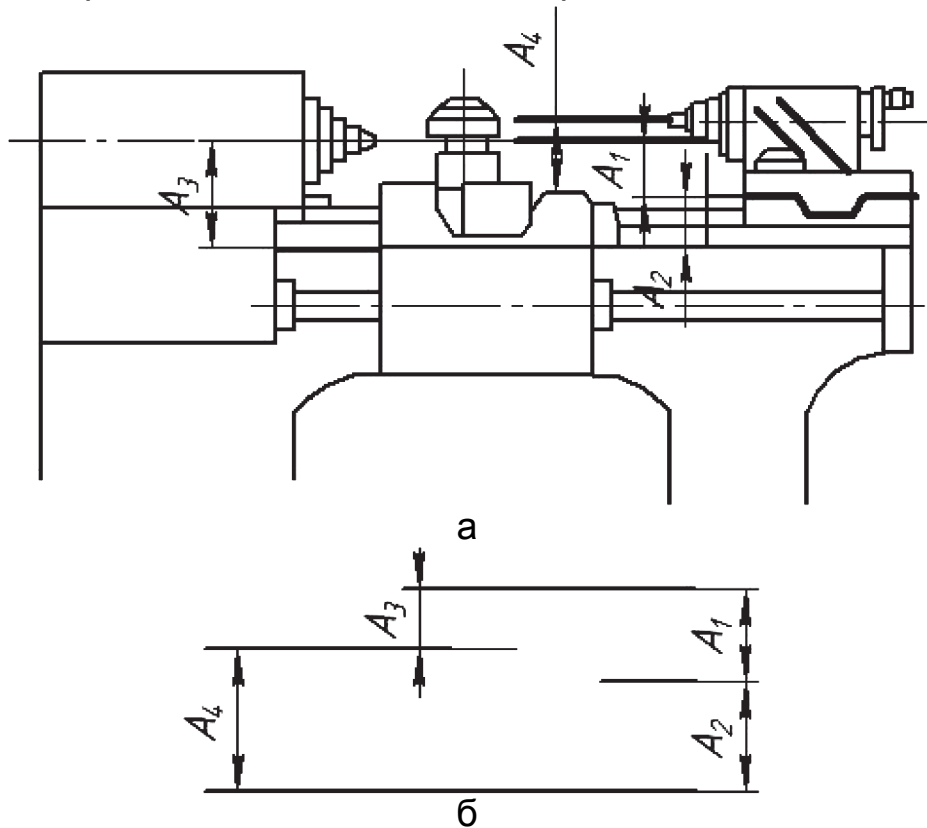
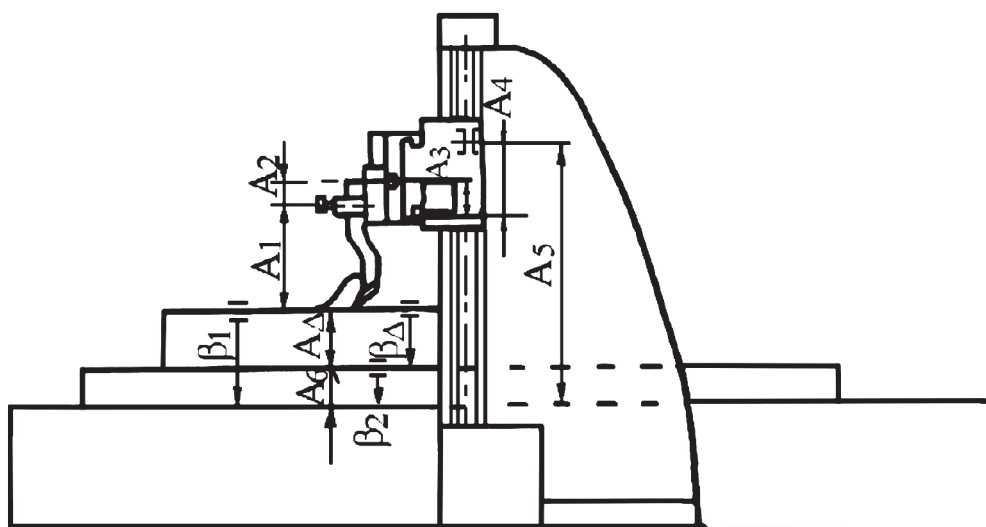


Рис. 1.36. Конструкційний розмірний ланцюг: а – схема розмірного виду зв'язку; б – схема розмірного ланцюга



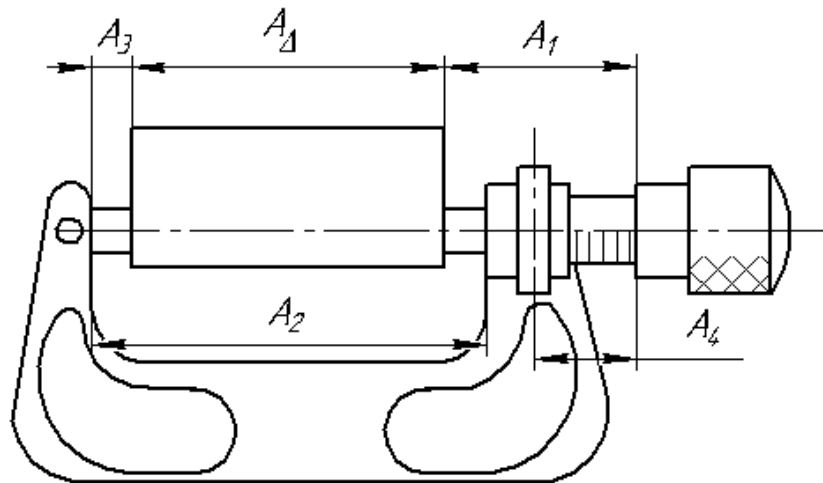


Рис. 1.38. Вимірювальний розмірний ланцюг

Для забезпечення точності розмірних зв'язків машин використовується теорія розмірних ланцюгів.

Використання теорії розмірних ланцюгів дає змогу знаходити економічні шляхи вирішення завдань, пов'язаних з досягненням і збереженням потрібної точності технологічного процесу.

Розмірним ланцюгом називається сукупність розмірів, що безпосередньо беруть участь у розв'язанні поставленої задачі і утворюють замкнений контур.

Лінійні розмірні ланцюги позначаються великими літерами українського алфавіту, кутові – літерами грецького алфавіту. Для спрощення розв'язання розмірних ланцюгів вони зображуються графічно у вигляді розмірних схем (рис. 1.39).

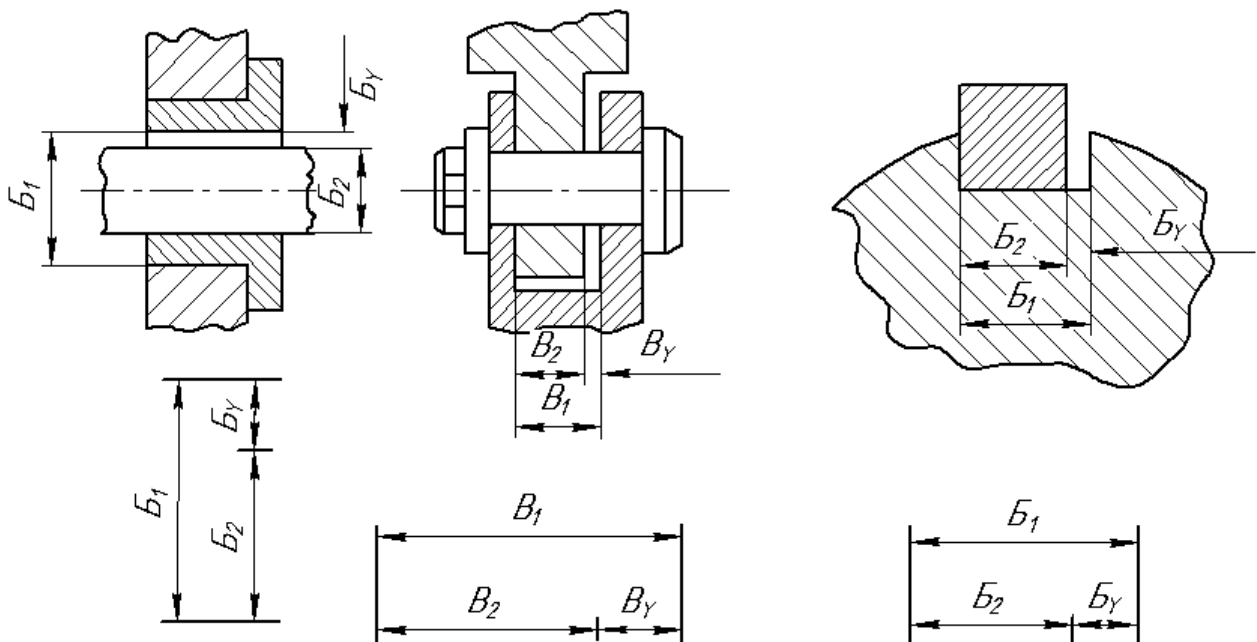


Рис. 1.39. Розмірні ланцюги та їх схеми

Розмірний ланцюг складається із замикальної ланки та складових.

Замикальна ланка – це ланка розмірного ланцюга, яка є вихідною при формулюванні задачі або одержується останньою в результаті розв’язання (в тому числі при виготовленні та вимірюваннях). Таким чином, замикальна ланка складального розмірного ланцюга – це ланка, яка з’являється в результаті складання, тобто замикальна ланка технологічного розмірного ланцюга – це ланка, яка безпосередньо у певній операції не забезпечується, а є функцією всіх складових ланок цього розмірного ланцюга.

На робочих кресленнях розмір замикальної ланки не проставляється, оскільки вона одержується в результаті виконання розмірів, указаних на кресленні.

Складовою ланкою розмірного ланцюга називається ланка розмірного ланцюга, із зміною якої змінюється замикальна ланка. Складові ланки розмірного ланцюга нумеруються послідовно в напрямку обертання годинникової стрілки, починаючи з ланки, сусідньої із замикальною.

Складові ланки розмірного ланцюга поділяються на збільшувальні і зменшувальні. *Збільшувальною* називається складова ланки розмірного ланцюга, зі збільшенням якої замикальна ланка збільшується. *Зменшувальною ланкою* розмірного ланцюга називається складова ланки, зі збільшенням якої замикальна ланка зменшується.

Рекомендується збільшувальні ланки позначати стрілками над відповідно розмірною літерою, спрямованою праворуч, а зменшувальні – стрілками ліворуч (рис. 1.40, б).

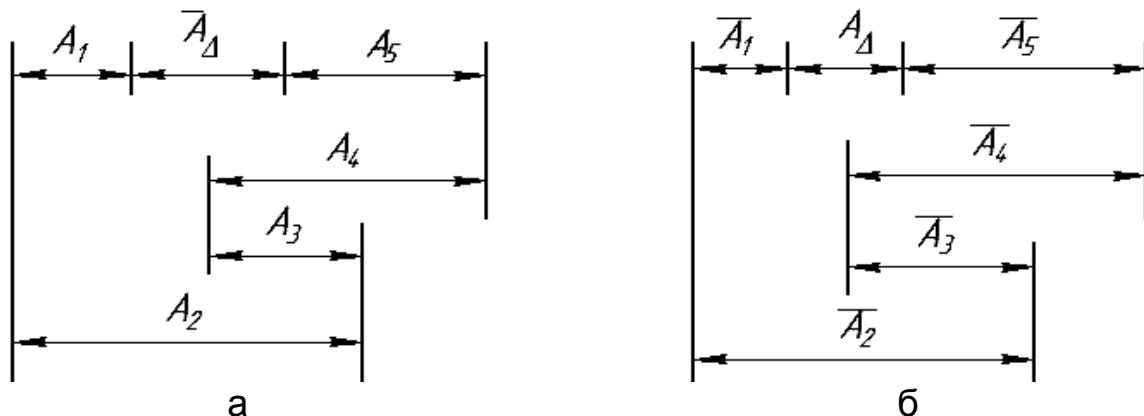


Рис. 1.40. Визначення характеру ланок розмірного ланцюга

Компенсувальною ланкою розмірного ланцюга є ланка цього розмірного ланцюга, зміною якої при складанні досягається потрібна точність замикальної ланки. Визначається вона як складова ланка, але з додаванням індексу *K*. На розрахункових схемах може бути взята у прямокутну рамку.

Розмірні ланцюги класифікуються за такими ознаками:

1. За сферою застосування:

- конструкторські (див. рис. 1.36);
- технологічні (див. рис. 1.37);
- вимірювальні (див. рис. 1.38).

2. За місцем у виробі:

- детальні (визначають точність відносного положення поверхонь або осей окремої деталі);
- складальні (визначають точність відносного положення поверхонь або осей деталей, які входять до складальної одиниці).

3. За розташуванням ланок:

- лінійні, ланки ланцюга є лінійними розмірами і розташовані на паралельних прямих;
- кутові, ланки ланцюга є кутовими розмірами, відхилення яких можуть задаватись у лінійних величинах, віднесених до умовної довжини, або в градусах (рис. 1.41, а, б);

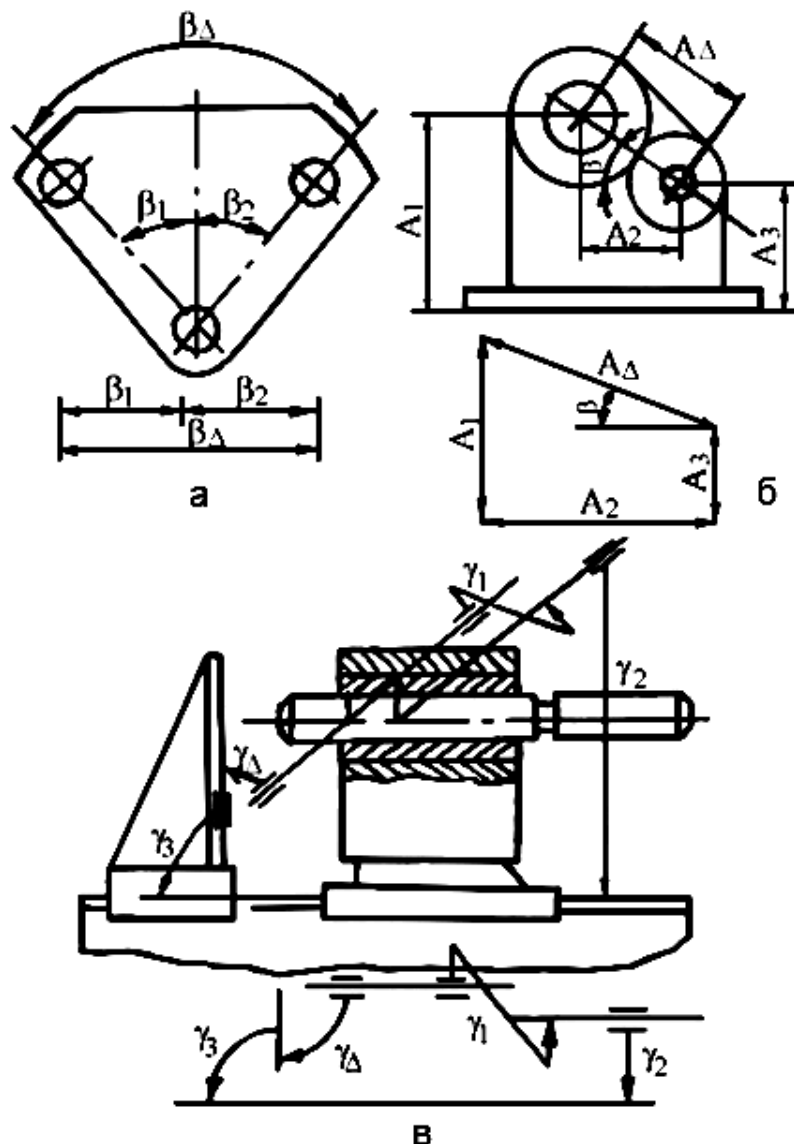


Рис. 1.41. Приклади розмірних ланцюгів: кутових (а, в) і площинного (б)

– плоскі, ланки ланцюга розташовані довільно в одній або кількох паралельних площинах (рис. 1.41, в);

– просторові, ланки ланцюга розташовані довільно у просторі.

4. За характером ланок:

– скалярні, усі ланки є скалярними величинами;

– векторні, усі ланки є векторними величинами;

– комбіновані, частина складових ланок розмірного ланцюга – векторні величини, інші – скалярні величини.

5. За характером взаємних зв'язків:

– незалежні, розмірні ланцюги, які не мають спільних ланок;

– паралельно зв'язані, розмірні ланцюги (два чи більше), які мають хоча б одну спільну ланку (рис. 1.42, а, б);

– послідовно зв'язані, розмірні ланцюги, з яких кожний наступний має одну спільну базу з попереднім (рис. 1.42, в);

– комбіновано зв'язані, розмірні ланцюги, які мають спільні ланки та спільні бази.

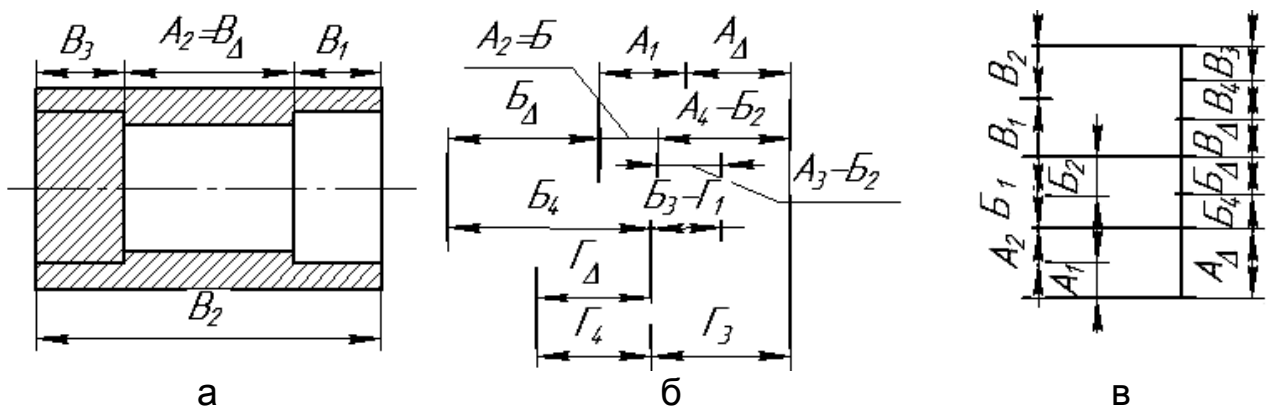


Рис. 1.42. Приклади розмірних ланцюгів: а – паралельно зв'язаний розмірний ланцюг; б – схема паралельно зв'язаного розмірного ланцюга; в – схема послідовно зв'язаного розмірного ланцюга

Розміри деталей (як і самі деталі) у зібраному виробі взаємозв'язані. Ці взаємозв'язки зображують розмірними зв'язками, які утворюють конструкторські розмірні ланцюги.

Конструкторський розмірний ланцюг – це ланцюг, який визначає відстань або відносний поворот між поверхнями або осями поверхонь деталей у виробі.

Конструкторські розмірні ланцюги можуть бути подетальними та складальними.

Розмірний ланцюг, який визначає точність відносного розташування осей і поверхонь однієї деталі, називається подетальним розмірним ланцюгом.

Розмірний ланцюг, який визначає точність відносного розташування осей і поверхонь декількох деталей у складальній одиниці, називається

складальним розмірним ланцюгом.

Технологічний розмірний ланцюг – це розмірний ланцюг, який забезпечує потрібну відстань або відносний поворот між поверхнями виробу при виконанні операції або низки операцій складання, оброблення, при налагодженні верстата або при розрахунку міждіаційних розмірів.

Вимірювальний розмірний ланцюг – це розмірний ланцюг, який призначено для визначення відстані або відносного повороту між поверхнями виробу, що виготовляється або вже виготовлений.

За допомогою теорії розмірних ланцюгів розв'язуються такі конструкторські, технологічні та метрологічні завдання:

1. Визначення геометричних і кінематичних зв'язків між розмірами деталей, розрахунок номінальних значень, відхилень та допусків розмірів ланцюгів.

2. Розрахунок норм точності та розроблення технічних умов на машини та їх складові частини.

3. Аналіз правильності проставлення розмірів і відхилень на робочих кресленнях деталей.

4. Розрахунок міждіаційних розмірів, припусків і допусків, перерахунок конструкторських розмірів на технологічні (вибір варіанта базування).

5. Обґрунтування послідовності технологічних операцій при виготовленні та складанні виробів.

6. Обґрунтування і розрахунок необхідної точності пристроїв.

7. Вибір засобів і методів вимірювань, розрахунок точності вимірювань.

Усі задачі, що розв'язуються за допомогою розмірних ланцюгів, поділяють на два типи: задачі синтезу (пряма, проєктна) та задачі аналізу (обернена, перевірна).

За заданим номінальним розміром і допуском (відхилення) замикальної ланки потрібно визначити номінальні розміри, допуски та граничні відхилення всіх складових ланок розмірного ланцюга. Така задача належить до проєктного розрахунку розмірного ланцюга і називають її *задачею синтезу*.

За встановленими номінальними розмірами, допусками та граничними відхиленнями складових ланок визначити (або перевірити) номінальний розмір, допуск та граничні відхилення замикальної ланки. Така задача належить до перевірного розрахунку ланцюга і називають її *задачею аналізу*.

Основною задачею є проєктна, оскільки вона дає змогу вирішувати головне завдання при конструюванні машини – визначення параметрів складових ланок, що забезпечують якість вихідної ланки машини або деталі.

Перевірну задачу розв'язують під час аналізу вже спроектованої конструкції. Потреба в її розв'язанні виникає за необхідності перевірки

правильності раніше виконаних розрахунків (розв'язання прямої задачі) або прийнятих без розрахунку розмірів або допусків.

Метод розрахунку розмірних ланцюгів, що називається методом максимуму-мінімуму, базується на припущенні, що на складання надходять деталі з граничними розмірами в такому сполученні, що в розмірному ланцюзі всі збільшувальні ланки будуть мати найбільші граничні розміри, а всі зменшувальні – найменші граничні розміри, або навпаки, в результаті чого розмір замикальної ланки буде або максимальним, або мінімальним.

Імовірність такого випадку дуже мала, внаслідок чого розрахунки за цим методом призводять до великих запасів точності. Це – недолік цього методу, тобто він не відображає реальну картину, приводить до необхідності призначати жорсткі допуски, тому може застосовуватись в одиничному та малосерійному виробництвах, для розмірних ланцюгів невисокої точності, а якщо точність розмірного ланцюга підвищена, то він повинен мати невелику кількість ланок.

Незважаючи на ці недоліки, метод все ж таки широко застосовується завдяки таким його перевагам, як простота, наочність, мала трудомісткість обчислювальних робіт, повна гарантія від браку через неточність замикальної ланки, відсутність необхідності допускати при розрахунках хоча б невеликий відсоток ризику.

Розв'язання оберненої задачі методом максимуму-мінімуму зазвичай виконують у такій послідовності:

- виявлення розмірного ланцюга з креслень та складання схеми розмірного ланцюга;
- визначення типу складових ланок;
- на основі схеми розмірного ланцюга та встановлених типів складових ланок складається вихідне рівняння, яке виражає залежність номінального розміру, допуску і граничних відхилень замикальної ланки від номінальних розмірів, допусків і граничних відхилень складових ланок.

На рис. 1.43 показано приклад складання схеми розмірного ланцюга. Визначення номіналу:

$$A_{\Delta} = (A_4 + A_5 + A_6) - (A_1 + A_2 + A_3).$$

У загальному вигляді

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_n^{m-n} \vec{A}_i.$$

Згідно з цим рівнянням, а також схемою на рис. 1.43

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_{i \max} - \sum_n^{m-n} \vec{A}_{i \min};$$

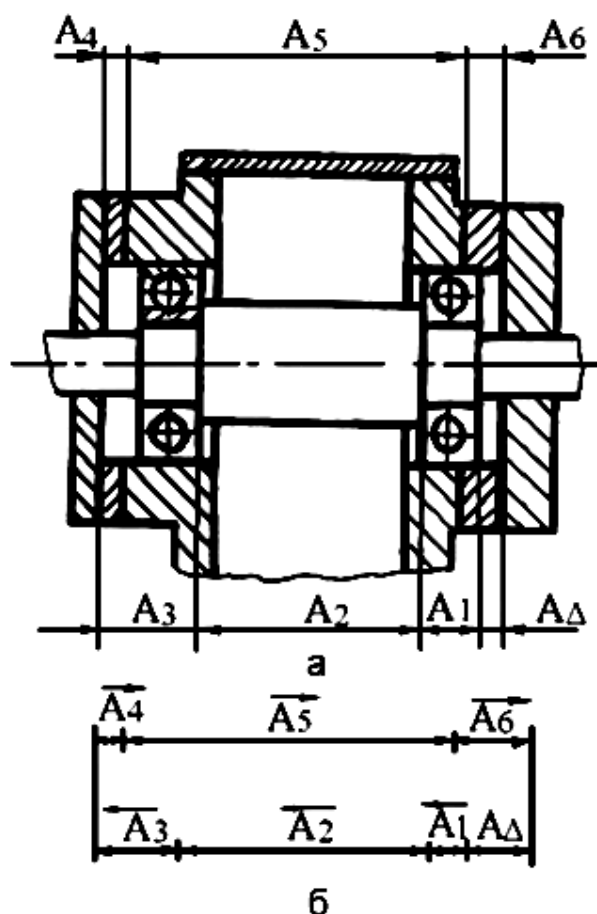


Рис. 1.43. Фрагмент механізму (а) і один з його складальних ланцюгів (б)

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_{i \min} - \sum_n^{m-n} \vec{A}_{i \max}.$$

Для визначення допуску потрібно визначити різницю між $A_{\Delta \max}$ та $A_{\Delta \min}$, тобто відняти почленно друге рівняння від першого. Тоді матимемо

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{T}_i + \sum_n^{m-n} \vec{T}_i = \sum_{i=1}^{m-n} \vec{T}_i.$$

Для визначення граничних відхилень розміру замикальної ланки $\Delta_{B\Delta}$ та $\Delta_{H\Delta}$ достатньо з кожного наведеного вище рівняння відповідно $A_{\Delta \max}$, $A_{\Delta \min}$ відняти почленно значення відповідних номінальних розмірів, у результаті чого одержимо

$$\begin{aligned} \Delta_{B\Delta} &= \sum_{i=1}^n \bar{\Delta}_{B_i} - \sum_n^{m-n} \bar{\Delta}_{H_i}; \\ \Delta_{H_i} &= \sum_{i=1}^n \bar{\Delta}_{H_i} - \sum_n^{m-n} \bar{\Delta}_{B_i}. \end{aligned}$$

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення поверхонь деталі: виконавчих, допоміжних, вільних.
2. Дайте визначення розмірного ланцюга.
3. Дайте визначення типу ланок: замикальної, складової, збільшувальної, зменшувальної, компенсатора.
4. Як умовно позначаються на схемах ланки розмірного ланцюга?
5. Як визначається характер (тип) ланок на схемі розмірного ланцюга?
6. Дайте характеристику розмірних ланцюгів за областю застосування та місцем у виробі.
7. Дайте характеристику розмірних ланцюгів за розташуванням ланок та їх типом.
8. Дайте характеристику розмірних ланцюгів за характером взаємозв'язків.
9. Які задачі розв'язуються за допомогою розмірних ланцюгів? Охарактеризуйте їх суть.
10. Охарактеризуйте суть розрахунку розмірних ланцюгів за методом максимуму-мінімуму.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

2.1. Методи оброблення основних поверхонь деталей машин

Деталі, що мають форму тіл обертання, можна поділити на три класи: вали, втулки і диски.

До класу «вали» належать вали, осі, пальці, цапфи і т. п., які утворюються в основному зовнішньою поверхнею обертання (циліндричною або конічною) і декількома торцевими поверхнями.

До класу «втулки» належать втулки, вкладиші, гільзи, букси і т. п., які характеризуються наявністю зовнішньої і внутрішньої циліндричних поверхонь.

До класу «диски» входять диски, шків, маховики, кільця, фланців та інші деталі, у яких довжина (ширина) значно менше діаметра і торцеві поверхні мають велику площу.

Вали виготовляють з прокату, поковок, штампованих заготовок і виливків. За формою вали поділяють на гладкі, східчасті, ексцентричні, колінчасті, за розмірами – дрібні (довжиною 150...200 мм), середні (довжиною до 1000 мм), великі (довжиною більше 1000 мм). Перед механічним обробленням вали піддаються виправленню на спеціальних правильних верстатах і розрізанню. Технологічними базами переважної більшості валів є центрові отвори. Вони повинні мати достатні розміри, кут конусності має точно збігатися з кутом конусності центрів верстата (переважно 60°, іноді при обробленні великих важких заготовок – 75...90°). З торця вала передбачається спеціальна фаска під кутом 120°.

Центрування здійснюється на вертикально-свердлильних, горизонтально-розточувальних, токарних і револьверних верстатах, а в серійному та масовому виробництві – на фрезерно-центрувальних верстатах. Торцеві поверхні вала спочатку фрезеруються, а потім заготовка переміщується на другу позицію і свердлються центрувальні отвори спеціальними комбінованими центрувальними свердлами. Заготовка базується в самоцентрувальних призмах, поздовжнє переміщення обмежується упором.

Точіння — найпоширеніший метод оброблення різанням тіл обертання. Застосовується для оброблення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь заготовок (циліндричних, конічних і фасонних).

Точіння здійснюється на токарно-гвинторізних, гідрокопіювальних, токарно-револьверних, багаторізцевих, токарно-карусельних, одношпиндельних і багатшпиндельних токарних напівавтоматах і автоматах.

Заготовки встановлюють у центрах верстата або в патронах різних типів: трикулачкових, самоцентрувальних, цангових та ін. При чорновому точінні точність оброблення досягається 14-го квалітету і шорсткості $R_z = 40$ мкм. Чистове точіння забезпечує точність оброблення 7 – 8-го

квалітетів і шорсткість $R_a = 1,25$ мкм. При обробленні довгих, маложорстких валів застосовуються нерухомі й рухомі лунети.

У масовому і великосерійному виробництвах оброблення валів здійснюється на багаторізцевих верстатах, що мають два супорти – передній та задній. Передній супорт, що має поздовжній рух, призначено для точіння. Задній супорт, що виконує поперечний рух, призначено для підрізання торців, прорізання канавок. Різці налагоджуються так, щоб оброблення всіх ділянок закінчувалося одночасно. Багаторізцева обробка застосовується на попередніх операціях. Чистове обточування здійснюється на гідрокопіювальних верстатах (1708, 1Б732), що мають два супорти, розташовані у вертикальній площині. Обточування за копіром здійснюється різцем, розташованим у верхньому супорті. Підрізування торців здійснюється різцями, розташованими в нижньому супорті. В одиничному і малосерійному виробництвах вали обробляють на верстатах із програмним керуванням.

До оздоблювальних методів оброблення належать тонке (алмазне) точіння, шліфування, притирання, суперфінішування, полірування, алмазне вигладжування та обкочування роликami і кульками.

Шліфування є основним і найбільш поширеним методом оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь. Тонке шліфування здійснюється м'якими дрібнозернистими абразивними інструментами на круглошліфувальних, безцентрово-шліфувальних і стрічкошліфувальних верстатах. Процес шліфування здійснюється з поздовжньою подачею і методом врізання. У першому випадку заготовка здійснює зворотно-поступальне поздовжнє переміщення, а в кінці кожного ходу здійснюється поперечна подача.

Другий спосіб полягає в тому, що шліфувальному кругу надається тільки поперечна подача. При шліфуванні на безцентрово-шліфувальному верстаті заготовка встановлюється між двома кругами на спеціальний підтримувальний ніж, виготовлений із стійкого до спрацювання матеріалу. Завдяки скосу, спрямованому в бік ведучого круга, деталь притискається до нього, що сприяє передачі обертального моменту деталі.

Хонінгування валів виконують на спеціальних верстатах, оснащених пристроями із двома півкільцями. На внутрішній стороні півкільця закріплені шліфувальні бруски. Оброблювана деталь, яка охоплюється двома півкільцями, одержує обертальний і поступальний рух. Після 2 – 3 хвилин хонінгування верстат автоматично вимикається і деталь звільняється.

Суперфінішування схоже на хонінгування, оскільки при цьому як обробний інструмент також застосовують дрібнозернисті абразивні бруски. Відмінність суперфінішування від хонінгування полягає в тому, що при суперфінішуванні поряд з обертальним і поступальним поздовжніми рухами заготовка має ще коливальний рух, який вважається головним робочим рухом. Як мастильну рідину використовують суміш масла з гасом

у співвідношенні 1:10. Масляна рідина має бути дуже чистою, оскільки наявність дрібних металевих або абразивних частинок може спричинити появу рисок на поверхні. На початку процесу мікронерівності на поверхні розривають масляну плівку. Виступаючі гребінці мікронерівностей зрізаються абразивними брусками. У міру зрізання гребінців мікронерівності згладжуються, і після того, як масляна плівка стає суцільною і не буде мати розривів від виступаючих зерен, процес різання припиняється. Суперфінішуванню передують операція шліфування або тонкого точіння. Суперфінішування не виправляє дефекти форми і розмірів, які отримані від попередніх операцій.

Притирання – це оздоблювальна операція, що виконується інструментами-притирками. Притирки виготовляються з чавуну, бронзи і на їхню поверхню наноситься абразивна суспензія (мікропорошок з машинним маслом). Відносно переміщення деталі і притирки має забезпечувати рух зерен за новими, не повторюваними траєкторіями. Для забезпечення цих умов оброблювана деталь набуває обертання від шпинделя верстата, зворотно-поступальне позовжнє переміщення здійснюється вручну. Як абразив застосовують окис хрому (Cr_2O_3), окис заліза (Fe_2O_3). Для довідних робіт часто використовують пасти ДОІ (за іменем автора – Державного оптичного інституту). Пасти ДОІ поділяються на грубі (40 мкм), середні (16 мкм) і тонкі (7 мкм). Числа вказують товщину знятого шару зі сталевий загартованої плитки при 100 зворотно-поступальних рухах притирання. Здійснюють притирання зовнішніх циліндричних поверхонь на токарних верстатах з використанням спеціальних пристроїв.

Запитання для самоконтролю

1. Які види точіння ви знаєте? Дати їх характеристику.
2. На яких верстатах виконують точіння зовнішніх поверхонь тіл обертання?
3. Які роботи виконують на верстатах токарної групи (токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, токарні багаторізцеві)?
4. Назвіть види оброблення зовнішніх поверхонь тіл обертання.

2.2. Оброблення циліндричних зовнішніх поверхонь методом точіння

Розглянемо оброблення деталей на прикладі деталей класу «вали», форму яких складають зовнішні поверхні. Вали переважно виготовляються з прокату. Інші деталі, що належать до цього класу, виготовляються також з поковок, штамповок і рідше — відливків.

При виготовленні валів ступінчастої форми з прокату велика кількість матеріалу перетворюється на стружку, тому в серійному і особливо в

масовому виробництві доцільно заготовку виготовляти штампуванням.

Прокат у вигляді прутків заздалегідь піддається правці, розрізанню, центруванню.

Обточування заготовок для валів та інших деталей, що мають форму тіл обертання, буває таких видів:

- чорнове (або обдирне) – з точністю оброблення до 13-го квалітету і з шорсткістю поверхні до 12,5 мкм включно;

- чистове – з точністю оброблення до 10-го квалітету і з шорсткістю поверхні до 2,5 мкм включно;

- чистове точне і тонке – з точністю оброблення до 5-го квалітету і з шорсткістю поверхні до 0,4 мкм включно.

Оброблення вказаних деталей проводять на верстатах токарної групи (токарно-гвинторізних, токарно-револьверних, багаторізцевих, одно- і багатопиндельних токарних напівавтоматах і автоматах).

На зазначених верстатах можна виконувати такі операції:

- 1) обточування зовнішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь;

- 2) розточування циліндричних і конічних отворів;

- 3) підрізання поверхонь, торців;

- 4) проточування канавок і зняття фасок;

- 5) нарізання зовнішньої і внутрішньої різей;

- 6) свердлення;

- 7) зенкерування;

- 8) розгортання;

- 9) зенкування;

- 10) центрування;

- 11) розрізання;

- 12) накатування, рифлення та ін.

Деталі, що обробляються на верстатах токарної групи, установлюються в центрах верстата (рис. 2.1, а) або закріплюються в патроні або на планшайбі. Заготовки коротких циліндричних деталей, поковки, штамповки, відливки закріплюють у трикулачковому патроні.

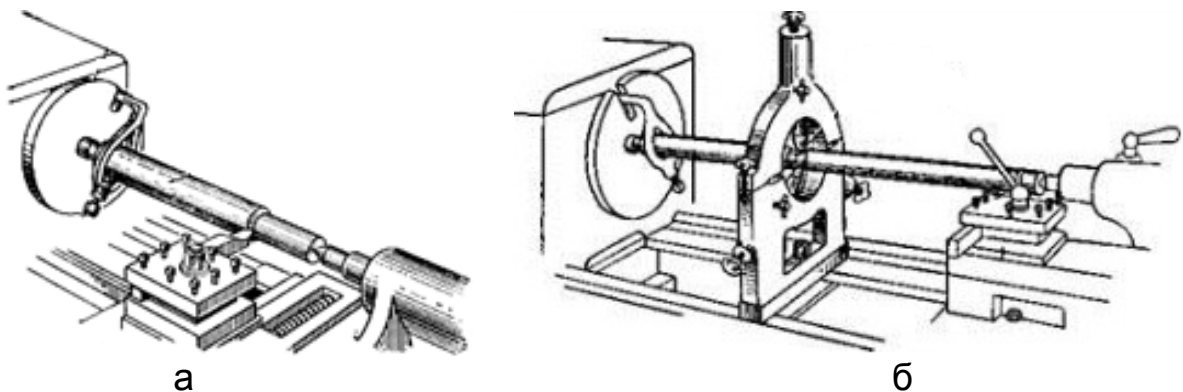


Рис. 2.1. Оброблення зовнішньої циліндричної поверхні в центрах:
а – без люнета; б – з використанням нерухомого люнета

Обточування на токарних верстатах довгих нежорстких валів (з відношенням довжини до діаметра, більшим 12) проводиться із застосуванням люнетів. Нерухомий люнет (рис. 2.1, б) установлюється на станині верстата, рухомий – на його каретці. Рухомий люнет переміщується разом з різцем, при цьому обточувана поверхня опирається на кулачки люнета.

Основними недоліками згаданих вище верстатів загального призначення під час оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь є такі: низький рівень механізації й автоматизації; великі витрати фізичної праці; необхідність залучення робочих високої кваліфікації; складність забезпечення роботи за принципом паралельної концентрації; невисока стабільність точності, оскільки для отримання високої точності операції слід здійснювати за малих подач і проводити велику кількість промірів.

Основними правилами побудови операцій оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь є такі:

1) під час оброблення валів зі значною різницею в діаметрах послідовність оброблення уступів має бути така, щоб менше знижувати шорсткість, тобто уступ найменшого діаметра обробляють останнім;

2) операції будуються за принципом послідовної концентрації. Оброблення виконують суворо поетапно: спочатку виконуються обдирні чорнові операції всіх поверхонь, потім напівчистові всіх поверхонь і нарешті чистові;

3) переважною є первинне оброблення торцевих поверхонь, а потім циліндричної, яка поєднується з цією торцевою;

4) консольне закріплення вала доцільно застосовувати лише за відносної довжини не більше 5...6, за відносної довжини не більше 8...10 слід застосовувати двоопорну схему установлення, за відносної довжини 12 застосовують нерухомий люнет, за відносної довжини більше 12 застосовують рухомий люнет.

Чорнове (попереднє) обточування вала, що має декілька ступенів і виготовленого з прокату, можна виконувати за різними схемами оброблення.

На рис. 2.2 подано три схеми обточування ступінчастого вала (цифрами позначено порядкові номери переходів, буквами – ступені вала).

За першою схемою кожен уступ вала обточують, починаючи з торця і, таким чином, усе оброблення вала виконують за три проходи: за перший прохід обточують уступи **A**, **B** і **B**, за другий – уступи **A** і **B** і за третій – уступ **A**.

За другою схемою кожен уступ обточують окремо: уступ **A** внаслідок великої глибини різання обточується за два проходи, уступ **B** – за один прохід (третій) та уступ **B** – за один прохід (четвертий).

Комбінована схема оброблення передбачає обточування уступу **B** за один прохід, починаючи з торця, уступ **A** обточується за другий прохід, уступ **B** – за третій.

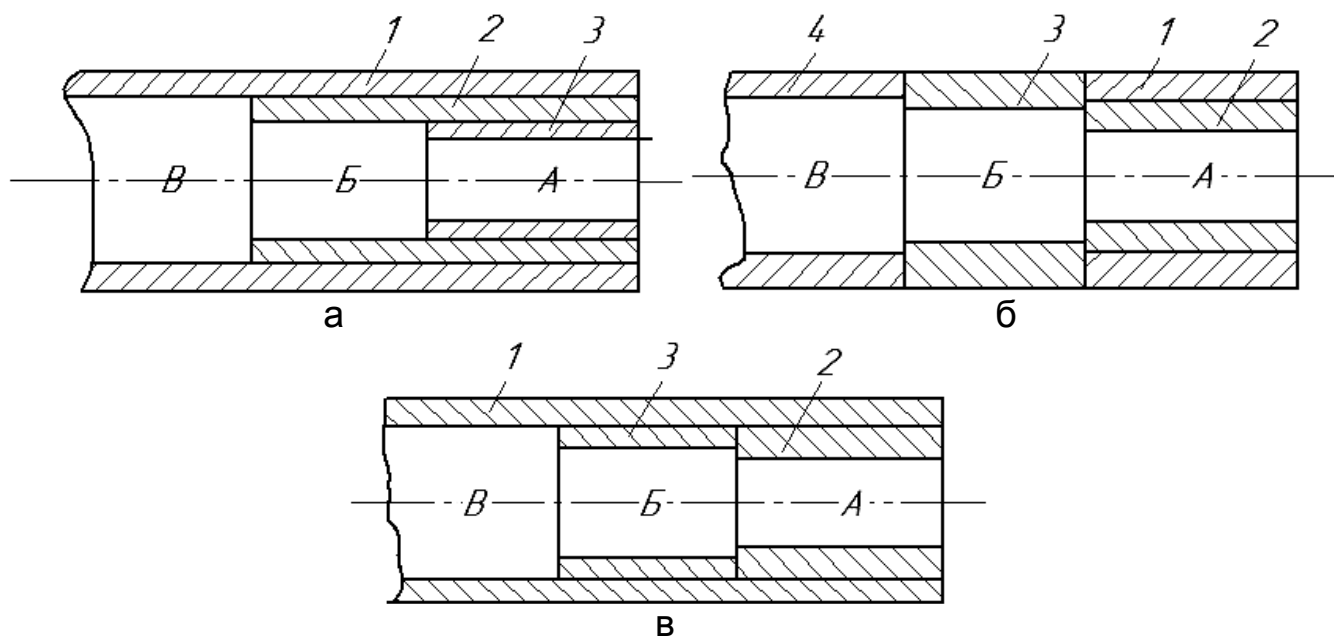


Рис. 2.2. Схеми обточування східчастого вала: а – перша; б – друга; в – комбінована

На вибір тієї чи іншої схеми впливають величина припуску на окремих уступах вала і співвідношення розмірів уступів: діаметра і довжини. Схема, що забезпечує найменший час оброблення, є найбільш вигідною.

За умови чистового обточування порядок оброблення уступів вала залежить також від заданих баз, величини похибок, що допускаються, в розмірах окремих уступів і методів вимірювання довжин.

При обточуванні вала із значною різницею в діаметрах першої (товщої) сторони і кінцевої (тоншої) слід прагнути якомога менше ослаблювати вал при обробленні, тобто починати обточування із ступеня найбільшого діаметра, ступінь найменшого діаметра часто буває доцільно обробляти останнім. В усіх випадках оброблення на токарних верстатах необхідно звертати увагу на міцне закріплення деталі і різця.

При обробленні деталей в центрах і патронах виступаючі частини хомутика і кулачки патрона необхідно забезпечувати запобіжними відкидними огорожами або кожухами.

Принцип концентрації операцій при токарній обробці здійснюється при обточуванні одночасно декількох поверхонь обертання, декількома інструментами – різцями – на багаторізцевих верстатах. Такі верстати-напівавтомати широко застосовуються в серійному і масовому виробництвах. Зазвичай на багаторізцевих верстатах є два супорти – передній і задній. Передній супорт, що має поздовжній (а також і поперечний) рух, призначено переважно для поздовжнього обточування заготовок – валів або інших деталей (тіл обертання). Задній супорт, що має тільки поперечний рух, призначено для підрізання торців, прорізання

канавок, фасонного обточування. Багатомісні супорти можуть бути оснащені великою кількістю різців (до 20). Рух супортів автоматизований; закінчивши оброблення, супорти, повертаються в початкове положення автоматично. Зупиняється верстат також автоматично, робочий тільки встановлює і знімає заготовки і запускає верстат.

На багаторізцевих верстатах деталі обробляють в центрах, на оправках або в патронах. На багаторізцевих верстатах у результаті скорочення основного і допоміжного часу досягається значне зниження трудомісткості і станкомісткості оброблення.

На рис. 2.3 зображено схеми обточування вала на одnorізцевому (рис. 2.3, а) і багаторізцевому (рис. 2.3, б) токарних верстатах. У першому випадку довжина шляху супорта з різцем дорівнює l , у другому — три різці рухаються одночасно, кожен на своїй ділянці, і довжина шляху супорта і кожного різця зменшується в 3 рази, оскільки на супорті встановлено три різці. Основний час у першому випадку $T_0 = \frac{l \cdot i}{n \cdot s}$, у другому — $T_0 = \frac{l \cdot i}{3 \cdot n \cdot s}$, де l — довжина оброблюваної поверхні, мм; n — кількість обертів шпинделя, хв; s — подача, мм/об.

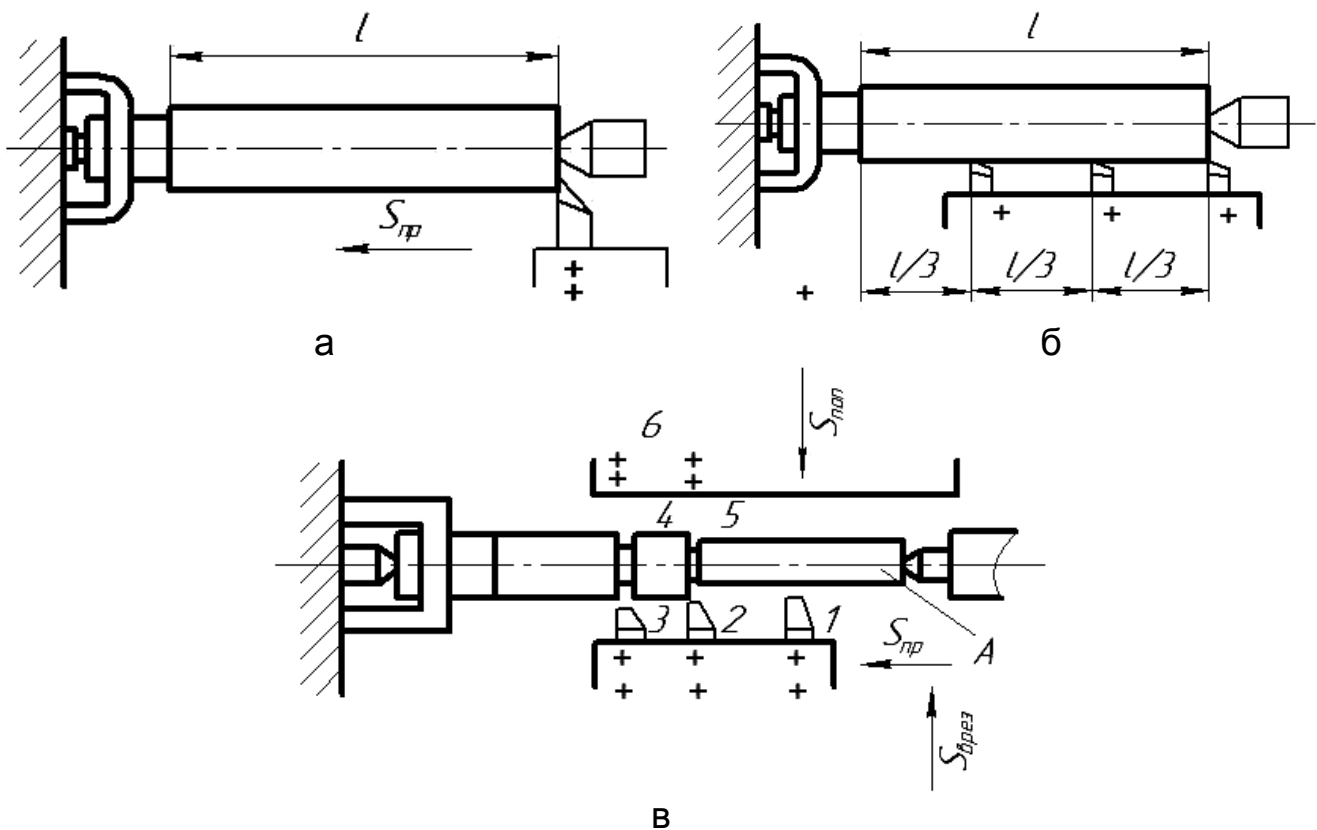


Рис. 2.3. Схеми обточування вала: 1, 2, 3 — різці поздовжньої подачі; 4 і 5 — різці поперечної подачі

Ще більша економія часу виходить при обробленні на багаторізцевих верстатах ступінчастих валів, оскільки одночасно з обточуванням усіх

ступенів виконується їх підрізування або проточування канавок за допомогою заднього супорта. Настроювання різців проводиться так, щоб оброблення всіх ділянок вала закінчувалося одночасно. На рис. 2.3, в різці 1 і 2 обробляють ступінь вала **A**.

У цьому випадку основний час зменшується порівняно з роботою на універсальному токарному верстаті завдяки скороченню довжини шляху різців і їх одночасній роботі; допоміжний час скорочується унаслідок того, що виключається необхідність зміни різців, поворотів різцетримача і додаткових переміщень супорта. Основний час розраховується за різцем, який обточує найбільш довгу поверхню.

Багаторіздеве обточування можна виконувати трьома різними способами.

Перший спосіб — обточування з поздовжньою подачею (рис. 2.4, а). У цьому випадку кожен різець встановлено на певний діаметр. У міру поздовжнього руху супорта різці послідовно починають працювати. Довжина окремих ступенів вала, які треба одержати при обточуванні, визначається взаємним розташуванням різців.

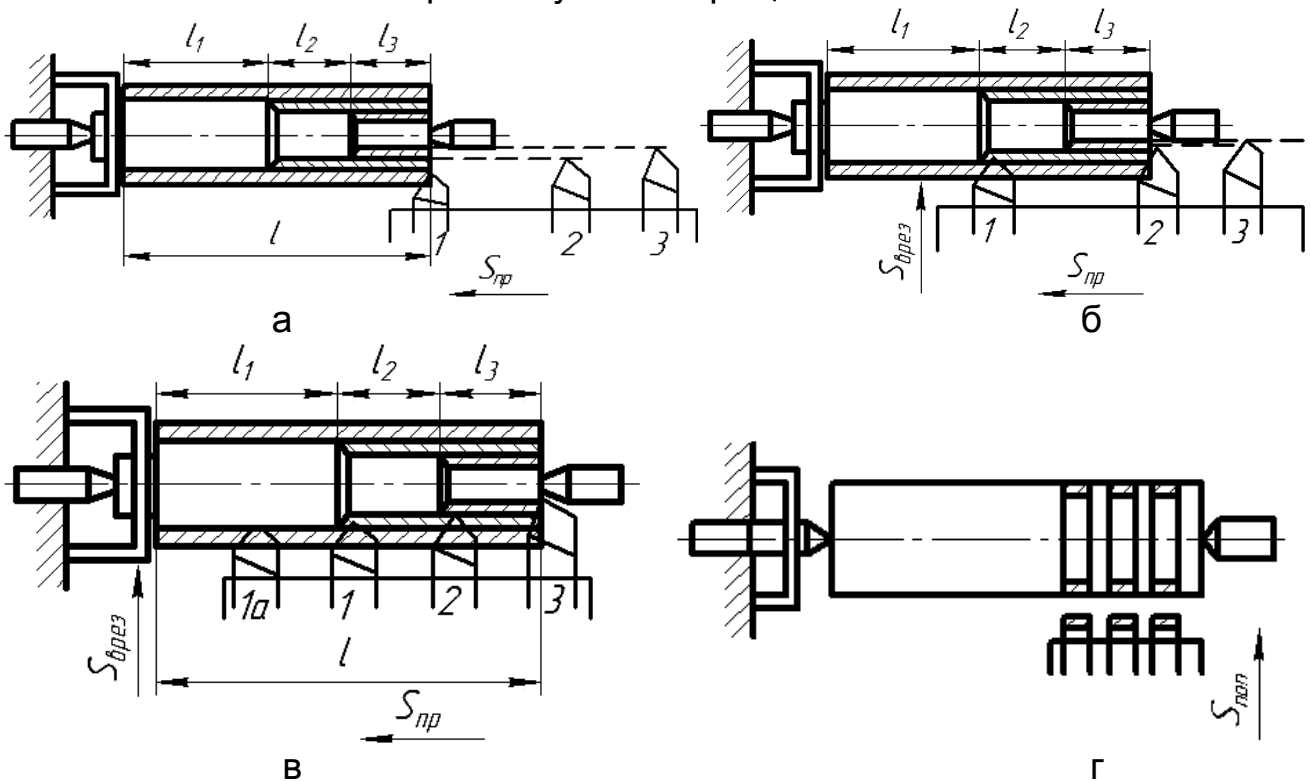


Рис. 2.4. Схеми налагодження багаторіздевого верстата для обточування вала

За схемою рис. 2.4, а різець 1 здійснює шлях, який дорівнює сумі довжин ділянок $l_1 + l_2 + l_3$, різець 2 — шлях, який дорівнює $l_2 + l_3$, і різець 3 — шлях, який дорівнює l_3 .

Другий спосіб — обточування з врізанням і подальшою поздовжньою подачею (рис. 2.4, б). При цьому способі різці 1, 2 і 3, розташовані, як і в попередньому прикладі, починають оброблення заготовки одночасно в

різних точках. Спочатку супорт переміщується в поперечному напрямі (від спеціального копіра або лінійки), різці врізаються на необхідну глибину і потім супорт рухається в поздовжньому напрямі. Кожен ступінь вала ($1/2$; $1/3$) обточується одним різцем, унаслідок чого супорт пересувається на довжину найбільш довгого ступеня l . Цей спосіб застосовується за умови, що весь припуск може бути знятий кожним різцем за один прохід.

Різновид цього способу показано на рис. 2.4, в; тут для скорочення довжини проходу супорта довгий ступінь l_1 обточується двома і більше різцями (в інших подібних випадках застосовують і більше двох різців). Якщо довжина кожного ступеня приблизно кратна довжині найбільш короткого ступеня, то довжина шляху кожного різця дорівнює довжині найбільш короткого ступеня.

Третій спосіб — обточування поперечною подачею (рис. 2.4, а). При цьому методі кожен різець обточує певний ступінь шляхом поперечної подачі (s_{non}), причому ширина кожного різця відповідає ширині оброблюваного ступеня. Цей метод має обмежене застосування; він може бути використаний при обробленні коротких циліндричних, конічних і фасонних шийок валів.

Різці встановлюють по спеціально обточеній заготовці або за спеціальним шаблоном. Налагодження верстата займає порівняно небагато часу, оскільки час оброблення однієї заготовки на багаторізцевому верстаті значно менше, ніж на звичайному токарному верстаті.

Неоднакова глибина центрових отворів визначає різне положення заготовки на верстаті. Але похибка центрування не впливатиме при використанні плаваючого переднього центру.

Обточування ступінчастих валів на токарних *верстатах з копіювальними пристроями* є поширеним. Копіювальний пристрій встановлюється на місці різцетримальної головки токарного верстата. Різець встановлюється в рухомій пінолі, на яку також встановлюється щуп, що входить у контакт з робочою поверхнею копіра.

Під час увімкнення супорт верстата рухається разом із пристроєм у напрямку до передньої бабки. Різець, встановлений у пристрої, проточує першу шийку вала, а щуп ковзає по копіру. Зустрічаючи на своєму шляху уступ, вишліфований у копірі, щуп зісковзує на цей уступ, а різець разом з піноллю під дією пружини відтягується в горизонтальній площині по глибині уступу копіра і починає обточувати другий уступ вала. Таким чином, профіль копіра переноситься на деталь.

Такі пристрої доцільно застосовувати в дрібносерійному виробництві. Замінюючи копір, можна обробляти різні ступінчасті вали і вали з фасованими складними профілями, з підрізуванням торців, розташованих під кутом 90° до осі оброблюваної деталі. При цьому можна застосовувати високі режими різання.

Гідрокопіювальні пристрої дають змогу обробляти методом

автоматичного копіювання за еталонною деталлю або плоским копіром різні ступінчасті вали і вали з фасованими складними профілями з підрізуванням торців, прорізуванням технологічних канавок (рис. 2.5, а). Але при цьому можна застосовувати вищі режими різання, ніж під час роботи з механічним копіювальним пристроєм, що різко скоротить кількість вимірювань, значно зменшить допоміжний час.

Гідравлічний копіювальний пристрій складається з таких основних вузлів: гідрокопіювального супорта, пристрою для установлення копіра та бака для масла. Пристрій працює таким чином. Масло з насоса під тиском надходить у порожнину циліндра. Золотник за допомогою пружини притискує із слабким зусиллям щуп до копіра, за допомогою якого обробляється деталь. Якщо копір відсуне золотник назад, то масло з порожнини циліндра перетікає в зливний бак. Унаслідок різниці тиску масла корпус циліндра разом з різцем також відходить назад. Якщо щуп, стежачи за копіром, переміщує золотник вперед, то припиняється рух масла в зливний бак і внаслідок різниці тиску корпус циліндра разом з різцем переміщується також уперед.

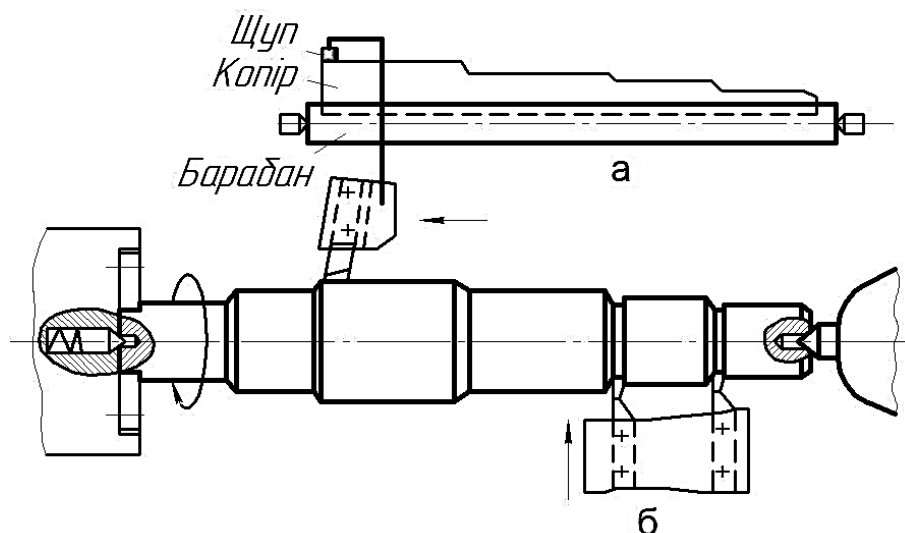


Рис. 2.5. Оброблення ступінчастого вала на токарному гідрокопіювальному напівавтоматі (а) і на верстаті з ЧПК (б)

Точність обточування з використанням такого гідросупорта від 0,02 до 0,05 мм.

Як копіри можуть бути використані плоскі та круглі копіри або спеціально обточена заготовка. Обточуються вали зазвичай одним різцем, розташованим у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізні різці розташовуються в нижньому супорті.

Верстат настроюють на розмір тільки по одній шийці вала, оскільки отримання решти розмірів забезпечується копіром і системою стеження верстата.

Обточувати вали на гідрокопіювальних верстатах можна за 1, 2, 3, 4 проходи. Кожен прохід здійснюється по окремому копіру. Після кожного проходу супорт з різцем переміщується в первинне положення, а барабан, на якому встановлені всі копії, автоматично перевертається у відповідне положення. Передбачено можливість проходу копіювальним супортом необроблюваних ділянок деталі прискореним ходом.

Характерними особливостями оброблення на гідрокопіювальних верстатах є такі:

1) для обточування використовується тільки один різець; установлення копіра і кінематичне налагодження прості, час на налагодження таких напівавтоматів значно нижче, ніж для багаторізцевих верстатів, і становить приблизно 20...40 хв;

2) оброблення можна виконувати на високих швидкостях, тобто за відносно малої витрати основного часу;

3) зручно і раціонально обточувати деталі нежорсткої конструкції;

4) одержують більш високі показники точності та якості поверхні деталі;

5) ефективним є застосування способу для оброблення деталей, що мають ділянки фасонного профілю (конуси, сфери).

Ефективним є оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь на верстатах із ЧПК (рис. 2.5, б). Попереднє оброблення виконується за кілька послідовних робочих ходів, а чистове – за один робочий хід супорта по контуру деталі. Час оброблення на верстатах з ЧПК порівняно з часом оброблення на звичайних верстатах зменшується у 1,5...2 рази в результаті значного скорочення допоміжного часу. При цьому зменшується вірогідність отримання браку.

Вибір варіанта виконання операції обточування є складним, оскільки кожен з варіантів має переваги та недоліки, що впливають з низки виробничих чинників: вид виробництва, конструкції та особливості заготовки, потрібні точність і клас жорсткості обробленої поверхні, продуктивність, собівартість оброблення.

Правильно вибрати варіант виконання операції на тому або іншому верстаті можна тільки на підставі техніко-економічних розрахунків і порівняння технологічних варіантів. Основними критеріями тут є продуктивність праці та собівартість деталі.

Тонке (алмазне) точіння застосовується головним чином для оброблення деталей з кольорових металів і сплавів (бронзи, латуні, алюмінієвих сплавів), рідше – з чавуну та сталі. Це пояснюється тим, що шліфування кольорових металів значно важче, ніж сталі й чавуну, унаслідок швидкого засалювання шліфувального круга. Крім того, оброблення алмазними різцями сталевих та чавунних деталей поки що є значно менш ефективним, ніж деталей з кольорових металів і сплавів.

Під час тонкого точіння оброблення виконується алмазними різцями або оснащеними твердими сплавами, синтетичними алмазами, надтвердими матеріалами.

Метод алмазного точіння характеризується високими швидкостями різання (100...1000 м/хв) за умов малої подачі та малої глибини різання.

Тонке точіння проводиться на швидкохідних верстатах з кількістю обертів шпинделя 1000...8000 хв⁻¹. Тому до алмазно-точильних верстатів ставляться особливі вимоги щодо точності, жорсткості, вібрації, стійкості. Продуктивність оброблення деталей під час тонкого точіння вища, ніж під час шліфування.

Алмазні різці звичайної конструкції складаються з двох основних частин: алмазу та сталевोї державки. Стійкість алмазних різців зазвичай вища за стійкість твердосплавних різців у десятки разів. Собівартість оброблення деталей алмазними різцями в середньому в 1,5...2 рази менша, ніж твердосплавними, і в 3...4 рази менша, ніж різцями зі швидкорізальної сталі.

Запитання для самоконтролю

1. На вашу думку, принцип концентрації операцій скоротшує чи збільшує час на виконання операції?
2. У чому суть принципу концентрації операцій?
3. У чому суть принципу диференціації операцій?
4. На які класи поділяють деталі, що мають форму тіл обертання?
5. Які вали належать до нежорстких?
6. Поясніть методи обточування нежорстких валів.
7. За якими ознаками класифікують тіла обертання та види їх обробки?
8. З якою метою використовується люнет під час оброблення зовнішньої циліндричної поверхні?
9. Сформулюйте основні правила побудови операцій оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь.
10. За якими схемами виконується чорнове обточування східчастих валів?
11. За якими способами проводять багаторізцеве обточування та які їх особливості? Назвіть переваги і недоліки цього методу оброблення.
12. Яким чином здійснюється оброблення на верстатах з копіювальними пристроями? Які характерні особливості оброблення на верстатах з копіювальними пристроями?
13. В яких випадках використовується тонке (алмазне) точіння і які його особливості?
14. Поясніть схеми оброблення триступінчастого вала.

2.3. Оброблення конічних зовнішніх поверхонь методом точіння

Обточування зовнішніх конічних поверхонь заготовок на токарних верстатах здійснюється одним з таких способів:

1. Широкими токарними різцями з їх поперечною подачею (рис. 2.6, а).

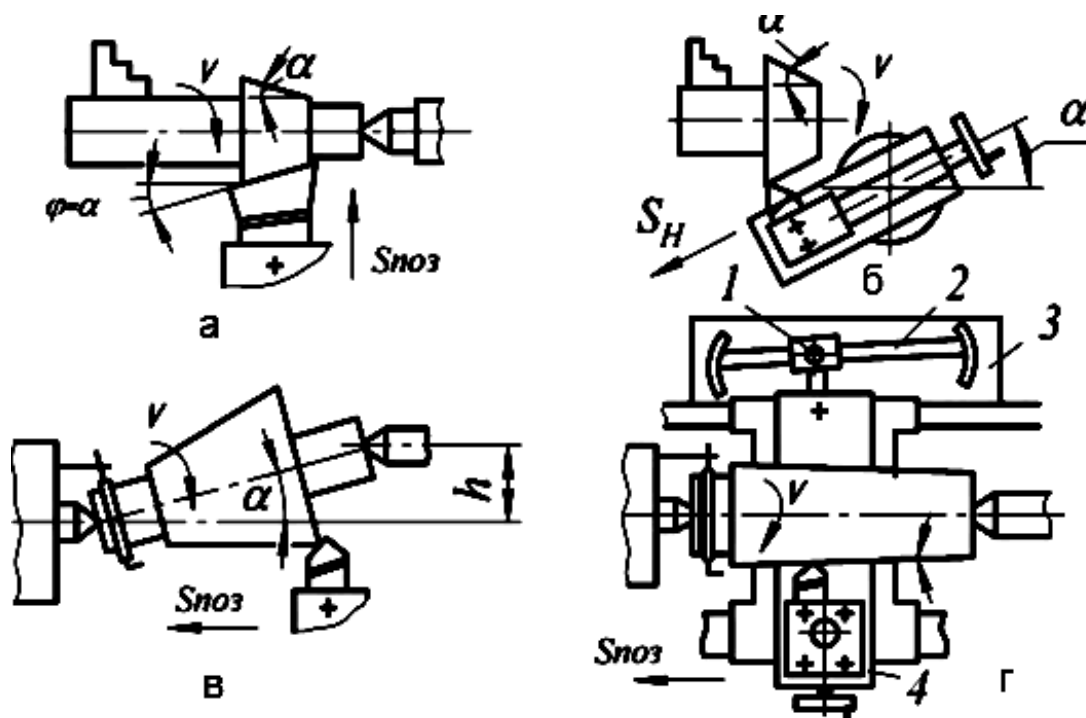


Рис. 2.6. Схеми обточування зовнішніх конічних поверхонь на токарних верстатах

2. Поворотом каретки верхнього супорта на кут α , що дорівнює половині кута при вершині оброблюваного конуса (рис. 2.6, б). Подачу s_n при цьому здійснюють вручну пересуванням каретки верхнього супорта. При цьому способі різцеву каретку супорта установлюють під кутом α до лінії центрів верстата і надають їй ручне або механічне (у важких верстатах) переміщення, яке визначається довжиною ходу різцевої каретки.

3. Зміщенням корпусу задньої бабки на величину h у напрямі, перпендикулярному до лінії центрів верстата (рис. 2.6, в). Корпус задньої бабки зміщують у поперечному напрямі відносно її основної плити на величину h , завдяки чому вісь заготовки, встановленої в центрах, утворює деякий кут α з напрямом поздовжньої подачі супорта. Величина зсуву задньої бабки на $h = 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot L$ дає змогу отримати заданий конус. Кут α визначають за формулою: $2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{L}$.

4. Користуючись цим способом, можна обробляти поверхні з невеликою конусністю (приблизно до 1:4) за допомогою конусної лінійки 2 (рис. 2.6, г), корпус якої 3 закріплюють на станині верстата. Конусна лінійка встановлюється під кутом $\alpha = 15 \dots 18^\circ$ до лінії центрів верстата і по її напрямних переміщується повзун 1, з'єднаний з кареткою поперечного супорта. Таким чином, верхній каретці одночасно надаватимуться два рухи: поздовжній разом із супортом і поперечний, що і забезпечить утворення конічної поверхні на заготовці.

Запитання для самоконтролю

1. Розкрийте суть способу оброблення конуса широкими токарними різцями з їх поперечною подачею.
2. Розкрийте суть способу оброблення конуса поворотом каретки верхнього супорта на кут α .
3. Розкрийте суть способу оброблення конуса зміщенням корпусу задньої бабки.
4. Розкрийте суть способу оброблення конуса за допомогою конусної лінійки.

2.4. Оброблення внутрішніх поверхонь деталей тіл обертання (отворів)

Отвори в деталях машин бувають циліндричні, східчасті, конічні, фасонні, звичайної довжини і глибокі.

Під східчастими мають на увазі отвори різних діаметрів, розташовані на одній осі послідовно один за одним.

Отвори можуть бути відкритими з двох боків, їх називають *наскрізними*. Отвори, відкриті з одного боку, називаються *глухими*.

Глибокими вважаються отвори, якщо $l / d \geq 5$.

У деталях машин найчастіше використовують циліндричні отвори.

Досягти необхідної точності оброблення отворів важче, ніж зовнішніх поверхонь тіл обертання. З цієї причини допуски на точність отворів 5 – 7-го квалітетів точності більше, ніж допуски на зовнішні циліндричні поверхні тих же розмірів.

Обробляти отвори можна зняттям і без зняття стружки. Знімати стружку можна лезовим і абразивним інструментом або абразивним порошком.

Лезовим інструментом можна виконувати свердлення, зенкування, розгортання, розточування, зокрема тонке (алмазне) розточування, протягування.

Абразивним інструментом здійснюють шліфування, хонінгування, суперфінішування (суперфініш); абразивним порошком – притирання (доведення).

Оброблення отворів без зняття стружки виконується калібруванням за допомогою вигладжувальних прошивок і кульок, а також розкочуванням.

Свердлення є основним методом отримання первинного отвору в суцільному металі. Точність свердлення невисока – 11...13-й квалітети, шорсткість $Rz = 80...40$ мкм. Подальше оброблення залежно від необхідної точності та шорсткості поверхні здійснюється зенкеруванням, розгортанням (рис. 2.7), розточуванням, протягуванням.

Утворення отворів в суцільному металі з точністю 11-го і 12-го квалітетів і за класами шорсткості $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм досягається свердленням. Подальше оброблення отриманого отвору залежно від необхідної точності і класу шорсткості поверхні виконується зенкеруванням, розгортанням, розточуванням, протягуванням.

Під час свердлення отворів на свердлильних верстатах обертається свердло, на токарних – оброблювана деталь.

Під час свердлення отворів з обертання інструменту відведення свердла від зовнішнього напрямку осі отвору більше, ніж під час свердлення з обертанням деталі. Для зменшення відведення свердла під час оброблення на свердлильних верстатах застосовують кондуктори з напрямними (кондукторними) втулками (рис. 2.7, а).

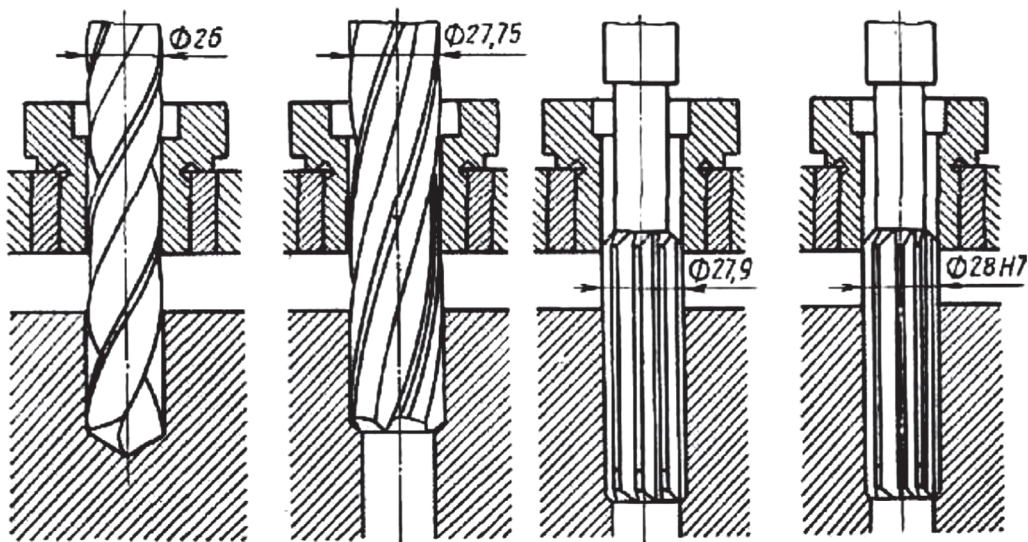


Рис. 2.7. Послідовність оброблення точних отворів у суцільному матеріалі:
а – свердлення із застосуванням кондуктора; б – зенкерування;
в, г – чорнове і чистове розгортання

Отвори великих діаметрів (більше 30 мм) у суцільному матеріалі зазвичай свердлять двома свердлами (перше – меншого, друге – більшого діаметра для зменшення осьової сили і запобігання значному відведенню свердла від наміченого напрямку).

Є специфічні особливості технологічних процесів оброблення глибоких отворів великого та малого (менше 5 мм) діаметрів. Глибокі отвори мають місце під час свердлення мастильних каналів. Головними труднощами під час оброблення глибоких отворів є поломка інструменту та велике відведення. Тому розроблено спеціальні способи подолання цих труднощів:

– застосування свердел специфічної конструкції (шнекові, ежекторні, рушничні) з пластинами з твердих сплавів (рис. 2.8);

- подача охолоджувальної рідини під високим тиском (через центровий отвір з вимиванням стружки на периферії або через периферію з вимиванням через отвір хвостовика);
- періодичне виведення свердла з отвору для охолодження та скидання стружки;
- свердлення отвору декількома свердлами, діаметри яких відрізняються на 0,2...0,3 мм.

Остаточну отвір обробляється останнім свердлом.

Зенкерування застосовується як попередній процес оброблення після свердлення для поступового підвищення точності або ж як спосіб одноразового оброблення отворів попередньо литих або штампованих заготовок. Зенкер є складним багатолезовим інструментом, тому він є продуктивнішим (рис. 2.8, б). Точність оброблення – 10...11-й квалітети, шорсткість поверхні $Rz = 40...20$ мкм. Припуски під час зенкерування порівняно невеликі. Якщо перед зенкеруванням ставиться завдання підвищення точності, то воно здійснюється в два або три етапи.

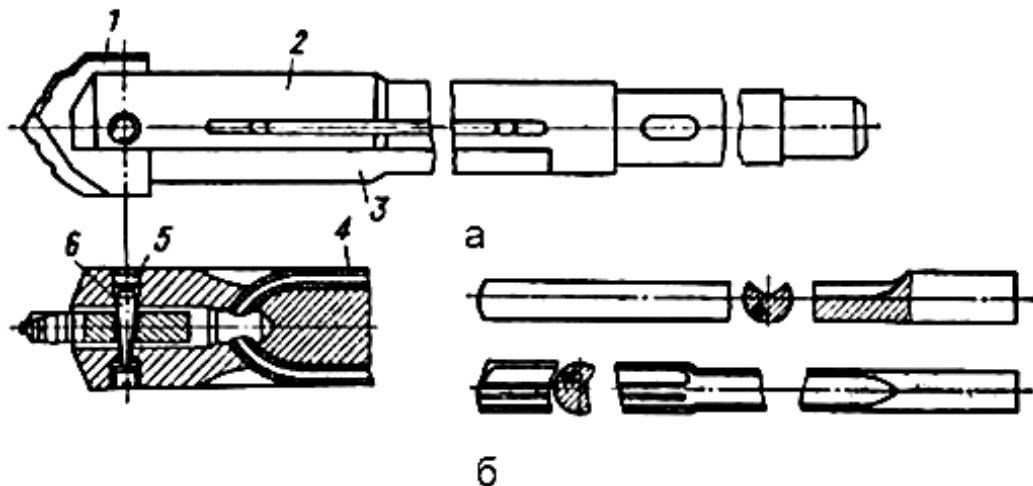


Рис. 2.8. Свердла для глибокого свердлення: 1 – різальна пластина; 2 – штанга; 3 – канавки для відведення стружки; 4 – канавки для трубок, що підводять охолоджувальну рідину під тиском; 5 – гвинт; 6 – клин

Для виправлення осі отвору або ж під час оброблення отвору в литих заготовках потрібен надійний напрям зенкера в кондукторних втулках. Для оброблення отворів діаметром більше 25 мм бажано застосовувати подвійний напрям – верхній та нижній.

Зенкери діаметром більше 30 мм часто виготовляють зі вставними ножами, що мають рифлену поверхню для закріплення. Після переточувань ножі можна переставляти, що збільшує термін їх роботи.

Фаски в отворах знімають зенківками (рис. 2.9, а), циліндричні заглибини і торцеві поверхні під головки болтів і гайок – цеківками (рис. 2.9, б).

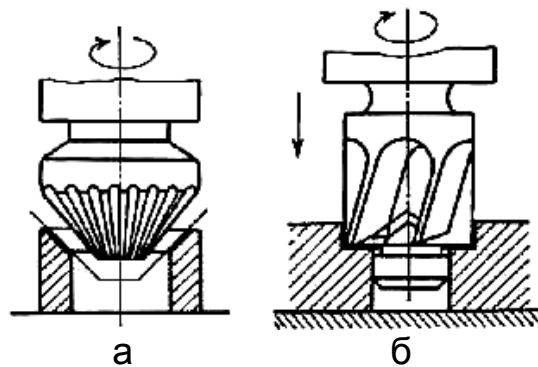


Рис. 2.9. Оброблення фаски в конічному отворі:
а – зенкером; б – цеківкою

Технічні умови на оброблення отворів:

1. Витримувати прямолінійність осі.
2. Відхилення від круглості і циліндричності посадкового отвору не повинне перевищувати половину допуску на діаметральний розмір.
3. Посадкові отвори мають оброблятися не грубіше 6-го класу шорсткості.
4. Витримувати концентричність посадкового отвору із зовнішніми поверхнями обертання.

При неоднаковому заточенні обох різальних крайок свердла або нерівномірному їх затупленні свердло також починає «вести» вісь отвору убік від осі обертання шпинделя. Щоб запобігти відходу свердла і викривленню осі отвору, при глибокому свердленні застосовують такі способи і прийоми роботи:

1. Невеликі подачі, а також ретельне заточення свердла із дотриманням однакового і рівномірного нахилу обох різальних крайок.
2. Попереднє засвердлювання за допомогою короткого свердла великого діаметра (з кутом 90°).
3. Свердлення за допомогою кондукторної втулки при порівняно невеликих відношеннях довжини отвору до діаметра.
4. Свердлення при обертовій заготівці, у цьому випадку має місце немов самоцентрування свердла на протизагачу зазвичай схильності до відходу.

Оскільки розгортка є мірним інструментом, то точність отвору забезпечується точністю розгортки та не залежить від налагодження або точності верстата. Шорсткість розгортки висока, що дає змогу виконувати процес оброблення з великими подачами. Для отворів малих і середніх розмірів розгортання є основним методом отримання точних отворів. Розгортання може проводитися в 2–3 переходи. Середньоекономічна точність під час розгортання – 7...8-й квалітети, шорсткість $Ra = 1,25 \dots 0,63$ мкм. Припуски під розгортання невеликі: за умов попереднього розгортання – 0,1 мм, у разі чистового та оздоблювального – 0,05...0,03 мм.

Конструктивні особливості інструменту та схеми різання такі, що під

час оброблення інструмент отримує невеликі радіальні та осьові зусилля, тобто розгортка захоплюється по раніше обробленому отвору. Це ускладнює виправлення осі раніше обробленого отвору, тому під час розгортання застосовують дві схеми установа інструменту:

- у разі надійного напрямку розгортки – в кондукторних втулках;
- плаваюче установа (розгортка встановлюється по раніше обробленому отвору).

У масовому та великосерійному виробництвах застосовується комбінований інструмент – зенкер-розгортка, свердло-розгортка та ін. (рис. 2.10).

Під час розгортання виділяється велика кількість теплоти, тому точність значною мірою залежить від охолодження.

Складно обробляти розгортанням такі отвори: великих діаметрів; короткі; наскрізні; з переривистими поверхнями; у в'язких кольорових матеріалах (оскільки в поверхневих шарах відбувається зрушення кристалічної решітки).

Розгортка є стандартним інструментом з певним розрядом розмірів, тому оброблення отворів нестандартного діаметра в дрібносерійному та індивідуальному виробництвах не проводять.

Оброблення отворів виконують на радіально-свердлильних та вертикально-свердлильних верстатах. На вертикально-свердлильних верстатах можна виконувати свердлення, зенкерування, розгортання та нарізання різь свердлильними багатошпіндельними головками.

Поворотний стіл, що має чотири патрони, обертається. Один патрон призначено для зміни деталі під час оброблення інших трьох.

Завдяки цьому допоміжний час витрачається тільки на обертання столу на 90° та на підведення і відведення шпинделів.

У масовому та великосерійному виробництвах застосовуються спеціальні багатошпіндельні головки для одночасного оброблення великої кількості отворів, розташованих у різних площинах з різних боків деталі.

Розточування широко застосовують у масовому та великосерійному виробництвах для попереднього оброблення, у дрібносерійному та індивідуальному – для повного оброблення отворів.

Операція виконується на верстатах токарного типу (револьверних, карусельних), свердлильних, агрегатних. Існує група спеціалізованих верстатів (горизонтально-розточувальні).

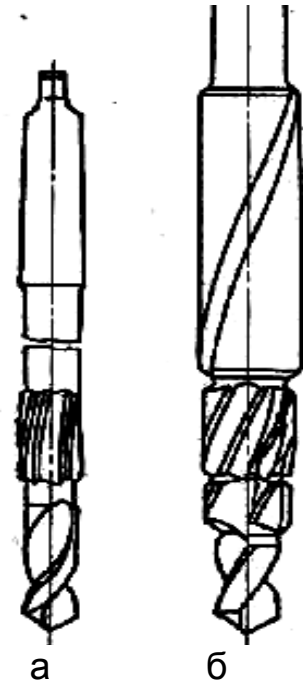


Рис. 2.10. Свердло-розгортка (а), свердло-зенкер-розгортка (б)

Деталь установлюється на столі верстата. Осьова подача різця здійснюється шляхом переміщення шпинделя, при цьому відстань між підшипниками А може лише незначно перевищувати довжину деталі L (рис. 2.11, а, б).

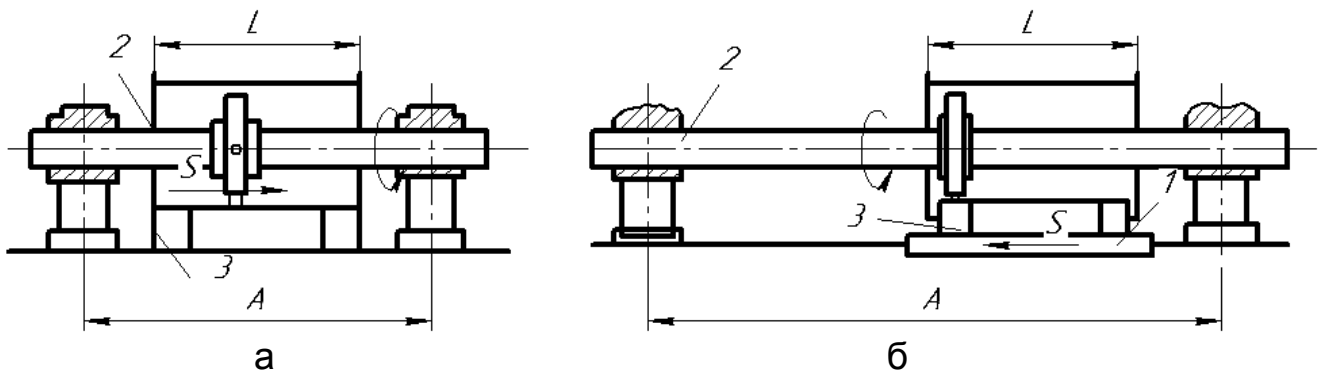


Рис. 2.11. Схема розточування отворів на горизонтально-розточувальному верстаті: 1 – стіл верстата; 2 – борштанга; 3 – опори

Подача під час розточування може здійснюватись також приведенням у рух столу, на якому розміщена деталь, що обробляється. У цьому випадку необхідно, щоб $A > 2L$. При такому способі велика точність може бути досягнута за умов відсутності прогину борштанги, що виникає внаслідок її недостатньої жорсткості, великої відстані між підшипниками.

Робота на горизонтально-розточувальних верстатах у середньо- та великосерійному виробництві ведеться зазвичай за кондукторами або шаблонами. У дрібносерійному виробництві виготовлення кондукторів не окупається, тому отвори розточують за розміткою або методом координат. Розмітка не може забезпечити потрібної в сучасному машинобудуванні точності відстані між осями, коли допуски іноді виражаються сотими частками міліметра.

Метод координат дає змогу досягти такої точності. Цей метод полягає в тому, що положення осей отворів визначається переміщенням деталі (рідше інструменту) по осях координат на відстані, яка вимірюється штангенциркулем, індикатором. Методи координатного розточування, а також розточування за розміткою – непродуктивні та потребують високої кваліфікації робітника.

Середньоекономічна точність під час розточування – 10...11-й квалітети, припуски у разі чорнового розточування – до 10 мм на діаметр, у разі чистового – 0,7...1 мм.

Суть тонкого (алмазного) розточування отворів полягає в тому, що розточування здійснюється за умов великої швидкості, малої глибини різання та малої подачі. Окрім алмазних різців для розточування застосовують різці з пластинами із твердих сплавів, які також дають гарні результати стосовно шорсткості та точності обробленої поверхні. Конструкції верстатів для алмазного розточування мають бути міцними та

жорсткими. Спосіб застосовується для розточування отворів у деталях з кольорових металів та сплавів, рідше – чавуну та сталі.

Середньоекономічна точність – 6...8-й квалітети, шорсткість поверхні **Ra** = 1,25...0,63 мкм.

Широко застосовується алмазне розточування в усіх типах виробництва. У масовому та великосерійному виробництвах можуть застосовуватися спеціальні алмазно-розточувальні верстати, зокрема багатошпиндельні.

Запитання для самоконтролю

1. Які бувають види отворів?
2. Які основні види оброблення отворів і вимоги, які ставляться до них?
3. Які методи оброблення отворів ви знаєте?
4. Які вимоги ставляться до них?
5. Дайте характеристику процесу розточування отворів.

2.5. Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання

Шліфування є основним методом чистової обробки зовнішніх циліндричних поверхонь.

Прогресивні способи виготовлення заготовок (відливків та штамповок) дають змогу одержати їх із розмірами та формою, близькими до розмірів і форми готової деталі. Тому часто є можливим, зважаючи на досить малі припуски, обходитися без оброблення лезовим інструментом, остаточно обробляючи заготовки тільки шліфуванням та одержуючи цим методом оброблення остаточно точні розміри та належну шорсткість поверхні деталі.

Для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь застосовують такі види шліфування: обдирне; точне, яке може бути попереднім і чистовим; тонке.

Чорнове шліфування застосовується замість попереднього оброблення різанням лезовим інструментом. Середньоекономічна точність оброблення – 8...11-й квалітети, шорсткість поверхні становить **Ra** = 1,25...2,5 мкм. Найбільш поширеним є звичайне чистове шліфування, під час якого точність оброблення досягає 6...8-го квалітетів, а шорсткість поверхні **Ra** = 1,25...0,63 мкм. Тонке шліфування, яке здійснюється м'яким дрібнозернистим шліфувальним кругом, установленим на круглошліфувальних верстатах, дає змогу одержати високу точність оброблення 5...6-го квалітетів та якість поверхні **Ra** = 0,32...0,08 мкм.

Шліфування прийнято поділяти на три методи: кругле; безцентрове; стрічкове.

Кругле шліфування може здійснюватися двома способами: із

поздовжньою подачею і поперечною подачею (спосіб врізного шліфування).

Спосіб поздовжньої подачі (рис. 2.12, а) полягає в тому, що під час шліфування деталь, яка обробляється, здійснює поздовжні рухи поперемінно в обидва боки. Поперечна подача шліфувального круга виконується після закінчення кожного поздовжнього руху. За умови попереднього шліфування поздовжня подача зазвичай становить 0,5...0,8 висоти круга на один оберт деталі, за умови завершального – 0,2...0,5.

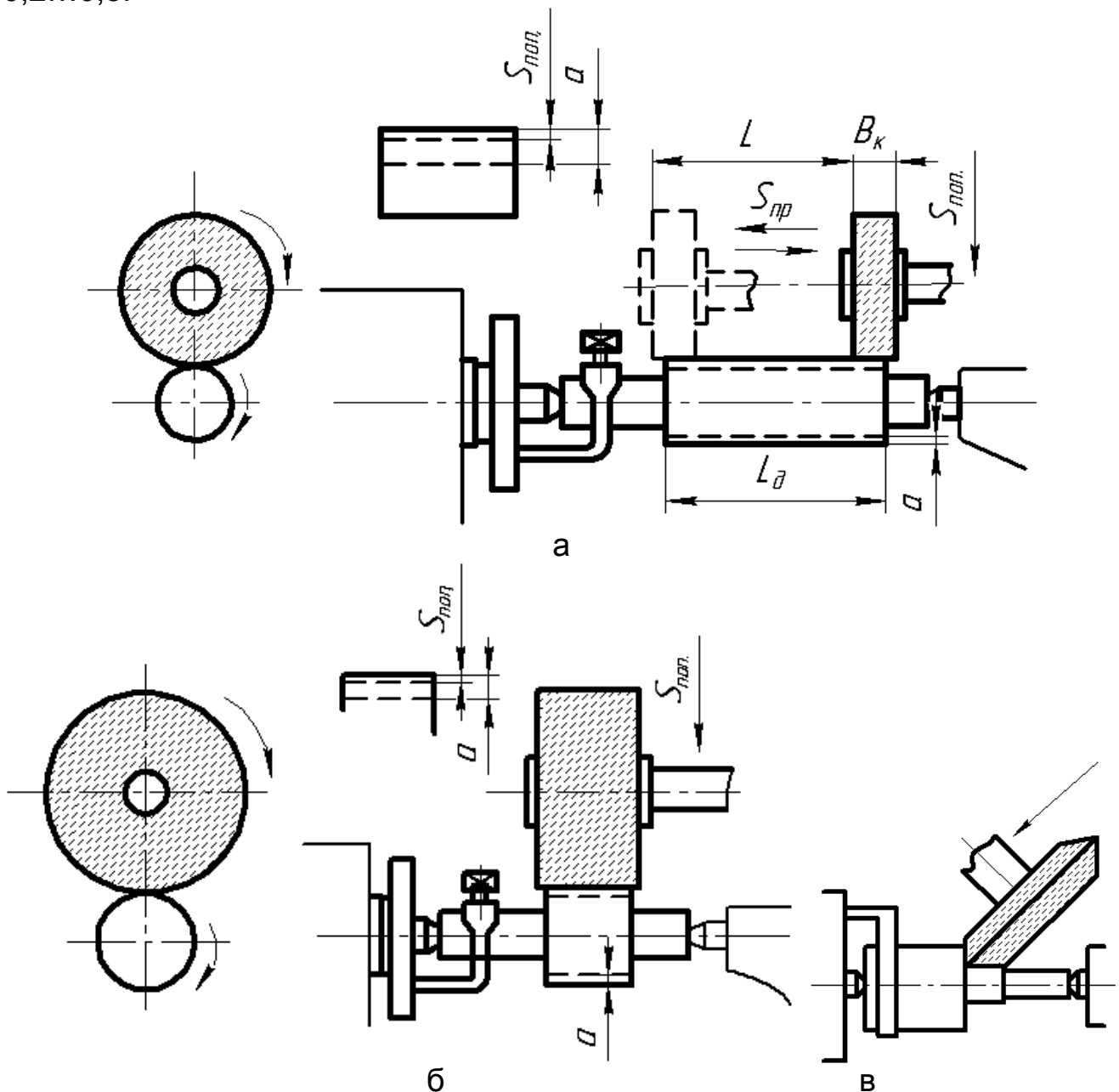


Рис. 2.12. Схеми круглого шліфування: а – з поздовжньою подачею; б – з поперечною подачею; в – шліфування уступу і шийки вала

Глибина різання становить 0,005...0,02 мм на кожен прохід.
Для підвищення продуктивності та зниження вартості оброблення

необхідно застосовувати круги з більшою висотою і великим діаметром. Так, зі збільшенням діаметра круга від 700 до 900 мм продуктивність збільшується на 25 %. Крім того, використовується метод глибинного різання, під час якого весь припуск знімається за 1–2 проходи круга. При цьому глибина різання дорівнює половині припуску та може досягати 0,2 мм. При цьому поздовжня подача знижується. Досягають такого ефекту внаслідок того, що передня частина круга у напрямку подачі робиться з малими ступенями (огороджувальна частина), а далі іде циліндрична (калібрувальна) частина. У цьому випадку об'єм металу, що знімається за одиницю часу, різко зростає. Процес глибинного шліфування дає змогу збільшити продуктивність на 30...40 %. Проте, зважаючи на збільшені сили різання, цю схему можна застосовувати тільки для жорстких деталей.

Шліфування з поперечною подачею (рис. 2.12, б) здійснюється широким кругом відразу по всій довжині шліфованої поверхні деталі. Шліфувальному кругу надається поперечна подача у напрямку до центральної лінії деталі. Висота круга вибирається дещо більша, ніж довжина шліфованої поверхні деталі. Цей спосіб більш спеціалізований та частіше застосовується в серійному і масовому виробництвах. Згідно з ним з допомогою фасонного круга можна одержати поверхню деталі, що відповідає формі цього круга.

У разі необхідності шліфування уступу та шийки вала застосовують верстати з поворотною шліфувальною бабкою (рис. 2.12, в).

Способами підвищення продуктивності та якості оброблення є такі:

1) застосування швидкісного шліфування (за умови швидкості різання 60...80 м/с одержують продуктивність до 6 мм/хв);

2) застосування раціональної циклограми різання, зокрема розділення всього припуску, що знімається, на дві ділянки, і оброблення на першому етапі на підвищених режимах;

3) концентрація операцій, яка може здійснюватися за різними схемами (наприклад, шляхом установа на одній оправці декількох шліфувальних кругів або східчаста правка круга або декількох кругів на двох шліфувальних бабках справа та зліва, або одного чи декількох кругів під кутом до оброблюваної поверхні завдяки повороту шліфувальної бабки та ін.).

Шліфування з поперечною подачею дає змогу одержати вищу продуктивність, оскільки відсутні поздовжні переміщення. Воно є більш спеціалізованим, менш універсальним, проте має великі можливості для організації високопродуктивних налагоджень. Точність і шорсткість за умови цього способу шліфування на один квалітет нижчі.

Зазвичай в умовах багатосерійного та масового виробництва надають перевагу способу шліфування з поперечною подачею, особливо якщо можлива організація концентрації операції. Можливість застосування цього способу в деяких випадках обмежується висотою стандартного круга.

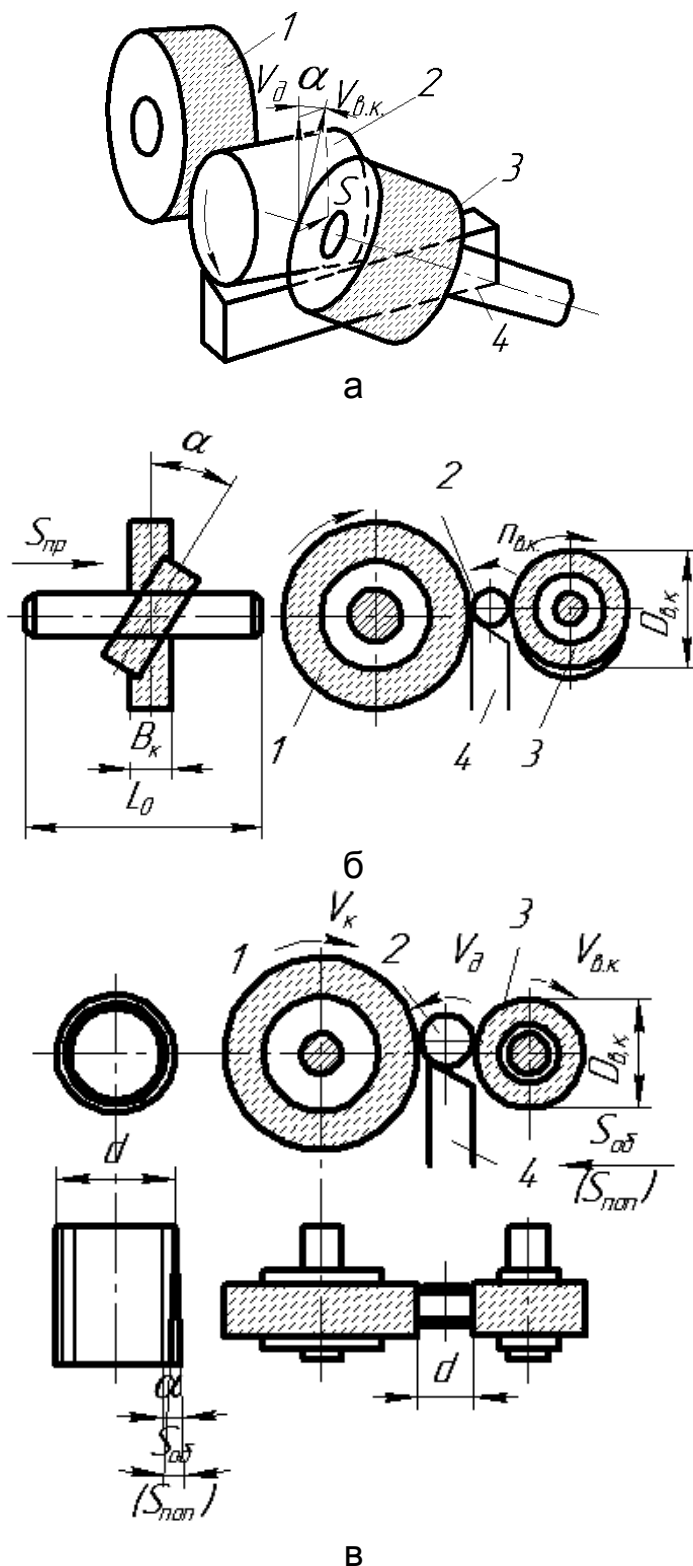


Рис. 2.13. Схеми безцентрового шліфування: а – загальна схема; б – з поздовжньою подачею; в – з поперечною подачею; 1 – шліфувальний круг; 2 – деталь; 3 – ведучий круг; 4 – опора (ніж)

Проте в окремих випадках за умов високих програм випуску можна здійснити замовлення спеціальних кругів великої висоти.

Під час безцентрового шліфування (рис. 2.13, а) деталь не закріплюється в центрах, як на круглошліфувальних верстатах, а вільно (без кріплення) розміщується між двома шліфувальними кругами, з яких один круг великого діаметра є таким, що шліфує, а другий меншого діаметра – таким, який обертає деталь і передає їй поздовжню подачу. Оброблювана деталь підтримується опорою з нахилом, що має форму ножа. Завдяки нахилу, спрямованому у бік провідного круга, деталь притискається до цього круга. Опора встановлюється так, щоб центрова вісь оброблюваної деталі знаходилася вище за лінію центрів круга (на половину діаметра деталі, але не більше 15 мм). Інакше деталь може вийти не циліндричної форми, а з огранюванням.

На безцентрово-шліфувальних верстатах можна шліфувати деталі, що мають форму тіла обертання з циліндричними, конічними та фасонними поверхнями, цей процес є більш спеціалізованим і застосовується в умовах масового та багатосерійного виробництва.

Безцентрове шліфування може виконуватися двома способами – поздовжньою та поперечною подачами. Вибір

того або іншого способу залежить від форми оброблюваної деталі.

Шліфування способом поздовжньої подачі (рис. 2.13, б) застосовують для шліфування валів, втулок, поршневих пальців, поршнів. Шліфована деталь надходить з одного боку верстата, а виходить з іншого.

Для здійснення цього руху ведучий круг установлюють під кутом $1...5^\circ$ до осі шліфувального круга. Зі зміною кута нахилу ведучого круга змінюється величина подачі: чим більший кут, тим величина подачі більша. Колову швидкість ведучого круга можна розкласти на дві складові: V_g – перпендикулярну до осі шліфованої деталі та таку, що дорівнює коловій швидкості обертання цієї деталі; S – паралельну до осі деталі, що шліфується, яка дорівнює швидкості її подачі уздовж осі.

Процеси безцентрового шліфування можуть бути чорновими та чистовими. Під час чорнових процесів подача буде більша, кут нахилу також більше, до 5° ; під час чистового шліфування – до $1...2^\circ$. Із круглим шліфуванням припуск на діаметр становить $0,3...0,4$ мм, глибина різання дещо більша під час попереднього шліфування – $0,05$ мм; $0,01$ мм – під час чистового. Поздовжня подача за умов наскрізного шліфування дуже невисока – від 4000 мм/хв для чорнових та до 1300 мм/хв для чистових переходів. Незважаючи на велику глибину різання процес виявляється багатоперехідним.

Шліфування способом поперечного (врізного) шліфування (рис. 2.13, в) здійснюється поперечною подачею ведучого круга у напрямку до шліфувального круга. Перед цим деталь укладається на опору зверху або збоку. Після закінчення шліфування деталі, коли досягнуто необхідний розмір, ведучий круг відводиться, деталь знімається та закладається нова. При цьому способі осі ведучого та шліфувального кругів паралельні.

Висота шліфувального круга має бути більше висоти шліфованої поверхні. Величина поперечної подачі ведучого круга становить від $0,003$ до $0,01$ мм на один оберт деталі. Однією з переваг цього способу є можливість оброблення фасонних і конічних поверхонь або деталей з буртиком. Для шліфування конусних деталей ведучий круг установлюють на конус, при цьому опору встановлюють похило.

Під час порівняння характеристик поздовжнього та поперечного шліфування слід виділити такі основні моменти:

1. Вища якість поверхні виходить під час поздовжньої подачі. Безцентрове шліфування способом поздовжньої подачі за умов багатопрхідного оброблення дає змогу одержати середньоекономічну точність вищу, ніж під час круглого шліфування.

2. Спосіб поздовжньої подачі має дуже високу продуктивність.

3. Спосіб поздовжнього шліфування легко автоматизується, тому такі верстати найчастіше вбудовуються в технологічні лінії.

Безцентрово-шліфувальні верстати мають низку переваг перед звичайними круглошліфувальними верстатами, а саме:

– більша продуктивність, що є основною перевагою. Під час наскрізного шліфування подача, досягнення необхідного розміру, видалення деталі з верстата та інші дії здійснюються автоматично. Робітник тільки закладає нові деталі у верстат та спостерігає за процесом шліфування;

– не потрібне центрування деталей;

– немає необхідності застосовувати лунети під час шліфування довгих валів;

– завдяки простоті керування верстатом висока точність оброблення.

Притирання потрібне для остаточного оброблення заздалегідь відшліфованих поверхонь деталей. Притирання зовнішніх циліндричних поверхонь виконується притиром, виготовленим з чавуну, бронзи або міді. На притир заздалегідь наносяться абразивні мікропорошки з маслом або спеціальною пастою. Для виготовлення абразивного порошку використовують корунд, окис хрому, окис заліза. Пасту складаються з абразивних порошків та хімічно активних речовин. Наприклад, застосовується паста, що складається з воску та парафіну, змішаних з салом і гасом. Пасту можуть складатися з абразиву окису хрому та зв'язуючих олеїнової та стеаринової кислот.

Пасту прискорюють процес притирання, оскільки хімічно активні речовини, що входять до їх складу, окиснюють оброблювану поверхню, а м'яка плівка, що утворюється в результаті окиснення, видаляється абразивними зернами. В одиничному і дрібносерійному виробництвах та ремонтних майстернях притирання зовнішніх циліндричних поверхонь деталей проводять на звичайному токарному верстаті притиром, що являє собою чавунну, мідну або бронзову втулку, яку виточено за розміром деталі, що притирається. Втулку змащують пастою, вставляють у металевий жимок і надівають на деталь, що обробляється. Злегка підтягаючи жимок болтом, рівномірно вручну водять притир уздовж деталі, що обертається (рис. 2.14).

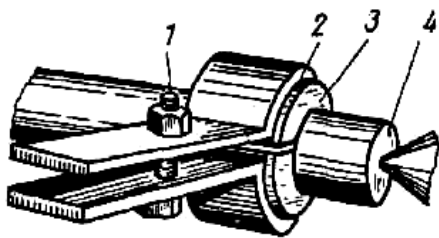


Рис. 2.14. Притирання зовнішньої циліндричної поверхні на токарному верстаті вручну: 1 – втулка; 2 – металевий жимок; 3 – болт; 4 – деталь, що обробляється

Припуск на притирання залишають 5...20 мкм на діаметр. У великосерійному та масовому виробництвах притирання виконується на спеціальних притиральних верстатах (рис. 2.15), які застосовуються, головним чином, для притирання коротких циліндричних деталей (поршневих пальців). У цьому випадку притирання здійснюється між двома чавунними або абразивними дисками, розташованими ексцентрично відносно один до одного. Притиранням досягається висока точність розмірів 5...7-го квалітетів та шорсткість поверхні $Ra = 2,5...0,8$ мкм.

Суперфінішування є методом особливо чистого доведення поверхонь. За цим методом передбачається оброблення поверхні головкою з абразивними брусками, що коливаються (рис. 2.16). При цьому, крім поздовжнього пересування брусків та обертання деталі, бруски здійснюють ще й коливальний рух. Головним робочим органом є головка з абразивними брусками, а головним рухом – її коливальний рух. Кожне окреме зерно абразиву не проходить двічі одним і тим же шляхом. Кількість подвійних коливань брусків має знаходитися в певному співвідношенні з кількістю обертів деталі, що обробляється.

Процес суперфінішування застосовують для зняття шарів металу до 0,03 мм. Як охолоджувальну рідину застосовують гас з маслом, при цьому охолодження має велике значення для отримання чистої поверхні.

Під час оброблення шийок колінчастого вала методом суперфінішування абразивні бруски здійснюють 450 подвійних коливань за хвилину з амплітудою 5 мм. Колінчастий вал здійснює 135 обертів за хвилину. Усі шатунні та корінні шийки обробляються одночасно за 20 с.

Полірування – це процес чистової обробки поверхні м'яким кругом з нанесеним на нього дрібнозернистим абразивним порошком, змішаним з маслом.

Матеріалом для полірувальних кругів є повсть, шкіра, тканини. Застосовують також полірувальні круги з графітовим наповнювачем. Замість полірувальних кругів часто використовують абразивну стрічку з тонким шаром абразивних зерен або покритих абразивними пастами.

Поліруванням не виправляються дефекти геометричної форми. Знімання металу зазвичай становить не більше 0,01...0,03 мм. Поліруванням досягається шорсткість поверхні $Ra = 0,32...0,08$ мкм.

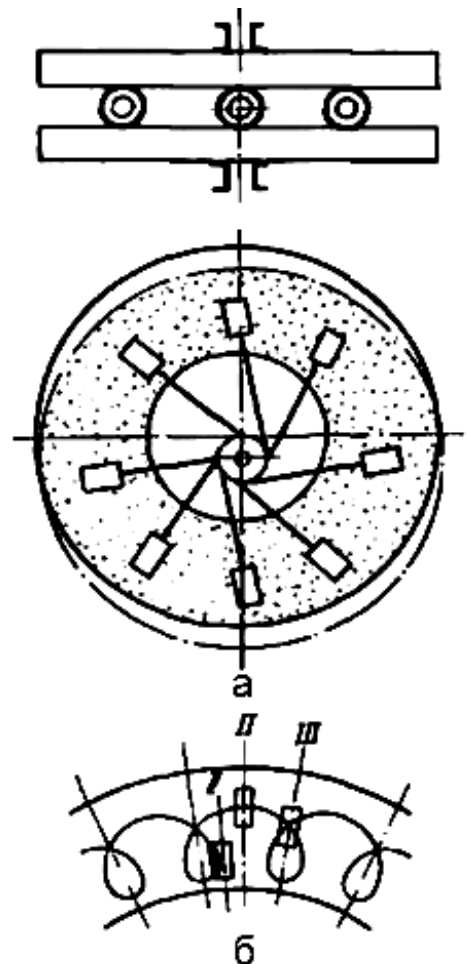


Рис. 2.15. Притирання коротких циліндричних деталей на верстаті з двома дисками: а – схема взаємного розміщення дисків; б – схема положень деталей під час оброблення

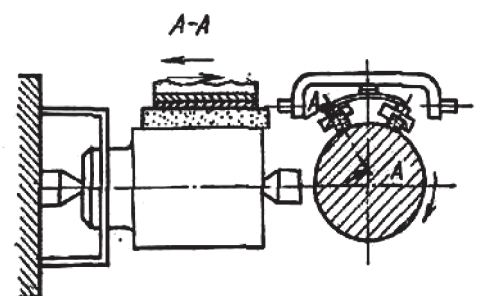


Рис. 2.16. Схема суперфінішування

Полірована поверхня має блискучий дзеркальний вигляд. При цьому також підвищується корозійна стійкість деталі. Полірування ведеться за умов високої швидкості полірувального круга або абразивної стрічки (до 40 м/с). У масовому і великосерійному виробництвах для полірування застосовують багатошпindelні полірувальні автомати.

Циліндричні рукоятки для зручності користування роблять не гладкими, а рифленими. Процес отримання рифленої поверхні називається *накатуванням*. Для цього в різцетримачі супорта токарного верстата закріплюють державку, в якій установлюють ролики з інструментальної загартованої сталі з нанесеними на них зубчиками. Державку притискають до деталі, що обертається. Унаслідок тертя ролики починають обертатися і, вдавлюючись у матеріал деталі, утворюють на її поверхні накатку. Для отримання достатньої глибини накатки потрібно вести накатування в 2–3 проходи.

Вигладжуванням називають численні різновиди процесу оброблення поверхні тиском, без зняття стружки, шляхом тертя, ковзання або кочення. У процесі вигладжування відбуваються тією чи іншою мірою зміни геометричної форми поверхні та показників фізико-механічного стану поверхневого шару деталі. За технологічним призначенням вигладжування поділяють на три види: калібрування (для підвищення точності розміру поверхні та зменшення шорсткості); вигладжування (для зменшення шорсткості); оздоблювання (для досягнення зміцнення поверхневого шару матеріалу).

За одержуваною точністю поверхні калібрування приблизно відповідає шліфуванню, але є значно продуктивнішим. Калібрування супроводжується значним зміцненням поверхневого шару матеріалу деталі.

У процесі вигладжування-оздоблювання відбувається згладжування нерівностей поверхні. Супутнє цьому зміцнення поверхні поширюється на невелику глибину, яка відповідає порівняно невеликому тиску інструменту на поверхню деталі. Робочій поверхні інструменту надають сферичної форми (вигладжування кулькою) або циліндричної. Гарні результати дає вигладжування алмазом (алмазне вигладжування).

Вигладжування здійснюється кульками або роликами, виготовленими із загартованої сталі або твердого сплаву. Пристрій для обкочування кульками являє собою диск, по периферії якого зроблено отвори, заповнені сталевими кульками, які виступають на 0,5...1 мм, але випасти не можуть. Під час обертання диска під впливом відцентрової сили вони ударяють по поверхні деталі, що розміщена в центрах або патроні верстата. Диск із кулями здійснює рух подачі вздовж осі деталі.

Вигладжування шляхом обкочування роликами полягає в тому, що поверхню деталі обкочують ролики, які притискаються до неї. Ролики мають рух подачі, натискають на поверхню та ущільнюють поверхневий шар металу, завдяки чому поверхня вигладжується і стає чистою і

твердою.

Обдування дробом полягає в тому, що оброблювана поверхня піддається чисельним ударам сталевого або чавунного дробу, що викидається на оброблювану поверхню пневматичним або механічним способом. У результаті такого оброблення поверхня набуває наклеп.

Вигладжування та обдування дробом є методами оброблення тиском у холодному стані та належать до області «зміцнювальної технології». Ці методи зміцнюють поверхневий шар, завдяки чому збільшується опір деталі змінним навантаженням, а також збільшується опір зносу поверхонь, що труться.

Шліфування є одним з методів отримання точних отворів, проте на відміну від оброблення валів шліфування застосовується рідше та не є основним методом. Основними його недоліками є такі:

- швидка втрата розміру круга для отвору малого та середнього діаметрів, що приводить до необхідності часткої правки, а також до великих витрат абразивного інструменту;
- у разі використання кругів невеликих розмірів виникають великі труднощі з установленням оптимальних режимів різання у зв'язку з тим, що для організації великої швидкості різання потрібні дуже високі частоти обертання, які неможливо або дуже важко організувати на верстатах. Так, наприклад, для швидкості різання 30 м/с при діаметрі кола 30 мм потрібна частота 28000 хв^{-1} .

Випадки доцільного застосування шліфування такі:

- під час оброблення загартованих деталей. У зв'язку з цим шліфування отворів найчастіше застосовується в інструментальному виробництві;
- під час оброблення відливків, в яких у межах оброблюваного шару є тверді включення та раковини. Шліфувальний круг долає такі ділянки плавно та стабільно, тоді як під час оброблення лезовим інструментом виникають удари та поломки;
- у разі незручної конфігурації отворів – наявність пазів, перерізаних контурів; під час оброблення отворів малої довжини, глухих отворів, отворів у тонкостінних деталях;
- в умовах індивідуального та дрібносерійного виробництва під час оброблення отворів нестандартного діаметра;
- за необхідності виправити дефекти форми, осі отвору, допущені попереднім обробленням.

Мінімальний діаметр отвору визначається мінімально можливим кругом та знаходиться в межах 5 мм, максимальний діаметр – до 1 м при максимальній довжині 2 м. Припуски такого ж порядку, як під час шліфування валів. Середньоекономічна точність – 8...6-го квалітетів, **Ra** = 1,25...0,63 мкм.

На внутрішньошліфувальних верстатах оброблення отворів

виконується на таких деталях:

1. Шліфування отворів на деталі, що обертається, закріпленій у патроні.

Найбільш поширеним є перший спосіб, що застосовується, головним чином, для шліфування отворів у загартованих деталях (наприклад, у циліндричних та конічних зубчастих колесах, втулках). За цим способом оброблювану деталь закріплюють у самоцентрувальному патроні або в спеціальному пристрої, установленому на шпинделі верстата. Закріплена таким чином деталь обертається, шліфувальний круг, що обертається навколо своєї осі з великою кількістю обертів, виконує зворотно-поступальний та поперечний рухи, здійснюючи поздовжню та поперечну подачу і видаляючи за кожен хід тонкий шар металу з поверхні отвору (рис. 2.17).

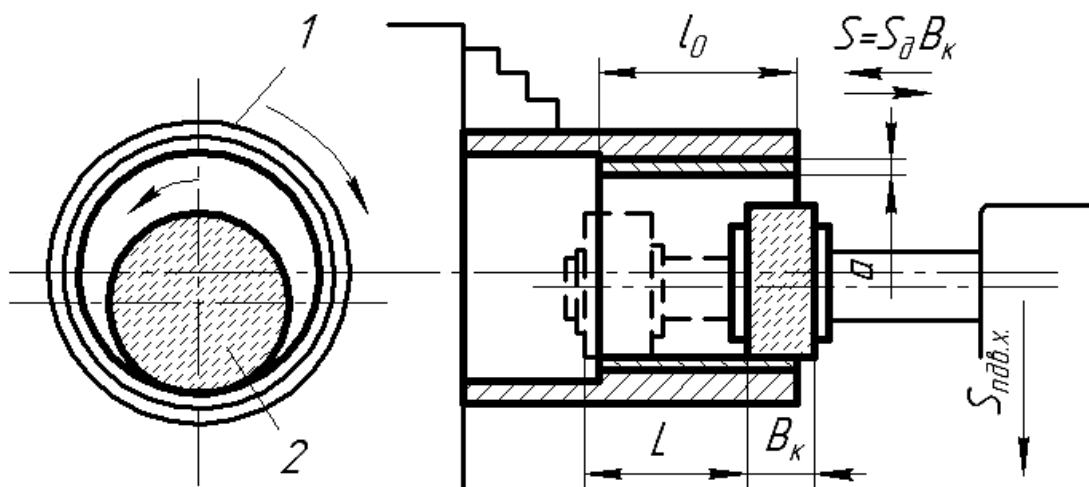


Рис. 2.17. Схема оброблення отвору на внутрішньо-шліфувальному верстаті: 1 – оброблювана деталь; 2 – шліфувальний круг

Напрями обертання круга та оброблюваної деталі мають бути протилежними. Діаметр шліфувального круга беруть зазвичай 0,8...0,9 діаметра отвору.

Цей спосіб застосовують на внутрішньошліфувальних верстатах загального призначення. Найбільш продуктивними є внутрішньошліфувальні верстати-напівавтомати. На них усі операції шліфування, за винятком установлення та зняття деталі та запуску верстата, виконуються автоматично.

Принцип роботи цих верстатів такий: після закріплення деталі в патроні та запуску верстата шліфувальний круг підходить до деталі з прискореною подачею, змінюючи її автоматично на подачу для чорнового шліфування, та шліфує деталь до тих пір, поки не залишиться припуск на чистове шліфування (0,04...0,06 мм на діаметр); після цього шліфувальний круг виходить із деталі та автоматично виправляється алмазом перед чистовим шліфуванням, яке здійснюється за меншої подачі

та більшої швидкості обертання деталі. За 8–10 ходів припуск знімається, отримується потрібний розмір діаметра отвору і верстат зупиняється.

Промір діаметра отвору на верстатах-напівавтоматах іноді здійснюється автоматично, спеціальними калібрами, що вводяться з іншого боку деталі після кожного проходження круга. Калібри, установлені в шпиндель, що обертається разом з ними, рухаються вперед та назад. Шліфування отвору здійснюється до тих пір, поки калібр не увійде до отвору.

Для шліфування торця деталі після шліфування отвору доцільно користуватися верстатами, що мають, крім круга для шліфування отвору, інший круг для шліфування торця, оскільки це забезпечує дотримання суворої перпендикулярності торцевої поверхні до осі отвору деталі, оскільки шліфування відбувається з одного установлення деталі. При цьому збільшується продуктивність оброблення.

2. Шліфування отворів на нерухомій деталі (на верстатах із планетарним рухом шпинделя).

За *другим способом*, тобто при нерухомій деталі, отвори шліфують на верстатах із планетарним рухом шпинделя (рис. 2.18, а). Шпиндель із шліфувальним кругом має чотири переміщення: обертання навколо власної осі; планетарний рух по колу внутрішньої поверхні деталі; зворотно-поступальний рух уздовж осі деталі; поперечне переміщення.

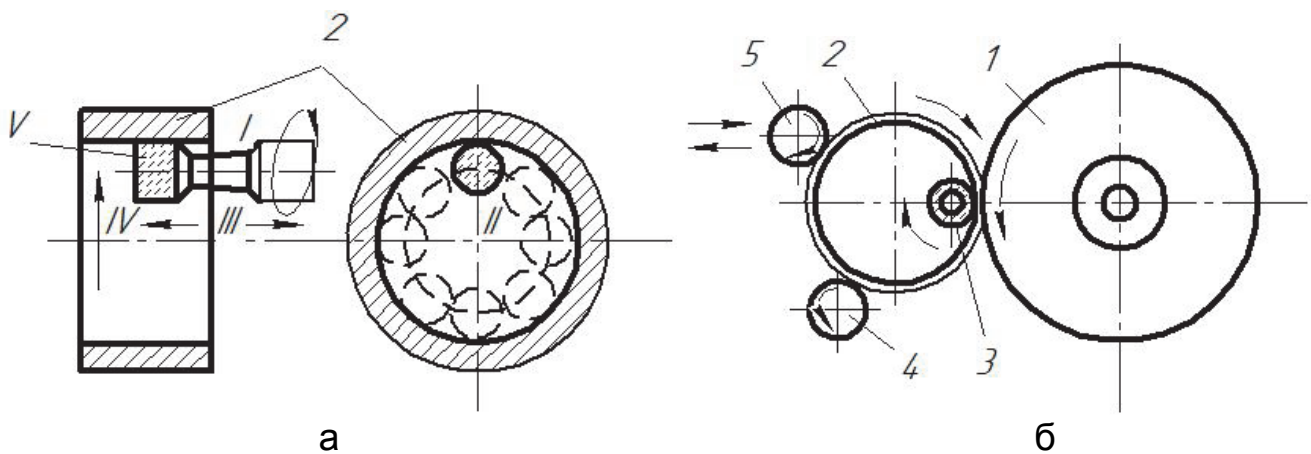


Рис. 2.18. Схеми шліфування отворів: а – планетарного; б – безцентрового (1 – шліфувальний круг; 2 – оброблювана деталь; 3 – ведучий ролик; 4 – підтримувальний ролик; 5 – верхній натискний ролик)

Зважаючи на малу продуктивність ці верстати застосовуються тільки для шліфування великих деталей, які на інших, продуктивніших верстатах шліфувати неможливо.

3. Шліфування отворів на незакріпленій деталі, що обертається (безцентрове шліфування).

Під час безцентрового шліфування (рис. 2.18, б) отвір шліфується в незакріпленій деталі, що обертається, за такою схемою: деталь,

заздалегідь прошліфувана по зовнішньому діаметру, рухається вперед та підтримується трьома роликами. Ролик більшого діаметра є ведучим, він обертає деталь та в той же час утримує її від можливого обертання з великою швидкістю від шліфувального круга. Верхній натискний ролик притискає деталь до ведучого ролика та нижнього підтримувального ролика. Деталь, затиснена між трьома роликами, має швидкість ведучого ролика. Під час зміни деталей затискний ролик відходить ліворуч і, звільняючи деталь, дає змогу вставити вручну або автоматично нову деталь.

Особливістю такої операції є висока точність за ексцентричністю та паралельністю осей внутрішнього отвору та зовнішньої поверхні. Цей спосіб можна застосовувати для внутрішнього шліфування деталей розміром від 10 до 200 мм з наскрізними, глухими та конічними отворами. Цей спосіб широко застосовується для шліфування кілець підшипників кочення.

Хонінгування є абразивною оздоблювальною обробкою. Суть хонінгування полягає в механічному доведенні заздалегідь розгорненого, розшліфованого або розточеного отвору спеціальною головкою (хоном) з абразивними розсувними брусками, що мають, крім того, зворотно-поступальний рух.

Інструмент-хон (рис. 2.19) являє собою корпус, на пластинках якого розміщені бруски (від 6 до 12), що за допомогою конусів можуть бути розведені в радіальному напрямку або зведені та притиснуті до конусів пружинами. Хон з'єднано зі шпинделем верстата штангою з двома шарнірами.

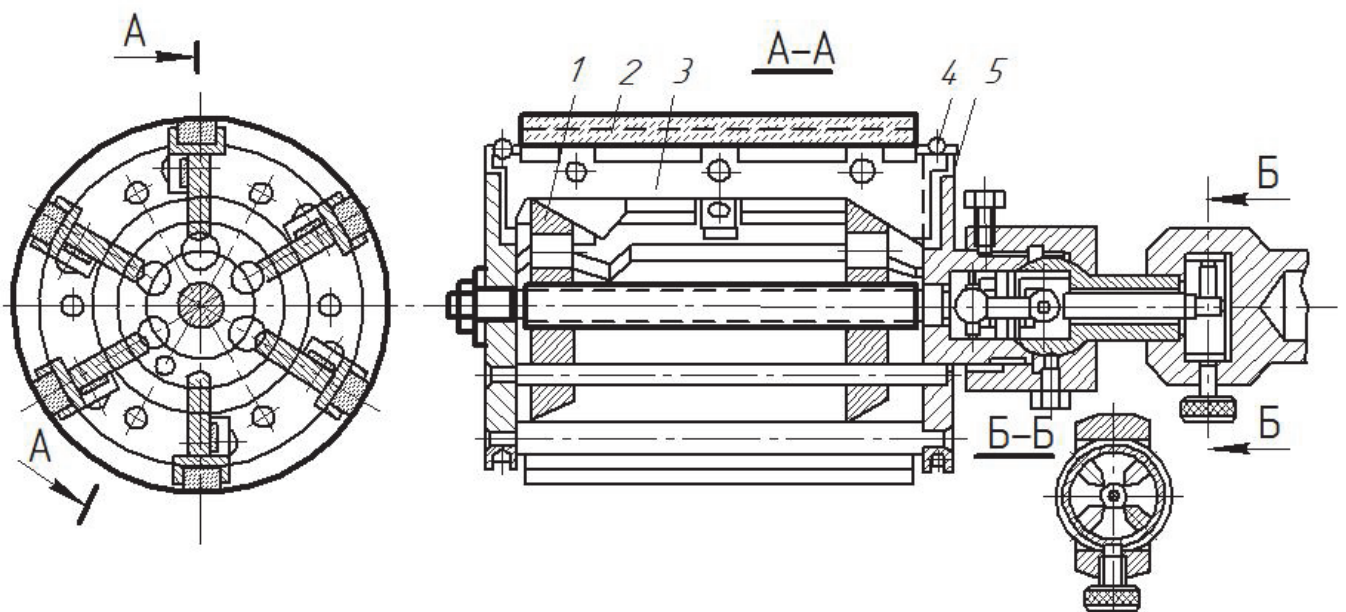


Рис. 2.19. Хонінгувальна головка: 1 – конуси; 2 – бруски; 3 – пластинки; 4 – пружини; 5 – корпус

Для виготовлення абразивних хонінгувальних брусків використовують різні матеріали: електрокорунд, карбід кремнію, ельбор. Алмазні бруски дають дещо кращі результати. Головна їх перевага – висока стійкість, яка в десятки разів перевищує стійкість абразивних брусків. Для алмазних брусків застосовують зерна природних та синтетичних алмазів, для хонінгувальних – переважно синтетичні алмази, що мають високу стабільність властивостей, працездатність та порівняно з природними алмазами значно меншу вартість.

Головку хона вставляють в отвір, що обробляється; деталь або головка набувають обертального руху, а хон, крім того, ще й обертально-поступового. У результаті цього слід елементарного зерна в траєкторії різання є багатократним перетином абразивних зерен по синусоїдах. Розкладання синусоїд по нахилу регулюється зворотно-поступальним рухом. У результаті цього досягається точність оброблення 7...6-го квалітетів і $Ra = 0,63...0,08$ мкм. Під хонінгування залишається невеликий припуск – 0,02...0,2 мм, який може бути знятий за 1...2 хв.

На відміну від шліфування операція хонінгування має такі особливості:

- велика поверхня контакту з деталлю, при цьому в роботі бере участь в 100...1000 разів більше абразивних зерен;
- малі величини питомого тиску та малі швидкості різання (тиск абразивного інструменту на деталь в 6...10 разів нижче, швидкість різання в 50...120 разів нижче);
- утворення невеликої кількості теплоти.

Унаслідок цього під час хонінгування відсутня вібрація верстата, що часто спостерігається у внутрішньошліфувальних верстатів, та забезпечується циліндричність поверхні отвору, зважаючи на відсутність відтиснення інструменту, який має місце у разі роботи на внутрішньошліфувальних верстатах.

Притирання отворів полягає у видаленні шорсткості з поверхні отвору після його чистового оброблення чавунними або мідними притирами, що створюють за допомогою пружин тиск на стінки отвору. Притирання здійснюється обертанням притиру поперемінно в обох напрямках на півоберта з одночасним переміщенням його уздовж осі оброблюваного отвору. Під час роботи притир поливається гасом (7...5-й квалітети,

$Ra = 2,5...0,08$ мкм).

Притирання є малопродуктивним способом оброблення поверхні, тому застосовується порівняно рідко.

Застосування методів оздоблювального оброблення без зняття стружки обмежує діапазон механічних властивостей оброблюваного матеріалу, перш за все коефіцієнт пластичності. Цей вид оброблення отворів полягає в їх калібруванні (дорнуванні) прогладжувальними прошивками (дорнами) та кульками, а також у розкочуванні отворів (рис. 2.20).

Під час дії високого тиску на поверхню отвору відбувається пластична деформація матеріалу, згладжуються мікронерівності, підвищується точність розмірів і точність форми. При цьому поверхневі шари металу зміцнюються. У результаті підвищуються експлуатаційні властивості деталі: довговічність та надійність; скорочується час припрацювання; знімаються концентрації напружень; підвищується корозійна стійкість.

Дорнування найчастіше застосовується під час оброблення шатунів, зубчастих коліс, фасонних поверхонь. Прогладжувальні прошивки не мають різальних зубців, вони не ріжуть, а ущільнюють, прогладжують матеріал та тим самим калібрують отвір. Дорнування може замінити такі операції, як полірування, хонінгування. Точність оброблення – 5...6-й квалітети, шорсткість досягає $Ra = 0,63 \dots 0,08$ мкм. Процес дорнування може здійснюватися як на протяжних верстатах, так і на пресах.

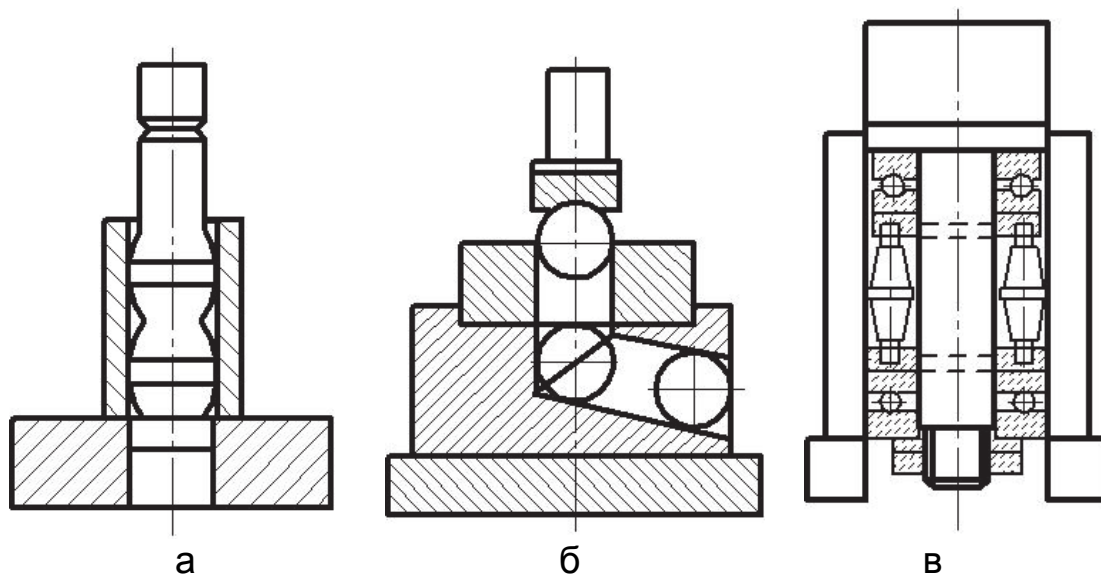


Рис. 2.20. Схеми оброблення отворів без зняття стружки: а – дорнування (прогладжування прошивкою); б – калібрування кулею; в – розкочування роликами

Калібрування кулею полягає в продавлюванні сталевोї загартованої кулі за допомогою преса через отвір, заздалегідь точно оброблений. Діаметр кулі має бути дещо більше діаметра отвору, який одержують після продавлювання кулі, оскільки в цьому випадку спостерігається явище пружного відновлення. На спеціальних пресах для калібрування кулею передбачається автоматичне обертання кулі.

Розкочування застосовується для отримання щільної та гладкої поверхні отвору і здійснюється сталевими, загартованими та відшліфованими роликами бочкоподібної форми. Таке розкочування дає змогу замінити шліфування та полірування. Недоліком є складність

отримання точного циліндричного отвору унаслідок великого тиску на стінки отвору, нерівномірної товщини стінок та неоднорідності матеріалу деталі. Ці чинники спричиняють деформацію деталі. Краще за все обробляються кольорові метали, чавун не піддається розкочуванню.

Запитання для самоконтролю

1. Які відомі методи шліфування і в чому їх особливості?
2. За якими способами здійснюється кругле шліфування?
3. Наведіть приклади схеми круглого шліфування.
4. За якими способами здійснюється безцентрове шліфування?
5. Наведіть приклади схеми безцентрального шліфування.
6. Які чистові методи абразивної обробки використовують для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь і в чому їх характерні особливості?
7. Перелічіть методи оброблення отворів абразивним інструментом.
8. Перелічіть основні недоліки та випадки доцільного застосування шліфування.
9. Якими способами здійснюється оброблення отворів на внутрішньошліфувальних верстатах?
10. Які характерні особливості планетарного та безцентрального шліфування?
11. Що являє собою хонінгувальна головка і в чому полягає суть хонінгування?
12. Які відомі методи оброблення отворів без зняття стружки?
13. Якими методами обробляють отвори малих діаметрів? У чому їх особливості?

2.6. Оброблення деталей на токарних напівавтоматах і автоматах

Металорізальні верстати є технологічними машинами, на яких обробляють заготовки різанням. Процес різання складається з робочих і холостих (допоміжних) ходів.

Робочими ходами називають ті рухи, в результаті яких безпосередньо здійснюється процес різання: точіння, свердлення, розгортання, нарізування різей та ін.

Холостими ходами називають ті рухи, які призначені для здійснення допоміжних рухів: установлення і затиск заготовки, швидке підведення і відведення супорта з різальним інструментом, вимірювання і зняття деталі та ін.

В окремих випадках частина робочих і холостих ходів може виконуватися одночасно.

Таким чином, повний час оброблення однієї заготовки (деталі)

складається з часу робочих і холостих ходів і називається *робочим циклом оброблення*.

Робочі цикли оброблення можуть виконуватися при ручному, напівавтоматичному і автоматичному керуванні.

Верстатом з ручним керуванням називається такий верстат, у якого частина робочих і холостих ходів механізована, а частина виконується вручну.

При напівавтоматичному циклі оброблення заготовки і вимкнення верстата здійснюються автоматично, а установлення заготовки, пуск верстата і знімання обробленої деталі — вручну.

Напівавтоматом називається верстат, що здійснює оброблення деталі за автоматичним циклом, при цьому частина допоміжних операцій (знімання, установлення заготовки, пуск верстата та ін.) виконується вручну.

При автоматичному циклі всі процеси оброблення здійснюються без участі людини.

Автоматом називається верстат, що здійснює оброблення заготовки без участі робочого, роль якого зводиться тільки до спостереження за процесом оброблення.

Ефективність експлуатації напівавтоматів, автоматів та іншого автоматизованого устаткування багато в чому залежить від кваліфікації налагоджувальника, яка досягається в результаті глибокого вивчення кінематики, конструкції, процесів різання і раціональних прийомів налагодження.

На універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах деталі обробляються послідовно декількома інструментами, якими керує робітник вручну. Одночасне оброблення заготовки двома або трьома інструментами в цьому випадку утруднене, оскільки робітник не може одночасно керувати їх роботою. Послідовність виконання операцій при цьому визначається також самим робітником.

Цикл оброблення деталей на універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах містить велику кількість ручних операцій, які збільшують час їх оброблення і знижують продуктивність верстата.

Токарні автомати і напівавтомати використовуються для оброблення заготовок складної форми з прутка і штучних заготовок. Оброблення деталей на цих верстатах виконується декількома інструментами, які встановлюються на супортах і в спеціальних пристроях (свердлильних, різенарізних та ін.).

Висока продуктивність токарних автоматів і напівавтоматів порівняно з токарними і токарно-револьверними верстатами досягається завдяки повній автоматизації робочих і холостих ходів і їх часткового поєднання. При цьому один робітник обслуговує декілька автоматів або напівавтоматів. Проте переналагодження автоматів і напівавтоматів при переході на оброблення нової заготовки буде пов'язано з витратою

значного часу і засобів, тому токарні автомати і напівавтомати застосовуються в масовому, великосерійному та іноді в серійному виробництвах.

Токарні автомати і напівавтомати поділяють на такі типи: за універсальністю; розташуванням і кількістю шпинделів; видом оброблюваної заготовки; способом керування робочим циклом і способом оброблення.

За універсальністю токарні автомати і напівавтомати поділяють на універсальні і спеціальні. До універсальних автоматів і напівавтоматів належать такі, які призначаються для оброблення заготовок певної групи деталей складної форми. При переході на оброблення нової заготовки переналагодження цих автоматів і напівавтоматів виконується без переробок основних вузлів і полягає в основному в заміні кулачків, різцедержавок і різальних інструментів. Спеціальні автомати і напівавтомати призначаються для оброблення тільки однієї заготовки і за необхідності переналагодження потребують перероблення основних вузлів.

За розташуванням шпинделів автомати і напівавтомати поділяють на горизонтальні та вертикальні.

За кількістю шпинделів автомати і напівавтомати поділяють на одношпинделі і багатошпиндельні. Останні можуть бути чотири-, шести- і восьмишпиндельними.

За видом оброблюваної заготовки токарні автомати і напівавтомати поділяють на пруткові (заготовка з прутка) і патронні (штучна заготовка). При обробленні штучних заготовок автомати і напівавтомати оснащуються бункерними або магазинними завантажувальними пристроями з автооператорами.

За способом керування робочим циклом автомати і напівавтомати поділяють на три групи. До першої групи належать автомати, у яких є один розподільний вал, що рівномірно обертається в період всього циклу оброблення. У результаті робочі і холості ходи виконуються при одній швидкості обертання розподільного вала, яка визначається з умов робочих ходів. Цей спосіб керування циклом широко застосовується в автоматах фасонно-відрізних і поздовжнього точіння.

До другої групи належать автомати з одним розподільним валом, що має протягом одного робочого циклу дві швидкості обертання — малу на робочих ходах і велику — на холостих ходах. Такий спосіб керування застосовується в багатошпиндельних автоматах і напівавтоматах.

До третьої групи належать автомати, що мають розподільний вал, який керує робочими ходами і частиною холостих ходів (швидке відведення і підведення супортів), і швидкообертовий допоміжний вал, який здійснює решту холостих ходів (перемикання револьверної головки, подача і затиск матеріалу та ін.). При обробленні різних деталей швидкість обертання розподільного вала змінюється, а швидкість обертання

допоміжного вала залишається завжди постійною. Такий спосіб керування робочим циклом застосовується в токарно-револьверних автоматах.

За способом оброблення автомати і напівавтомати поділяють на фасонно-відрізні, поздовжнього точіння, токарно-револьверні, багаторізцеві і копіювальні.

Запитання для самоконтролю

1. Який механізм автоматизує цикл оброблення на токарних автоматах і напівавтоматах?

2. У чому полягає відмінність між токарним верстатом, токарним автоматом і напівавтоматом?

3. Яка відмінність між універсальним і спеціальним токарними автоматами?

4. За якими ознаками і на які основні типи поділяють токарні автомати і напівавтомати?

5. Класифікація токарних автоматів і напівавтоматів за універсальністю.

6. Класифікація токарних автоматів і напівавтоматів за розташуванням шпинделів.

7. Класифікація токарних автоматів і напівавтоматів за кількістю шпинделів.

8. Класифікація токарних автоматів і напівавтоматів за видом оброблюваної заготовки.

9. Класифікація токарних автоматів і напівавтоматів за способом оброблення.

2.7. Оброблення деталей на одношпиндельних токарно-багаторізцевих автоматах і напівавтоматах

Токарні багаторізцеві автомати і багаторізцеві копіювальні напівавтомати зазвичай виконують одношпиндельними з горизонтальним компонуванням; проте в типажі багаторізцевих копіювальних верстатів є вертикальні одно- і двошпиндельні, а також одно- і двошпиндельні фронтальні напівавтомати.

На токарних багаторізцевих копіювальних напівавтоматах можна обробляти циліндричні, фасонні, конічні поверхні, а також торці поверхонь деталей (рис. 2.21). Верстати серійного випуску дають змогу обробляти заготовки діаметром до 500 мм, завдовжки до 1500 мм. Оброблення довгих деталей виконують в центрах, за винятком вертикальних і фронтальних верстатів.

Токарні одно- і багатошпиндельні горизонтальні автомати призначено для оброблення циліндричних, конічних, фасонних поверхонь обертання.

На базі токарно-револьверних одношпindelьних, фасонно-відрізних, поздовжнього точіння і багатошпindelьних автоматів можна обробляти штучні заготовки в автоматичному циклі при механізації і автоматизації завантаження і вивантаження заготовок або в напівавтоматичному циклі з ручним завантаженням. Переналагодження автомата або напівавтомата на оброблення іншої деталі потребує не менше 3 – 5 годин, тому застосовувати ці верстати доцільно тільки у разі тривалого оброблення однієї партії деталей; переналагодження на оброблення інших деталей раніше ніж через 30 – 45 годин безперервної роботи не рекомендується.

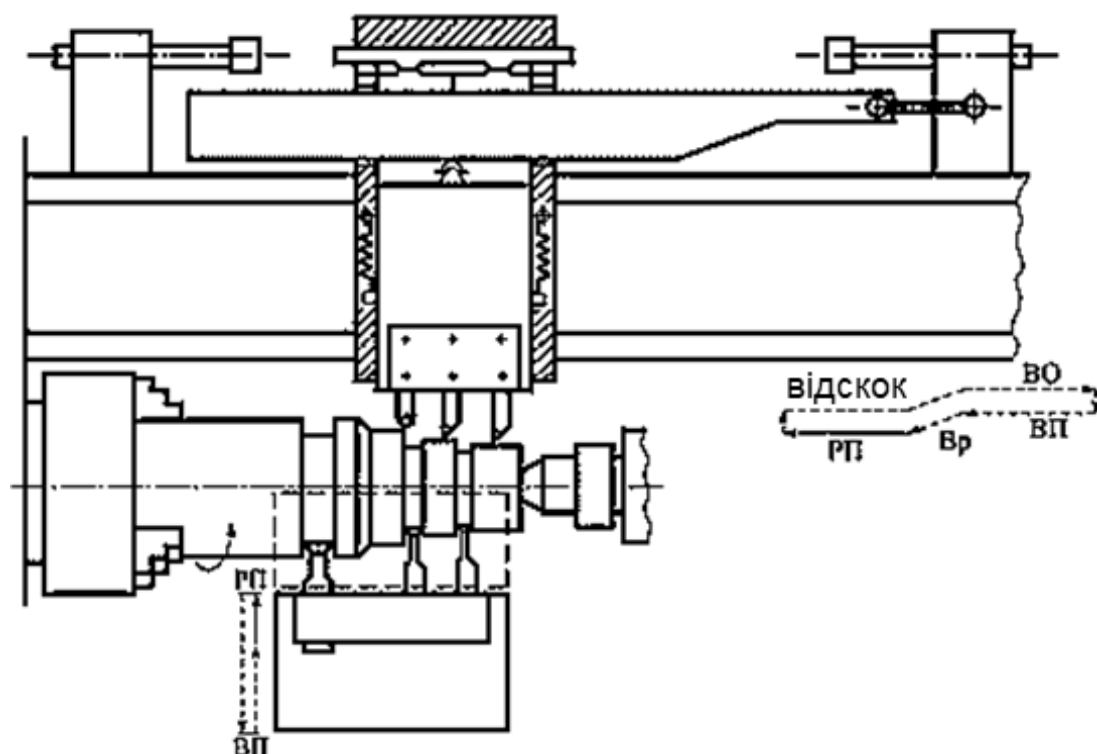


Рис. 2.21. Оброблення циліндричних поверхонь деталей на токарних багаторізцевих копіювальних напівавтоматах

При розрахунку наладок в операційно-налагоджувальній карті наводять схему налагодження верстата по переходах, розрахунок режимів різання і продуктивності. При проектуванні наладок для підвищення продуктивності і зручності налагодження верстата, а також для зниження браку необхідно по можливості застосовувати швидкозмінні наладки-блоки і налагодження інструментів на зовнішній розмір з використанням вимірювальних пристроїв.

Точність оброблення на токарних автоматах і напівавтоматах досягається з допуском 0,03...0,06 мм на діаметр і 0,08...0,15 мм на лінійні розміри. У деяких випадках при застосуванні спеціального технологічного оснащення можна досягти більш високої точності.

Параметр шорсткості поверхні при обробленні на автоматах і напівавтоматах $Ra = 5...1,25$ мкм.

Розробляючи наладки на одношпиндельні автомати і напівавтомати, слід суміщати роботу інструментів, розміщених на поперечному супорті і в револьверній головці, не суміщати обдирне оброблення з чистовим, не ослаблювати переріз деталі на перших переходах оброблення, щоб уникнути вібрації і віджимань при подальших переходах.

Щоб уникнути нестабільності розмірів і появи уступів на обробленій поверхні, необхідно суміщати моменти початку і закінчення роботи різних інструментів. Остаточну обробку зовнішніх поверхонь тонкостінних деталей слід передбачати після оброблення отворів, оскільки при свердленні, зенкуванні і розгортанні отворів спостерігається збільшення зовнішніх розмірів. Центрувальні свердла слід затримувати в кінці подачі на декілька обертів для зачищення.

Обточування зовнішніх циліндричних поверхонь револьверною головкою доцільно суміщати з обробленням отворів, а оброблення фасок і зовнішніх торців деталей суміщати з відрізанням; абсолютно неприпустимо поєднувати відрізання з обдирними або іншими переходами, що потребують великих зусиль. Різі слід нарізати після обдирних переходів, але при неослабленій деталі, щоб уникнути скручування. В нарізних отворах, які нарізуються мітчиком, для компенсації похибок налагодження і розміщення стружки необхідно передбачити зазор між дном отвору і торцем мітчика в кінцевому положенні завдовжки не менше трьох витків різі. Для запобігання поломкам свердел при обробленні глибоких отворів потребується здійснювати переривчасту подачу.

На токарних багаторізцевих копіювальних напівавтоматах забезпечується точність оброблення 11 – 13-го квалітетів. При правильному виборі наладки і технологічного оснащення точність може бути підвищена до 6 – 9-го квалітетів.

Проектуючи наладки, необхідно прагнути до одночасної роботи інструментів, установлених на поздовжніх і поперечних супортах. Спільно працюючі різці розміщують так, щоб сили різання від одних різців зрівноважувалися силами від інших різців.

Східчасті деталі обточують з меншого діаметра; одночасно знімають фаски і підрізають торці.

У наладках при точінні довгих циліндричних поверхонь збільшують кількість різців на поздовжньому супорті, оскільки це зменшує довжину ходу і тим самим скорочує основний час операції. Проте виграш у часі оброблення через збільшення кількості різців забезпечується тільки до тих пір, поки час роботи поперечного супорта менше часу роботи поздовжнього; інакше кажучи, має бути додержано співвідношення

$$L_{пр} \geq L_{поп} \frac{S_{пр}}{S_{поп}},$$

де $L_{пр}$, $L_{поп}$ – довжина робочого ходу відповідно поздовжнього і поперечного супортів; $s_{пр}$ і $s_{поп}$ – допустима подача відповідно поздовжнього і поперечного супортів.

Збільшуючи кількість одночасно працюючих різців, необхідно враховувати жорсткість верстата, деталі і кріплення її на верстаті. Кількість різців в наладці не повинне бути надмірним також і тому, що при цьому збільшуються вібрації верстата, і збільшення сил різання призводять до підвищеного зносу інструменту і більш частого регулювання і зміни його. У результаті досягнуте скорочення основного часу може бути зведено нанівець збільшенням часу на підналагодження і налагодження верстата. Крім того, при великій кількості різців у наладці ускладнюється конструкція державок і утруднюється обслуговування верстата.

При проектуванні наладок з інструментами, оснащеними твердосплавними пластинками, не слід значно збільшувати кількість різців, оскільки жорсткість більшості багаторізцевих напівавтоматів невелика і при роботі на високих швидкостях різання виникають інтенсивні вібрації, особливо у момент врізання. Часто потужність багаторізцевих напівавтоматів виявляється недостатньою для роботи на високих швидкостях різання, що також потребує скорочення кількості одночасно працюючих різців у наладках. З метою більш повного використання багаторізцевих напівавтоматів при роботі на швидкісних режимах різання вигідно замість багатоінструментних застосовувати наладки з одним або двома різцями, що працюють по копіру. При цьому досягається підвищення продуктивності на 25 % у результаті збільшення швидкості різання і подачі, а також скорочення часу на налагодження і підналагодження верстата, крім того, зменшується зношення інструменту.

У деяких випадках при роботі на високих режимах різання копіювальні і фронтальні напівавтомати доцільно використовувати замість вертикальних багатошпиндельних токарних напівавтоматів безперервної і послідовної дії без зниження продуктивності. Простота налагодження цих верстатів дає змогу застосовувати їх в серійному виробництві.

Важливим фактором для підвищення продуктивності є вживання швидкозмінних наладок – блоків, що настроюються зовні верстата. Одночасне виконання переходів попереднього і чистового оброблення на багаторізцевих напівавтоматах допустимо у випадках, якщо таке поєднання не знижує точності і не збільшує параметрів шорсткості поверхні. Застосовувати багаторізцеві наладки при чистовому обточуванні довгих гладких деталей не рекомендується.

Через похибки налагодження декількох різців на один розмір і нерівномірності відтискання різців під час роботи оброблювана поверхня виходить східчастою. Тому попереднє оброблення гладких поверхонь виконують декількома різцями, а остаточне – одним різцем.

При чистовому обточуванні на багаторізцевих напівавтоматах східчастих деталей необхідно кожний ступінь обробляти одним різцем;

можна також застосовувати здвоєні супорти, що допускають індивідуальне регулювання кожного різця на розмір.

Оброблення багатоступінчастих деталей рекомендується виконувати при змішаних налагодженнях: поверхні великого діаметра обробляти інструментами, армованими твердим сплавом, а малих діаметрів — інструментами зі швидкорізальної сталі.

Для отримання більш високої точності (6 – 9-го квалітетів) при обробленні східчастих деталей наладки оснащують широкими фасонними або бриючими різцями (рис. 2.22), що працюють на поперечних супортах; при цьому слід враховувати, що різці, армовані твердим сплавом, працюють на врізування значно гірше різців зі швидкорізальної сталі. Щоб уникнути поломок твердосплавного інструменту, слід передбачати послідовну роботу поздовжнього і поперечного супортів.

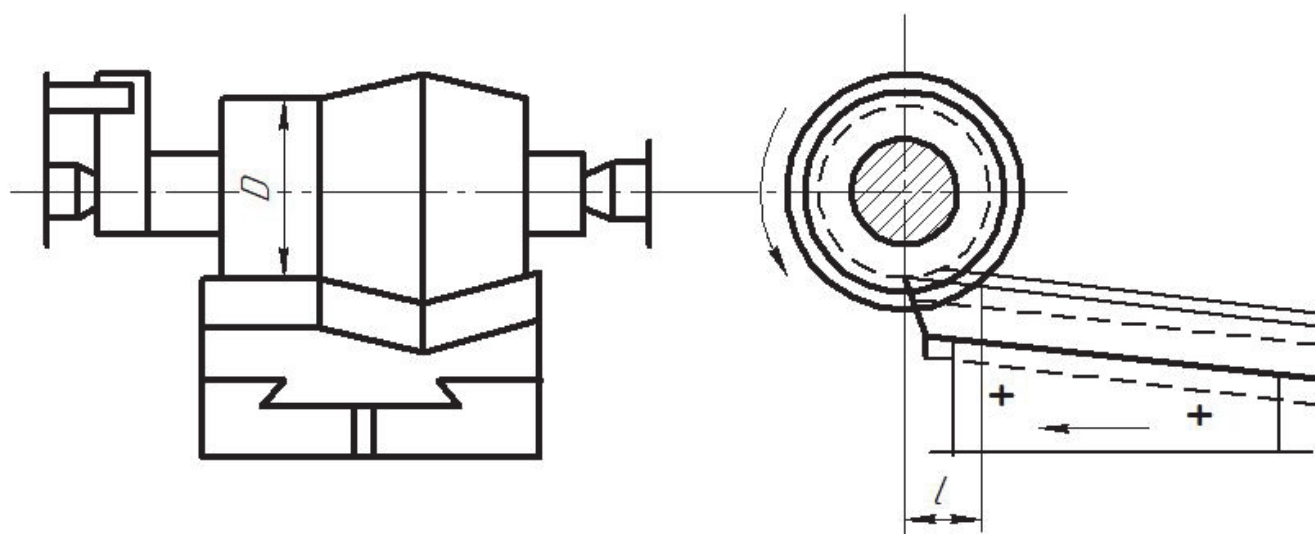


Рис. 2.22. Схема роботи бриючого різця

При обробленні фасонними різцями технологічна система має бути більш жорсткою, досяжна точність оброблення 8 – 11-го квалітетів. При розробленні наладок для верстатів, у яких довжина ходу поперечного супорта була пов'язана з ходом поздовжнього супорта, необхідно мати на увазі, що отримати діаметри з точністю 6 – 11-го квалітетів за допомогою фасонних різців можна лише в тих випадках, якщо в кінці робочого ходу супорта забезпечується калібрування внаслідок декількох обертів шпинделя без переміщення супорта.

Висока точність при обробленні деталей класу «диск» досягається шляхом одночасного оброблення отвору і торця деталі. При обробленні деталей малої жорсткості, щоб уникнути їх деформацій, доцільно застосовувати затискні пристрої, які забезпечують великі зусилля при чорновому обробленні, а перед чистовим обробленням – розтиск і затиск деталі з мінімальною силою.

Запитання для самоконтролю

1. Призначення і область застосування токарних багаторізцевих автоматів і багаторізцевих копіювальних напівавтоматів.
2. Особливості проєктування наладок.

2.8. Оброблення деталей на багатошпиндельних напівавтоматах і автоматах

Багатошпиндельні горизонтальні автомати призначено для виготовлення деталей, що калібруються, прутків круглого, квадратного або шестигранного перерізу із сталі і кольорових металів діаметром 12...100 мм, завдовжки до 160 мм (залежно від моделі автомата), а напівавтомати – для виготовлення деталей зі штучних заготовок діаметром до 200 мм (залежно від моделі). Як заготовки можуть використовуватися також труби. На багатошпиндельних горизонтальних автоматах і напівавтоматах оброблення виконується послідовно на чотирьох, шести або восьми позиціях за кількістю шпинделів верстата. Восьмишпиндельні автомати і напівавтомати можна налаштовувати на подвійну індексацію, у цих випадках блок шпинделя повертається відразу на дві позиції.

Шестишпиндельні автомати і напівавтомати бувають з подвійною індексацією, але на відміну від восьмишпиндельних вони не можуть бути переналагоджені на оброблення з одинарною індексацією. Багатошпиндельні горизонтальні автомати і напівавтомати відрізняються від одношпиндельних більшою продуктивністю і дають змогу обробляти складніші деталі, хоча точність оброблення при цьому буде нижча.

На багатошпиндельних автоматах і напівавтоматах зовнішні поверхні обробляють як з поздовжніх, так і з поперечних супортів. З поперечних супортів обробляють поверхні фасонів деталей, в яких довжина контурної лінії відносно діаметра невелика ($l/d < 1,5$), і остаточно обточують деталі для отримання точних лінійних розмірів. Довгі деталі обточують з використанням люнетних державок.

Внутрішні різі нарізують мітчиками, зовнішні різі – головками, що самовідкриваються, з поздовжніх супортів. Різи слід нарізувати після обдирних переходів, але при неослабленій деталі, щоб уникнути скручування. В нарізних отворах, які нарізуються мітчиком, для компенсації похибок налагодження і розміщення стружки необхідно передбачити зазор між дном отвору і торцем мітчика в кінцевому положенні завдовжки не менше трьох витків різі.

У машинобудуванні використовують багатошпиндельні напівавтомати двох типів: послідовної і безперервної (паралельної) дії. На верстатах послідовної дії за одне установлення на всіх робочих позиціях обробляють деталь, переміщаючи її послідовно з однієї позиції в іншу, і виконують на кожній з них свої переходи оброблення. Оброблення

виконують як би на декількох одношпindelних напівавтоматах з різними налатками (рис. 2.23).

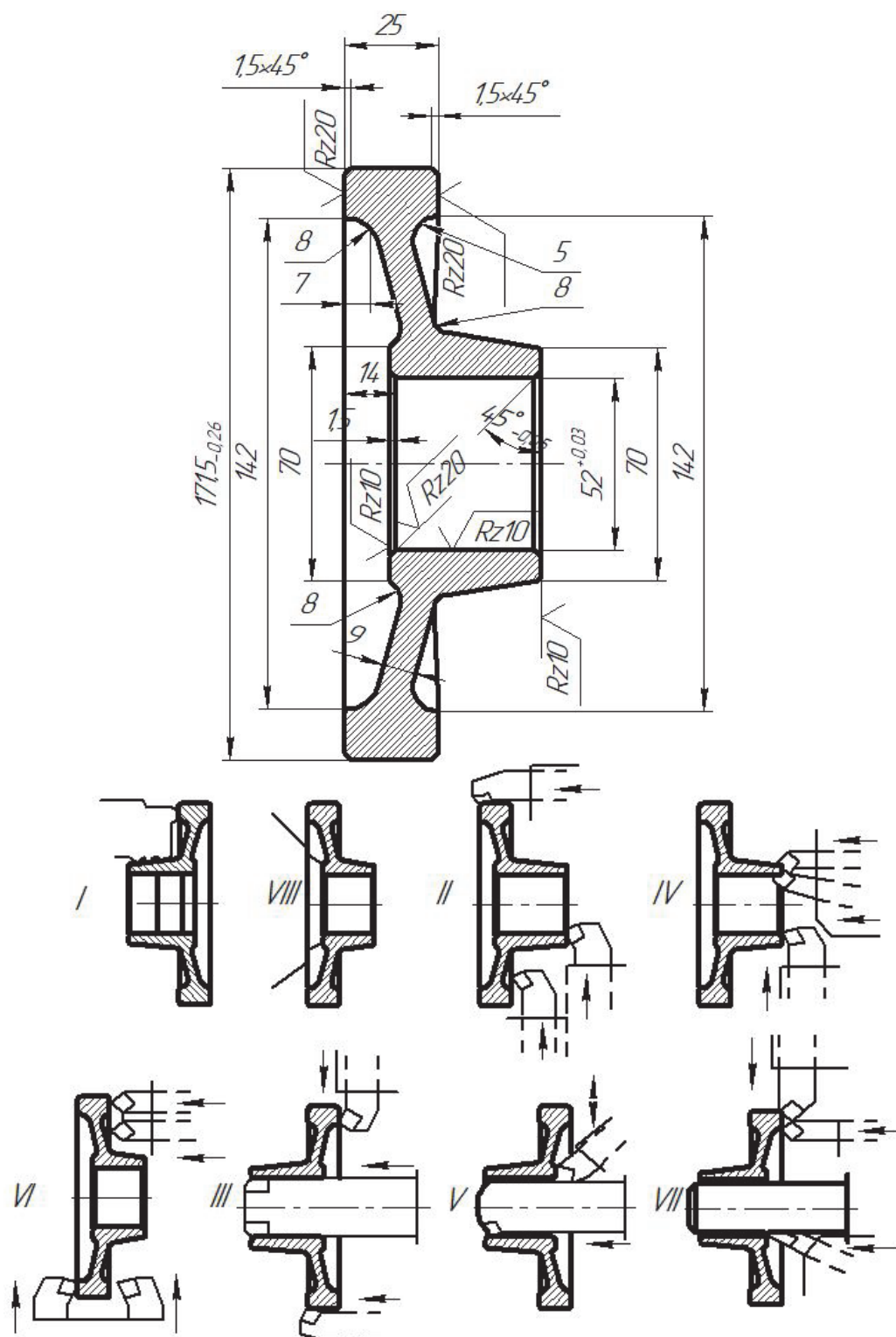


Рис. 2.23. Двохіндексна наладка восьмишпindelного напівавтомата для оброблення заготовок зубчастих коліс

На верстатах безперервної (паралельної) дії за одне установлення заготовки її обробляють тільки на одній позиції, причому обробляються одночасно декілька (за кількістю шпинделів без одного) заготовок. Отже, декілька заготовок обробляють як би одночасно на декількох одношпиндельних напівавтоматах, налагоджених на одну і ту ж операцію.

Вертикальні багатошпиндельні напівавтомати для виконання найпоширеніших видів оброблення оснащують супортами таких основних типів:

- вертикальним для оброблення, що виконується при вертикальному переміщенні;

- універсальним для послідовного поздовжнього, а потім поперечного точіння з поверненням у початкове положення по тій же траєкторії;

- паралельної дії (напівуніверсальної) для оброблення заготовки інструментами двох груп, одна з яких має вертикальне переміщення, а інша – послідовно-вертикальне і потім горизонтальне (рис. 2.24).

Система керування напівавтомата може забезпечувати максимально чотири цикли роботи супортів: швидке підведення – мала подача – велика подача – швидке відведення.

На зазначених верстатах обточують поверхні, розточують отвори, підрізають торці або здійснюють комбінацію цих переходів при попередньому і остаточному обробленні, забезпечується точність 10 – 11-го квалітетів і параметр шорсткості обробленої поверхні $Ra = 2,5$ мкм. Точність 6 – 9-го квалітетів може бути забезпечена при застосуванні спеціального інструменту (плаваючих головок та ін.).

Технологічні можливості верстатів безперервної дії, призначених для оброблення заготовок в патронах, не дають змоги визначити область їх застосування.

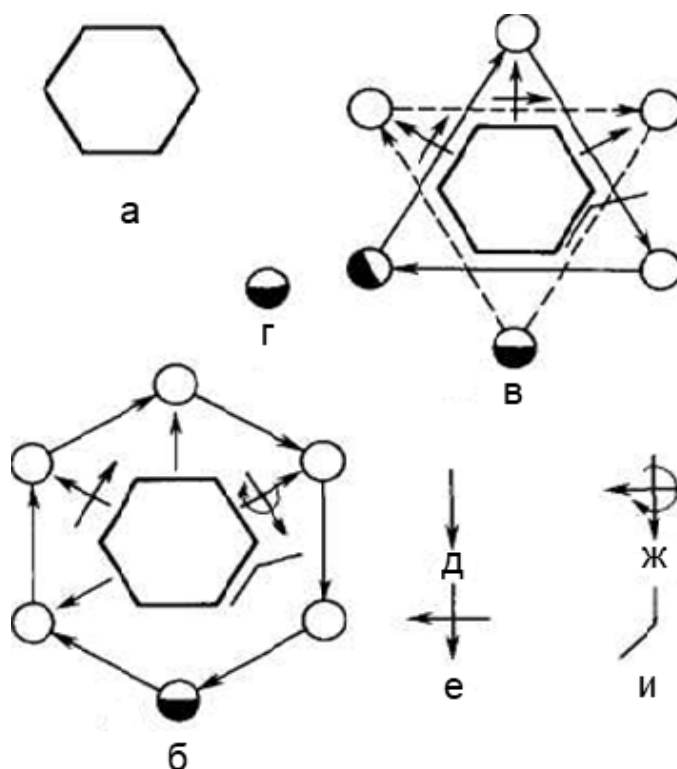


Рис. 2.24. Схеми налагодження напівавтоматів і умовні позначення позицій і рухів супортів: а – колонка верстата; б – схема одноциклового налагодження верстата; в – схема двоциклового налагодження верстата; г – завантажувальна позиція; д – вертикальний супорт; е – горизонтальний (напівуніверсальний) супорт; ж – універсальний супорт; и – здвоєний кутовий супорт

Проектування наладок і розрахунок режимів різання виконують для всіх супортів – позицій роздільно. Потім виконують додаткові розрахунки, пов'язані з координацією роботи окремих супортів — позицій. Режими різання призначають такими, щоб тривалість роботи всіх супортів була приблизно однаковою. Це дає змогу підвищити стійкість інструменту на нелімітуючих позиціях і тим самим скоротити час на підналагодження верстата, а також більш раціонально використати всі супорти верстата, не допускаючи перевантаження їх в окремих позиціях.

Багатошпиндельні напівавтомати послідовної дії при обробленні порівняно простих деталей з невеликою кількістю переходів налагоджують на одно-, дво- і трициклову роботу. На завантажувальних позиціях здійснюють завантаження і знімання одночасно однієї, двох або трьох заготовок. При дво- і трициклових налагодженнях можна обробляти деталі типу валів і шестерень з двох боків з поворотом або обробляти однотипні деталі різних найменувань.

При проектуванні наладок для позицій попереднього оброблення за умов продуктивності доцільно збільшувати кількість одночасно працюючих інструментів до шести – восьми (рис. 2.25).

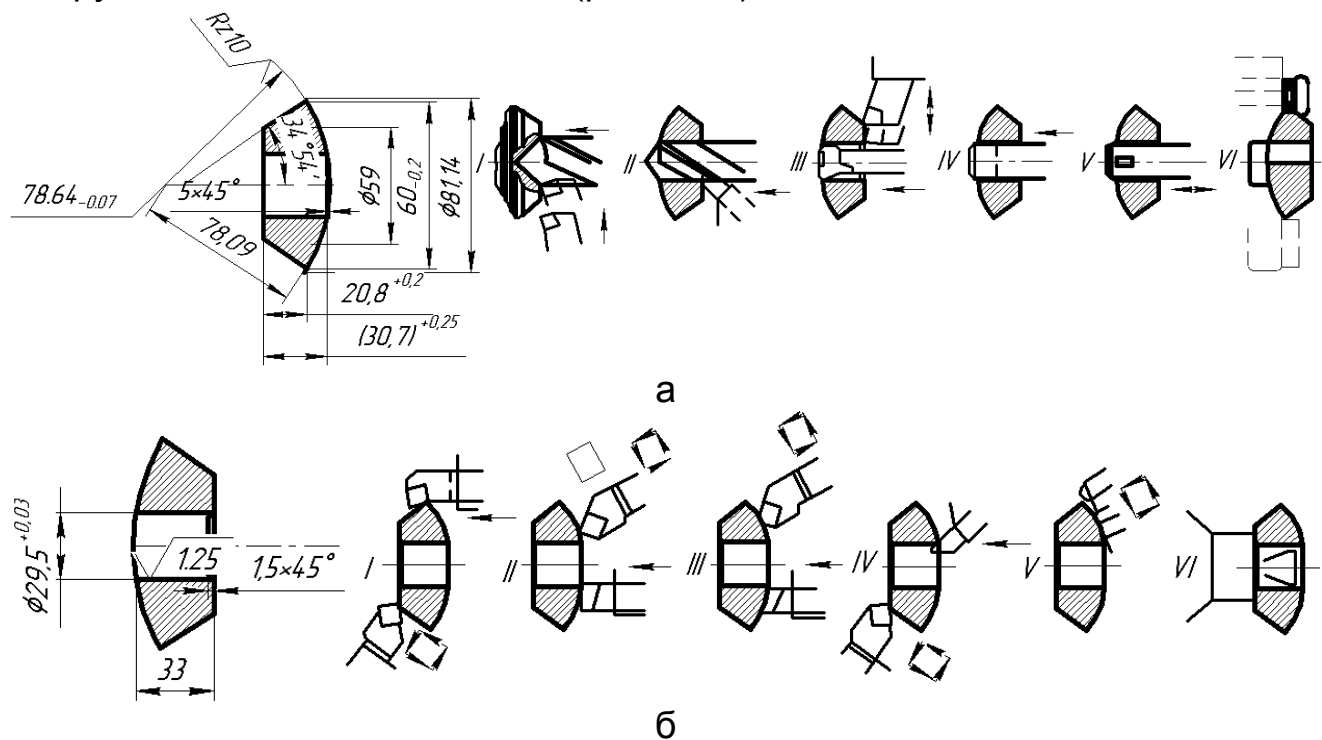


Рис. 2.25. Налаштування шестишпиндельних напівавтоматів для оброблення штучних заготовок проміжних зубчастих коліс: а — базування по зовнішній поверхні; б — базування по оброблених внутрішньому отворі і торцю

При більшій кількості інструментів в позиції внаслідок посилення вібрацій і збільшення потужності різання спостерігається підвищений знос інструментів і потрібне більш часте підналагодження верстата. Фактично

на підналагодження верстата витрачають 1 – 1,5 години в зміну, і подальше збільшення кількості підналагоджень може звести нанівець досягнуте завдяки збільшенню кількості інструментів скорочення основного часу. Необхідно також враховувати жорсткість технологічної системи. Велика кількість інструментів ускладнює конструкцію державок і утруднює процес налагодження.

Запитання для самоконтролю

1. Види багатопиндельних горизонтальних автоматів.
2. Завдяки чому досягається точність оброблення на токарних автоматах і напівавтоматах?
3. Особливості проектування наладок на напівавтомати послідовної дії.
4. Як слід суміщати роботу інструментів, розміщених на поперечному супорті і в револьверній головці при розробленні наладок на одношпиндельні автомати і напівавтомати?
5. Яку обробку не допускається суміщати з чистовою на токарних автоматах і напівавтоматах?

2.9. Оброблення деталей на токарно-карусельних і токарно-револьверних верстатах

Токарно-карусельні верстати призначено для оброблення великих заготовок, які важко установити і обробити на звичайних токарних верстатах. На цих верстатах виконуються майже всі токарні роботи (крім нарізування різі). Токарно-карусельні верстати поділяють на одностоякові (рис. 2.26, б) й двостоякові (рис. 2.26, а). Карусельні верстати є унікальними для виготовлення деталей діаметром до 18 метрів.

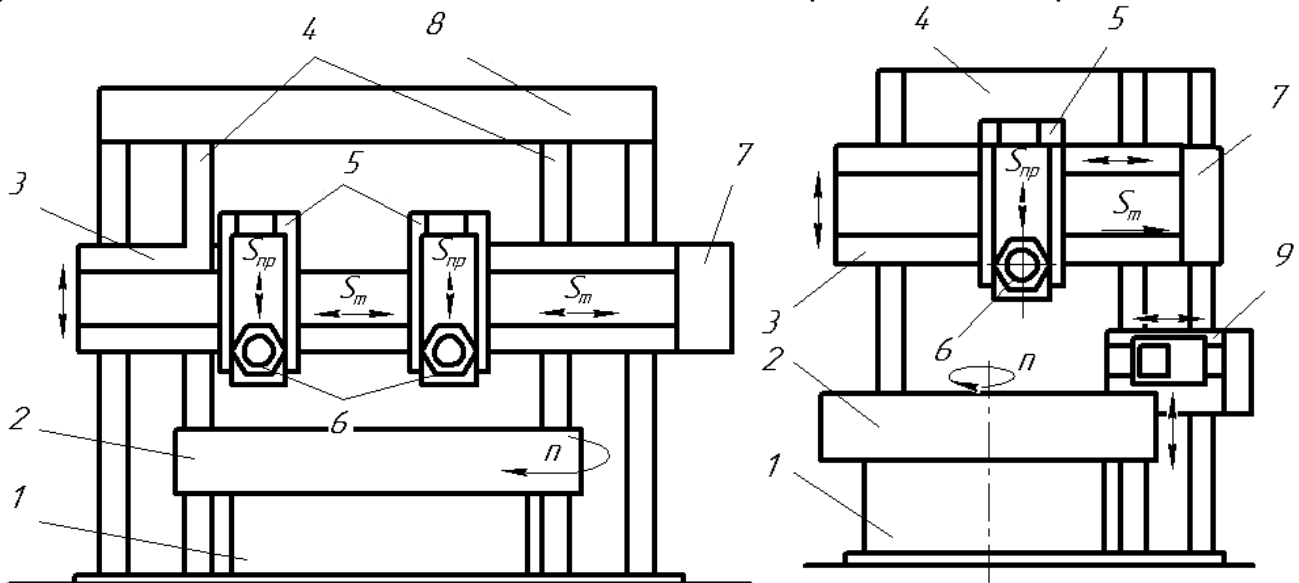


Рис. 2.26. Токарно-карусельні верстати: а – двостоякові; б – одностоякові

На бічному супорті встановлюють один або два різці (супорт переміщується горизонтально і вертикально). Вертикальний супорт змонтовано на консольній траверсі й переміщується по ній у вертикальному і горизонтальному напрямках. На супорті є різцетримач із п'ятьма гніздами для інструменту.

Вага заготовки і сили різання сприймаються напрямними планшайби, тому шпиндель розвантажений від згинальних напружень на відміну від лобових верстатів.

Головний рух різання – це обертання деталі, установленної на планшайбі; *рух подачі* – переміщення інструменту (рис. 2.27).

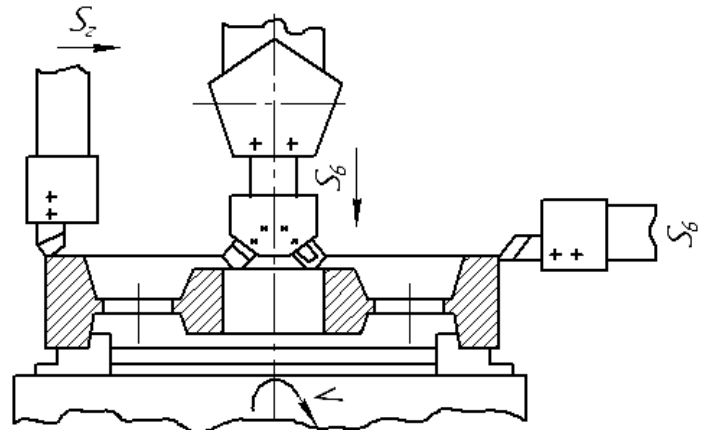


Рис. 2.27. Схема оброблення на карусельних верстатах

Підрізання торців і уступів виконується від периферії до центру. Обробка може бути чорнова Н14 **Ra** = 25 мкм, напівчистова Н12-Н10 **Ra** = 12,5...6,3 мкм, чистова Н9-Н8 **Ra** = 3,2 мкм. Оброблення отворів на карусельному верстаті можна виконувати за допомогою розточувальних різців, зенкерів, розгорток, методом шліфування (Н7; **Ra** = 1,6 мкм).

На токарно-револьверних верстатах виготовляють деталі типу штуцерів, ступінчастих валиків, фланців, кілець, гайок, болтів тощо з прутків або із штучних заготовок, закріплених у цангових або трикулачкових патронах консольно. Видалення припуску із заготовки й отримання потрібної форми деталі на револьверних верстатах здійснюють інструментами, закріпленими в певній послідовності в револьверній головці та різцетримачі поперечного супорта (рис. 2.28). Поздовжня і поперечна подачі вимикаються упорами, що автоматично забезпечує отримання заданих довжини і діаметра оброблюваної деталі.

Револьверні верстати відрізняються від токарних в основному тим, що в них немає задньої бабки і ходового гвинта, а на поздовжньому супорті особливої конструкції встановлено багатопозиційну револьверну, головку. Всі потрібні інструменти встановлюють заздалегідь у певній послідовності в револьверній головці та в поперечних супортах і під час оброблення заготовки їх по черзі швидко вводять у роботу.

Розрізняють револьверні верстати з вертикальною і горизонтальною осями револьверної головки.

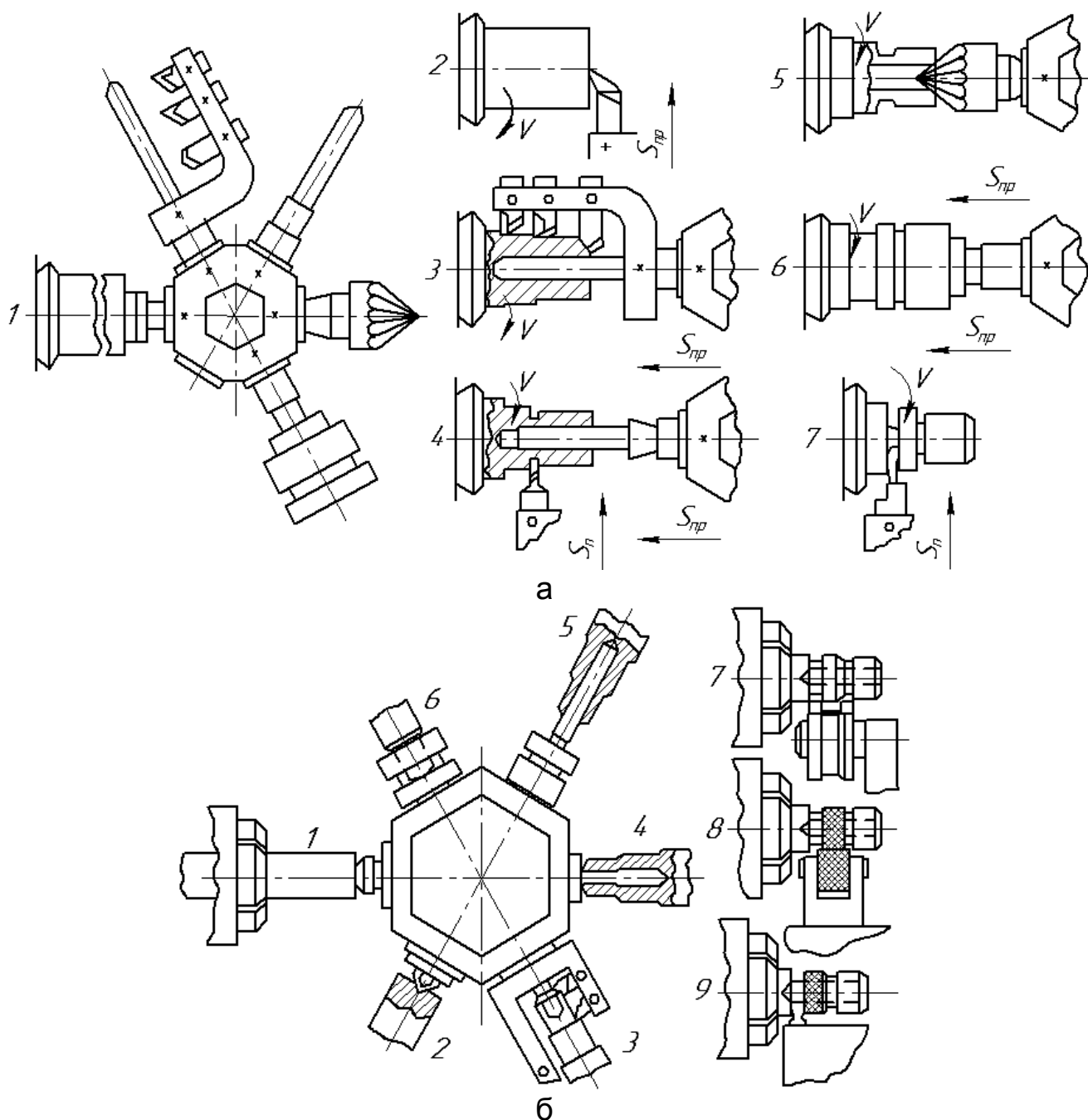


Рис. 2.28. Схеми оброблення втулки на револьверному верстаті

Запитання для самоконтролю

1. Оброблення деталей на токарно-карусельних верстатах.
2. Оброблення деталей на токарно-револьверних верстатах

2.10. Оброблення нарізних і фасонних поверхонь

Нарізні з'єднання за призначенням поділяють на циліндричні, гвинтові пари, призначені для перетворення обертального руху на

осьове переміщення, та конічні, призначені для забезпечення герметичності сполучення деталей.

За профілем різі поділяють на трикутні, трапецеїдальні, упорні, прямокутні та круглі (рис. 2.29).

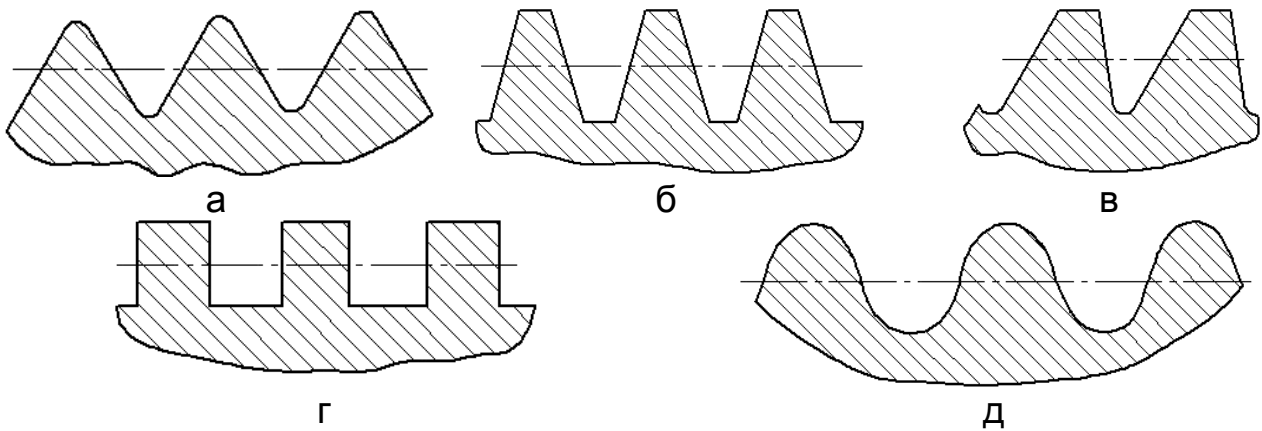


Рис. 2.29. Види профілю різі: а – трикутний; б – трапецеїдальний; в – упорний; г – прямокутний; д – круглий

Різі можуть бути виконані однозахідними та багатозахідними. За розташуванням різі бувають зовнішніми та внутрішніми, за напрямом нарізання – праві та ліві.

Зовнішні різі можна виготовляти різними інструментами: різцями, гребінками, плашками, різцевими головками, дисковими та груповими фрезами, шліфувальними кругами, накатним інструментом.

Для виготовлення внутрішньої різі застосовують різці, мітчики, групові фрези, накатні ролики.

Той або інший метод нарізання різі застосовується залежно від його профілю, характеру та виду матеріалу виробу, обсягу виробничої програми та необхідної точності.

Формування нарізної поверхні виконується двома способами:

- 1) із зняттям стружки;
- 2) без зняття стружки (методом пластичної деформації).

Найбільш поширеним технологічним обладнанням для оброблення нарізних поверхонь є токарно-гвинторізні верстати. На цих верстатах можна нарізати всі види різей на зовнішніх та внутрішніх поверхнях.

У серійному та масовому виробництвах оброблення нарізних поверхонь виконується на спеціалізованих токарних, свердлувальних та інших верстатах або спеціальних різьфрезерних, різьнакатувальних, різьнарізних, різьпрошивних, різьшліфувальних, гайконарізних, болторізальних автоматах та напівавтоматах.

Для нарізання зовнішньої та внутрішньої різі різальним інструментом є профільний різець, що копіює профіль западини різі, головна різальна кромка якого встановлюється по осі центрів верстата. Різець має бути

розташований точно перпендикулярно до осі верстата, оскільки інакше різь вийде навскісною.

Формування різі здійснюється за декілька робочих ходів методом почергового зняття стружки. Схема різання може бути різною. Наприклад, поглиблення різця за кожен робочий хід може відбуватися перпендикулярно до осі обертання (рис. 2.30, а) або паралельно до однієї з бічних поверхонь гвинтової лінії (рис. 2.30, б). При цьому друга схема різання є продуктивнішою, оскільки створюються кращі умови сходження стружки з передньої грані різця, тому можна збільшити глибину різання на кожен робочий хід.

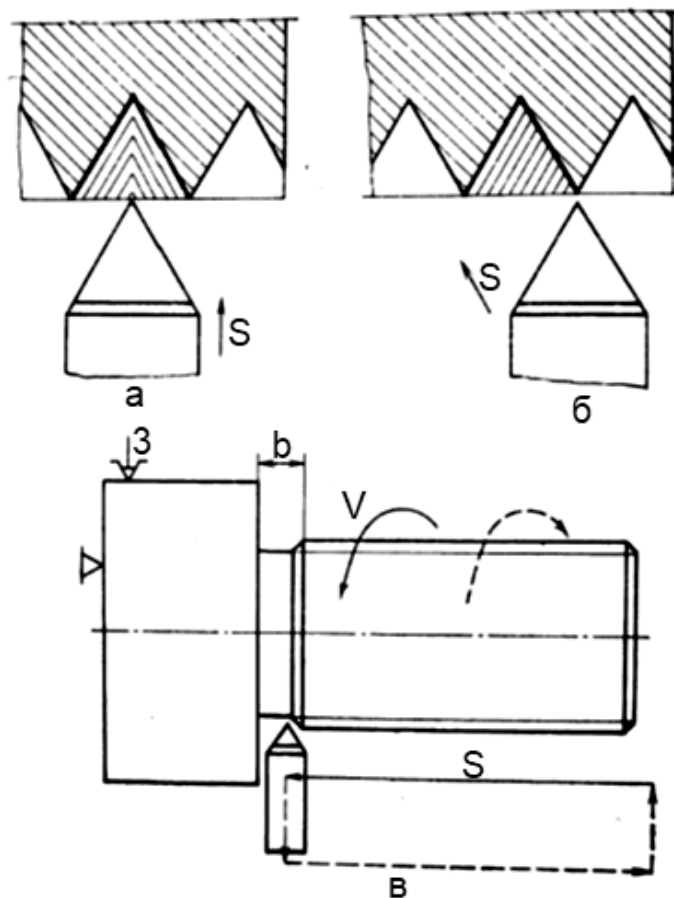


Рис. 2.30. Схеми нарізання профілю різі: а – радіальна; б – під кутом; в – нарізання впритул

Нарізання різі різцем виконується за багато ходів залежно від необхідної точності, діаметра різі, твердості матеріалу нарізуваної деталі. Застосування високих швидкостей різання під час нарізання зовнішньої та внутрішньої різей впритул часто призводить до браку деталі в тих випадках, коли на верстаті немає спеціальних автоматичних упорів, що обмежують хід супорта (рис. 2.30, в).

Під час нарізання різі одним різцем різальна кромка його внаслідок швидкого притуплення втрачає форму, тому рекомендується чорнові ходи

виконувати одним різцем з менш точним профілем, а чистові ходи – чистовим різцем.

Метод нарізання різі одним різцем є універсальним, але малопродуктивним, а також потребує високої кваліфікації робітника. Для підвищення продуктивності праці під час нарізання різі з великим кроком використовують державку з двома різцями – прорізним і профільним, що встановлені один від одного на відстані, яка дорівнює кроку різі.

На рис. 2.31, а показано послідовне нарізування трапецеїдальної різі трьома різцями, а на рис 2.31, б, в – прямокутної різі двома і трьома різцями.

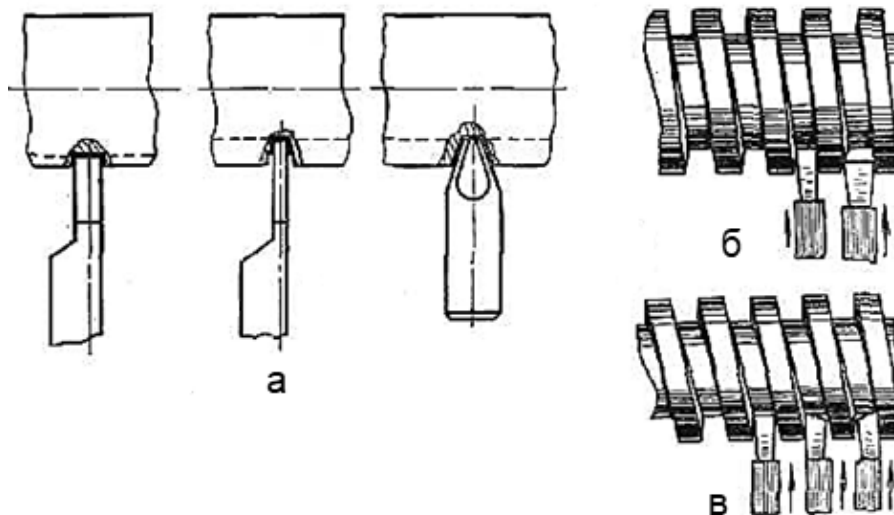


Рис. 2.31. Способи нарізання різі: а – трапецеїдальної трьома різцями; б – прямокутної двома різцями; в – прямокутної трьома різцями

Оброблення гребінкою, що має декілька різальних лез, дає змогу нарізати різь на токарному верстаті за один робочий хід. Гребінка являє собою ряд різців, з'єднаних між собою, причому відстань між вершинами дорівнює кроку різі, що нарізається.

Гребінки мають різальну (огорожну) частину із зрізаними трьома-чотирма зубцями та калібрувальну частину. Їх виготовляють плоскими, призматичними та круглими.

Під час нарізання різі гребінкою робота різання розподіляється між декількома зубцями. При цьому кінці зубців обточують від одного краю гребінки до іншого за умови поступового збільшення глибини різання. Гребінки не можна застосовувати під час нарізання деталей, у яких різь доходить до виступу, так що частина різі не набуде повного профілю. Для отримання точної різі гребінки не застосовуються.

Нарізання багатозахідної різі будь-якого профілю починають так само, як потрібно нарізати однозахідну різь із кроком, що дорівнює довжині ходу. Після нарізання однієї гвинтової канавки на повний профіль відводять різець назад та повертають супорт у початкове положення.

Після цього при нерухомому різці повертають деталь на таку частину кола, скільки заходів має різь.

Нарізання різі різцями, що обертаються (вихровим методом), застосовується для нарізання зовнішньої та внутрішньої різей та є ефективним методом, що дає високу точність нарізання, малу шорсткість поверхні.

Його суть полягає в тому, що деталь закріплюється в центрах токарно-гвинторізального верстата (або в патроні) і під час роботи повільно обертається (рис. 2.32, а). У спеціальній головці, установленій на супорті верстата, закріплюється різець із пластинкою з твердого сплаву. Головка, що обертається від спеціального приводу, розташована ексцентрично відносно осі нарізуваної деталі. Під час обертання головки закріплений у ній різець описує коло, діаметр якого більше діаметра деталі. Періодично (один раз за кожен оберт деталі) різець стикається з нарізуваною деталлю по дузі та за кожен оберт головки прорізає на деталі серпоподібну канавку, що має профіль різі. За кожен оберт деталі під час переміщення головки уздовж осі деталі на величину кроку різі на деталі утворюватиметься один виток.

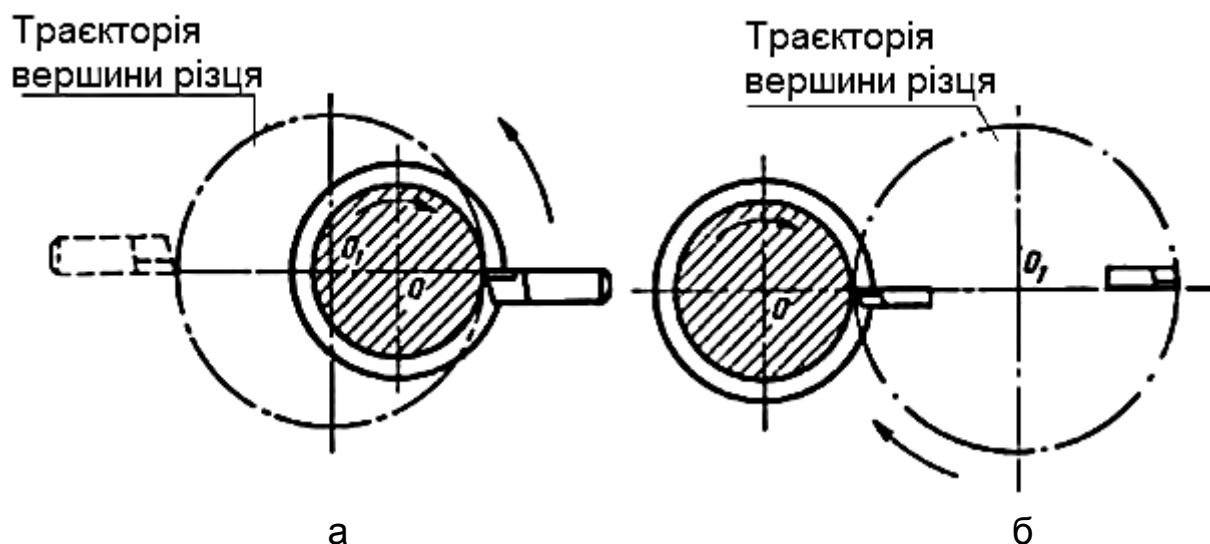
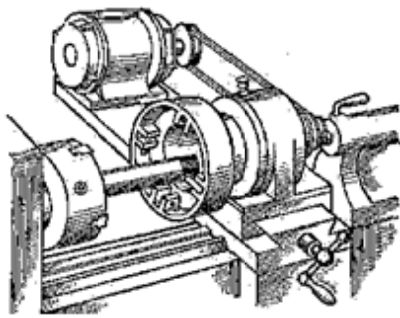


Рис. 2.32. Схема нарізання різі різцями, що обертаються:

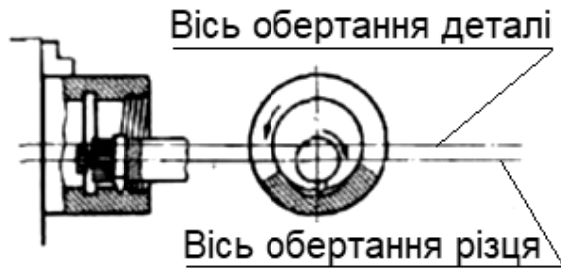
$O-O_1$ – відстань між осями обертання деталі та різця

Вихрове нарізання різі можна також виконувати за схемою, показаною на рис. 2.32, б. Проте нарізання за такою схемою здійснюється рідше, зважаючи на утворення коротшої та тоншої стружки й отримання менш чистої поверхні.

У деяких конструкціях головок для вихрового нарізання закріплюють не один, а два або чотири різці (рис. 2.33, а). У чотирирізцевих головок два різці прорізають канавку, третій надає їй профіль різі, четвертий видаляє задирки (на рисунку показано один різець).



а



б

Рис. 2.33. Нарізання різі різцями, що обертаються: а – головка для чотирьох різців (показано один різець); б – схема нарізання внутрішньої різі

Під час нарізання внутрішньої різі деталь закріплюється в патроні верстата, різець – в оправці головки, яка встановлюється на супорті верстата (рис. 2.33, б).

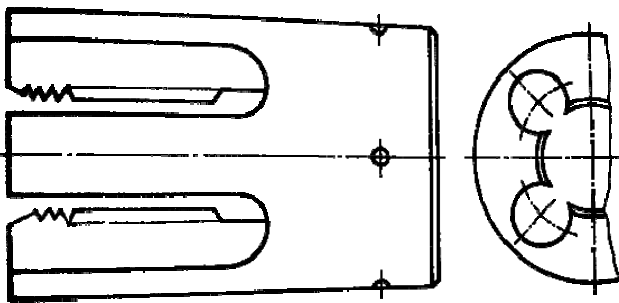


Рис. 2.34. Трубчаста плашка

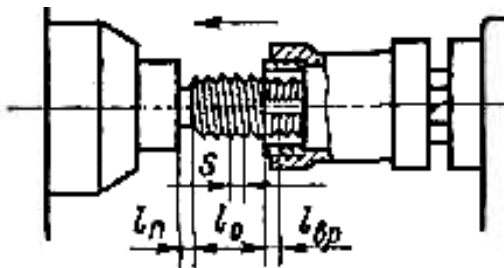


Рис. 2.35. Схема нарізання різі круглою плашкою

На revolverних верстатах та автоматах застосовують трубчасті плашки (рис. 2.34), які забезпечують високу якість різі завдяки вільному виходу стружки та легкому переточуванню передньої грані.

Круглі плашки використовують для нарізання та калібрування зовнішньої різі діаметром до 36 мм. Для закріплення плашки та центрування її по осі оброблення застосовують спеціальні патрони або ручні тримачі. Патрон подають на стрижень, що нарізується, до тих пір, поки стрижень не захопить закріплену в патроні плашку та не перемістить її уздовж осі самозатягуванням, яке дорівнює кроку різі (рис. 2.35). У

кінці робочого ходу включають зворотне обертання шпинделя та виконують згвинчування плашки з нарізаної поверхні.

Основний недолік усіх плашок – необхідність згвинчування їх після закінчення нарізання, що призводить до значної витрати часу та знижує продуктивність, а також погіршує якість різі.

Для підвищення продуктивності та точності нарізання зовнішньої різі на revolverних, свердлувальних та болторізальних верстатах

застосовують різенарізні головки, в яких різальним інструментом є чотири плоскі, призматичні або круглі гребінки, рівномірно розташовані по колу (рис. 2.36). Головки бувають із радіальним і тангенціальним розташуванням гребінок. У кінці робочого ходу відбувається автоматичне розкриття гребінок (відведення) в радіальному напрямі, головка повертається в початкове положення, де автоматично закривається.

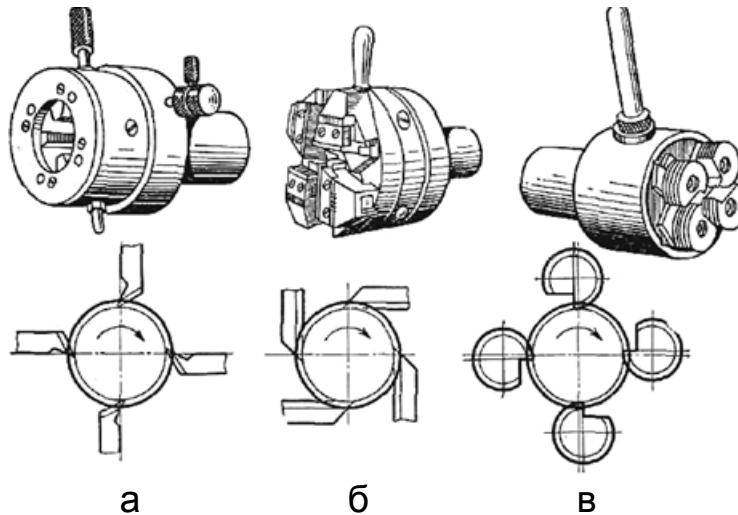


Рис. 2.36. Різенарізні головки: а – із радіальними плоскими плашками; б – із тангенціальними плашками; в – із радіальними круглими плашками

Внутрішню різь часто нарізають мітчиками (рис. 2.37), які бувають ручні та машинні. Машинні мітчики застосовують на токарних, револьверних, свердлувальних, різенарізних верстатах, токарних напівавтоматах. Нарізання різі здійснюється за один робочий хід одним мітчиком. Ручними мітчиками різь залежно від розміру нарізають за 2–3 робочих ходи.

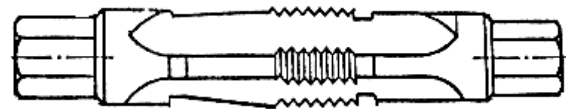


Рис. 2.37. Мітчик

Наскрізні отвори в основному нарізають способом падаючого гайкового мітчика, який проходить отвір наскрізь без зворотного вивертання та падає вниз під дією власної ваги.

Фрезерування зовнішньої та внутрішньої різей здійснюється двома способами: дисковою або груповою фрезею.

Фрезерування дисковою фрезею застосовується у разі нарізання різі з великими кроком та профілем. Профіль різі відповідає профілю фрези. Вісь фрези розташовується відносно осі деталі під кутом, що дорівнює куту нахилу різі (рис. 2.38). Під час нарізання різі фреза обертається та має поступальний рух уздовж

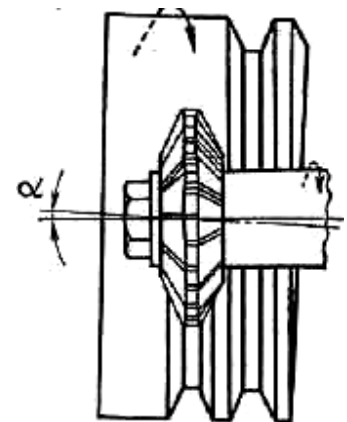


Рис. 2.38. Фрезерування різі дисковою фрезею

осі деталі, причому переміщення за один оберт деталі має точно відповідати кроку різі. Обертання деталі відбувається повільно відповідно до подачі.

Дисковими фрезами можна нарізати однозахідні та багатозахідні різі. Фрезерування кожної нитки зазвичай виконується за один прохід. У разі оброблення точної великої різі після попереднього фрезерування здійснюється чистове оброблення профілю різі різцем або шліфувальним кругом.

Фрезерування груповою фрезою (використовується для отримання короткої різі з дрібним кроком (рис. 2.39). Групова фреза являє собою групу дискових фрез, зібраних на одну оправку. Довжина фрези береться на 2...5 мм більше довжини різі, що фрезерується. Групова фреза встановлюється паралельно до осі деталі, а не під кутом, як дискова фреза. Заздалегідь виконують врізання фрез на глибину різі. Під час повного оберту деталі групова фреза переміщується на величину кроку різі. Фрезерування різі відбувається за 1,2 оберту деталі; 0,2 оберту деталі є необхідним для врізання фрези на глибину різі та перекриття місця врізання.

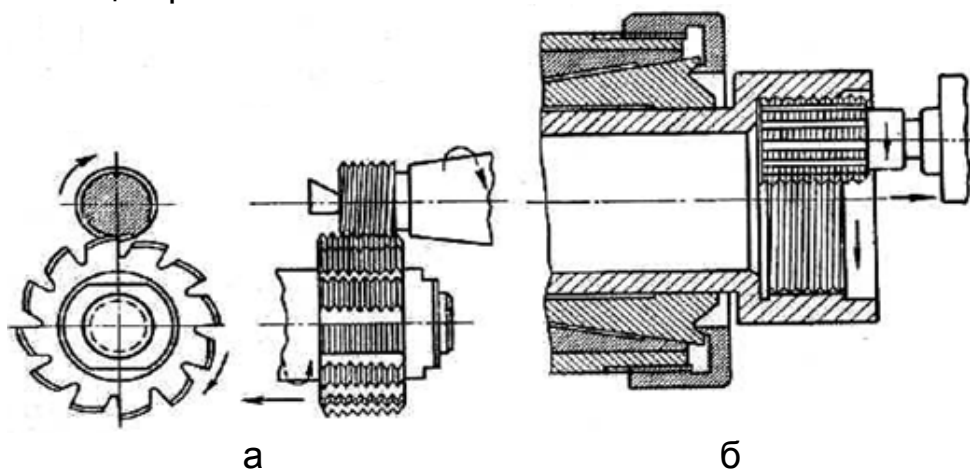


Рис. 2.39. Схеми фрезерування різі груповими фрезами:
а – зовнішньої різі; б – внутрішньої різі

Суть процесу накатування полягає в тому, що циліндрична заготовка з діаметром, що дорівнює середньому діаметру різі, прокатується між двома паралельно розташованими плоскими плашками з рифленням, що відповідають профілю та кроку різі, або між циліндричними роликами, що обертаються, з таким же профілем та кроком. У процесі пластичної деформації відбувається втискування в заготовку вершин профілю інструменту та витискування вершини різі заготовки. Процес відбувається без зняття стружки в холодному стані, тому волокна в заготовці не перерізаються, а деформуються паралельно до профілю різі, що підвищує його міцність. Крім того, відбуваються ущільнення та наклепування шару, який деформується, що також підвищує механічні характеристики металу, твердість та зносостійкість.

Під час накатування різі плоскими плашками (рис. 2.40, а) нижня плашка є нерухомою, а верхня здійснює зворотно-поступальний рух. Заготовка потрапляє в зазор між ними, у крайньому правому положенні верхньої плашки та під час її руху вперед відбувається формування різі на стрижні. Різенарізальні верстати з плоскими плашками виготовляються автоматичними. Заготовка накочується за один подвійний хід повзуна.

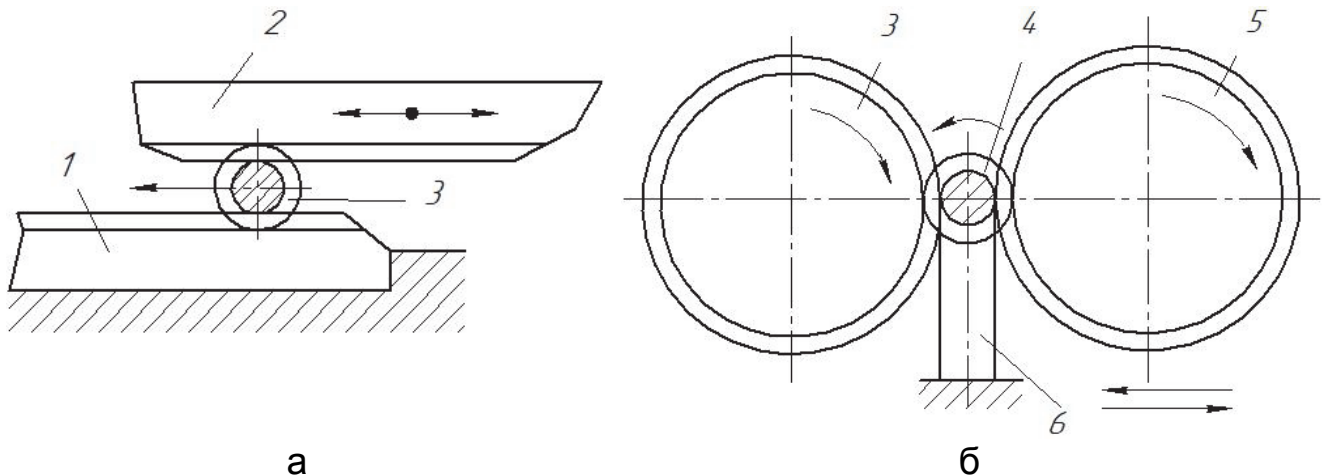


Рис. 2.40. Схема накатування різі: а – плоскими плашками (1, 2 – плашки; 3 – заготовка); б – роликами з радіальною подачею (3, 5 – ролики; 4 – заготовка; 6 – напрямна планка)

Під час роботи плоскими плашками спричиняється великий тиск, тому цим способом не можна накатувати різь на недостатньо жорстких або порожнистих заготовках.

Накатування різі циліндричними обертальними роликами (рис. 2.40, б) порівняно з плоскими плашками є більш продуктивним процесом. Накатування роликами можна виконувати у разі радіальної, тангенціальної та осьової подачі.

У разі радіальної подачі заготовку встановлюють на напрямну планку між двома роликами, що обертаються в одному напрямі. Один із роликів переміщується в радіальному напрямі та накатує профіль різі, потім зупиняється на необхідній глибині втискування з деякою витримкою в часі та відходить назад.

Тангенціальна подача здійснюється за умови безперервного накатування заготовок між роликами різних діаметрів з однаковою частотою обертання. Відстань між роликами залишається постійною, а заготовки переміщуються з бункера по напрямних безперервно під дією власної ваги. Внаслідок різних колових швидкостей роликів відбувається затягування заготовки між роликами та прокатування її вниз до виходу із зазору.

Накатування різі здійснюється на спеціальних різенакатувальних напівавтоматах та автоматах високої продуктивності.

Метод осьової подачі застосовують під час накатування різі на токарних, револьверних, свердлувальних верстатах різенакатувальними

головками. Примусова подача головки на виріб здійснюється тільки на початку роботи, до захоплення головки роликами, а потім подача здійснюється методом самозатягування при зачепленні різі заготовки. Швидкість накатування становить 30...50 м/хв. Для згвинчування головок з накатаної різі вмикають зворотне обертання шпинделя.

Накатування внутрішньої різі виконується накатувальним роликом, який вводиться в отвір заготовки та разом з нею обертається, одержуючи одночасно радіальне переміщення, направлене в тіло заготовки, та витискуючи при цьому профіль різі на стінці отвору.

Під час накатування внутрішньої різі в глибоких отворах застосовується схема з осовою подачею ролика. Для цього використовується накатувальна головка з трьома накатувальними роликами.

Для накатування внутрішньої різі діаметром більше 100 мм заздалегідь прорізають різь мітчиком або фрезерують на різьфрезерному верстаті, а потім накатують головкою з трьома роликами.

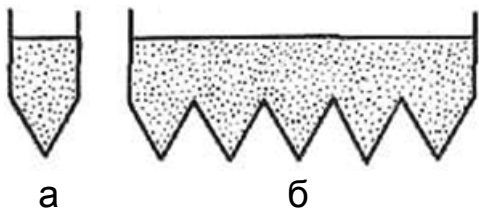


Рис. 2.41. Абразивні круги для шліфування різі:
а – односторонній;
б – багаторічковий

Шліфування різі широко застосовується під час виготовлення різьнарізального інструменту, накатувальних роликів, деталей з точною різзю. Шліфують різь зазвичай після термічного оброблення. Процес шліфування різі одно- та багаторічковим кругом (рис. 2.41) аналогічний фрезеруванню дисковою або груповою фрезою.

Шліфування одностороннім кругом (рис. 2.42, а) здійснюється під час поздовжнього переміщення деталі. Односторонні круги правлять алмазами за допомогою спеціального пристрою (рис. 2.42, б).

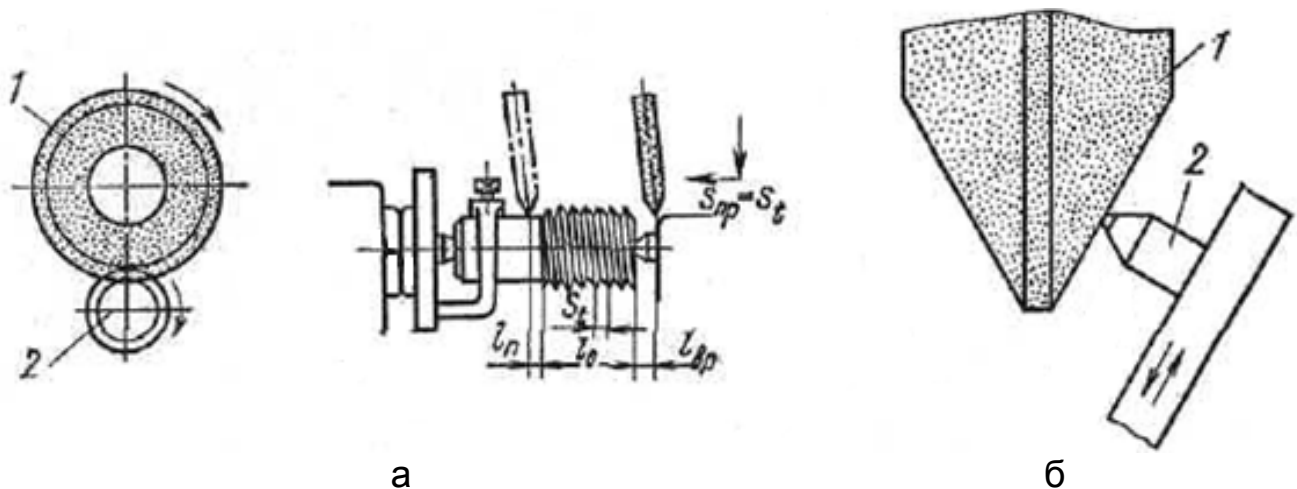


Рис. 2.42. Шліфування різі одностороннім кругом: а – схема шліфування (1 – шліфувальний круг; 2 – деталь); б – правка круга (1 – шліфувальний круг; 2 – державка з алмазом)

Багатониткові круги застосовують переважно у разі шліфування різі на деталях з короткою нарізаною частиною. Шліфування виконується методом врізання за умов поздовжнього переміщення деталі на 2 – 4 кроки за 2 – 4 її оберти (рис. 2.43). Якщо довжина різі більше ширини багатониткового круга, шліфування здійснюється за умов поздовжнього пересування деталі відносно круга. Профілюється багатонитковий шліфувальний круг за допомогою накатування кільцевої різі сталевим роликом.

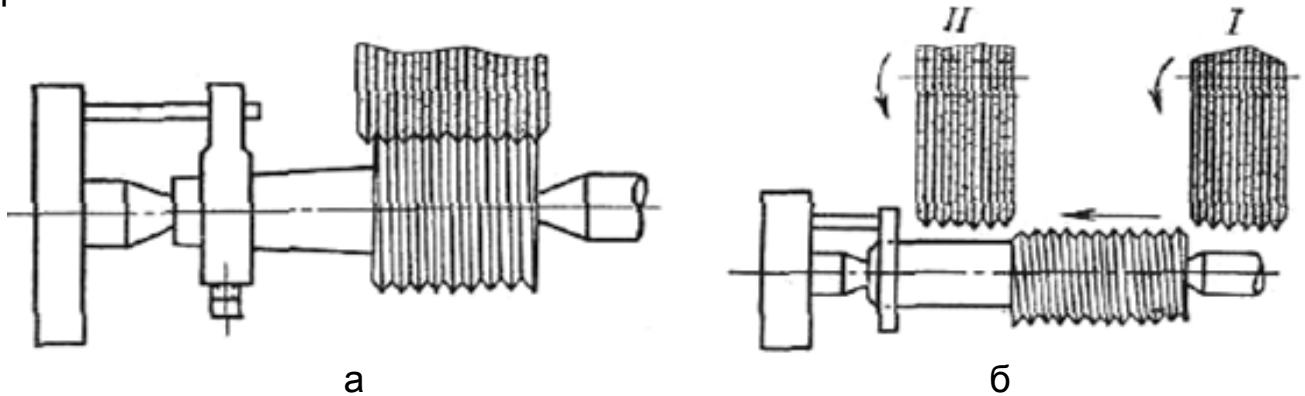


Рис. 2.43. Шліфування різі багатонитковим кругом: а, б – схеми шліфування; I, II – відповідно початкове та кінцеве положення шліфувального круга

Шліфують різь головним чином на спеціальних різешліфувальних верстатах. За невеликих обсягів виробництва можна шліфувати різь на токарно-гвинторізних верстатах високої точності за допомогою спеціальних пристроїв.

Безцентрове шліфування різі застосовується переважно в масовому виробництві за наявності багатониткових кругів. Цим методом можна шліфувати тільки зовнішню різь. Для цього застосовують верстати, що мають схеми звичайних безцентровошліфувальних верстатів, які забезпечуються багатонитковими кругами з кільцевими канавками, що мають профіль шліфувальної різі.

Деталь спирається на ніж, точно встановлений під кутом підйому гвинтової лінії різі. Вісь провідного круга нахилена у вертикальній площині в той же бік, що й ніж, але на кут, удвічі більший, завдяки чому заготовка, крім обертання, здійснює також осьову подачу на один крок за один оберт. Обертання заготовки у декілька разів повільніше, ніж під час круглого шліфування.

Точність нарізної поверхні залежить від точності основних елементів різі – кута профілю, кроку, середнього, зовнішнього та внутрішнього діаметрів. Нарізання різі різцем на токарно-гвинторізному верстаті застосовується головним чином для точних та довгих гвинтів, у разі нестандартного профілю різі, а також у тих випадках, коли застосування або виготовлення спеціального інструменту ускладнюється. При цьому способі застосовується простіший інструмент та досягається більша точність, ніж на різьфрезерному верстаті.

До фасонних поверхонь належать поверхні, які формою відрізняються від площини, циліндра або конуса. У харчових машинах найчастіше використовують деталі з фасонними поверхнями обертання (фасонний рукав) та з прямолінійними фасонними поверхнями (кулачкова шайба). Рідше зустрічаються деталі з об'ємними криволінійно-фасонними поверхнями (робочі колеса відцентрових лопатевих насосів, гвинти мішалок тощо).

Широко застосовують також кулачкові механізми, що є відповідальними виконавчими та розподільними пристроями. Особливістю кулачків різноманітного призначення є наявність фасонної поверхні. Кулачки повинні мати зносостійку робочу поверхню, тому їх зазвичай виготовляють із сталей 50 та 40Х з поверхневим загартовуванням до HRC 52...58 та сталей 15, 20Х, 20ХГ, 12ХН3 з цементацією на глибину 1,0...1,5 мм та гартуванням до HRC 56...62. Кулачки, призначені для роботи з малим навантаженням, можуть бути виготовлені з сірого або модифікованого чавуну або кольорових металів.

Оброблення фасонних поверхонь можна здійснювати:

- профільним (фасонним) інструментом, що має профіль оброблюваної поверхні;
- нормальним інструментом, якому надається криволінійний рух відносно оброблюваної заготовки за допомогою копіювальних пристроїв або вручну.

Для полегшення оброблення фасонним інструментом необхідно заздалегідь виконати обточування простими різцями із залишенням мінімального припуску (рис. 2.44, а). У подальшому для оброблення криволінійних поверхонь тіл обертання невеликої довжини (до 60 мм) застосовують фасонний інструмент (різці, фрези, шліфувальні круги), профіль якого відповідає профілю оброблюваної поверхні (рис. 2.44, б).

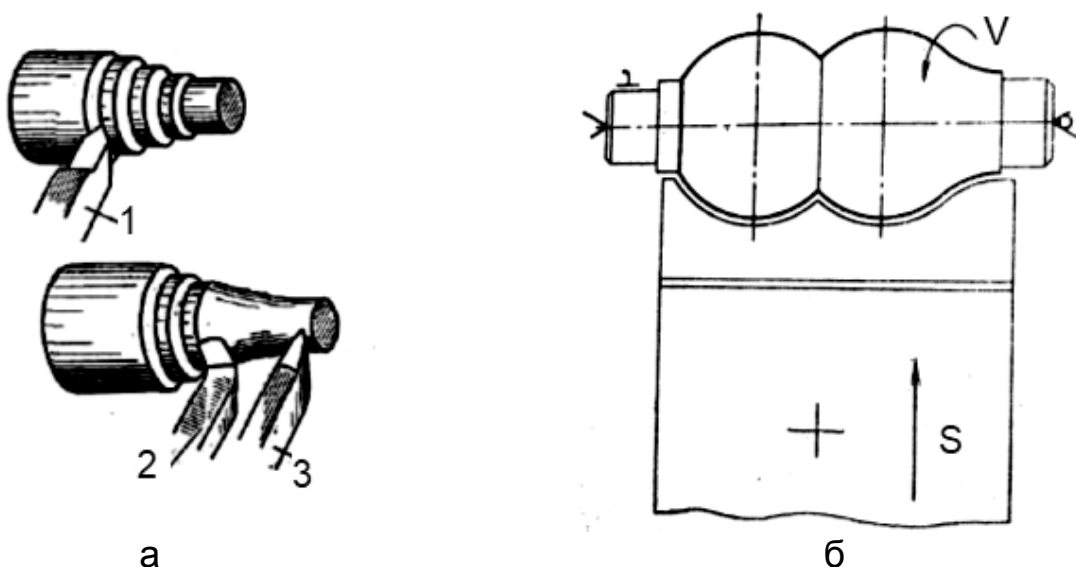


Рис. 2.44. Обточування фасонної поверхні: а – прохідними різцями (1, 2 – чорнові різці; 3 – чистовий різець); б – фасонним різцем

Фасонними різцями можуть оброблятися як зовнішні, так і внутрішні фасонні поверхні. Фасонний різець знімає широку стружку, що часто призводить до вібрації оброблюваної деталі. Для зменшення вібрації застосовують малі подачі – 0,02...0,08 мм/об та низькі швидкості різання – 15...30 м/хв.

Фасонні різці поділяють на круглі, призматичні та стрижневі. Для круглих різців характерними є менші розміри та простіша технологія виготовлення. Проте під час їх використання одержують менш точні контури на оброблюваних деталях, ніж у разі використання призматичних різців.

Залежно від напрямку подачі різці поділяють на радіальні, подача яких спрямована по радіусу оброблюваної деталі, і тангенціальні, подача яких спрямована по дотичній до твірної оброблюваної деталі.

Точність поверхонь, оброблених радіальними різцями, залежить від точності вимкнення подачі, а оброблених тангенціальними різцями – від точності установаження різця.

Для оброблення фасонних поверхонь на фрезерних верстатах використовують спеціальні фасонні фрези із затіланими зубцями, що забезпечує незмінність профілю фрези під час переточування. За необхідності одночасного оброблення широких поверхонь фасонного профілю застосовують складені фрези. Складний профіль деталей, що складається з поєднання прямолінійних і криволінійних ділянок, розчленовують на низку простих профілів. Оброблення набором складених фрез широко застосовують в умовах виготовлення значної партії деталей, забезпечуючи високу продуктивність та якість оброблення.

У великосерійному виробництві фасонні поверхні обробляють фасонними протяжками на протяжних верстатах. Профіль різальних кромek протяжного інструменту відповідає профілю оброблюваної деталі. На операції фасонного протягування досягається точність 6-го квалітету із шорсткістю поверхні $Ra = 0,63$ мкм.

Шліфування фасонних поверхонь фасонними кругами виконують методом врізання на круглошліфувальних, плоскошліфувальних та безцентрово-шліфувальних верстатах (рис. 2.45). Для підвищення точності оброблення круг періодично, у міру зношування, піддають фасонній правці профілю алмазними олівцями.

На звичайних токарних верстатах можна обробляти із застосуванням копіювальних пристроїв торцеві, зовнішні та внутрішні фасонні поверхні обертання, кулачки з фасонним перерізом, фасонні канавки на торцевих та циліндричних поверхнях.

На рис. 2.46 показано копір у вигляді точно обробленої деталі, закріпленої в пінолі задньої бабки. У супорті крім основного різця закріплюється щуп, який кінцем має весь час торкатися копіра. Поєднуючи вручну поздовжню і поперечну подачі, необхідно весь час підтримувати щуп у контакті з копіром, завдяки чому різець відтворює на деталі поверхню, що відповідає профілю копіра.

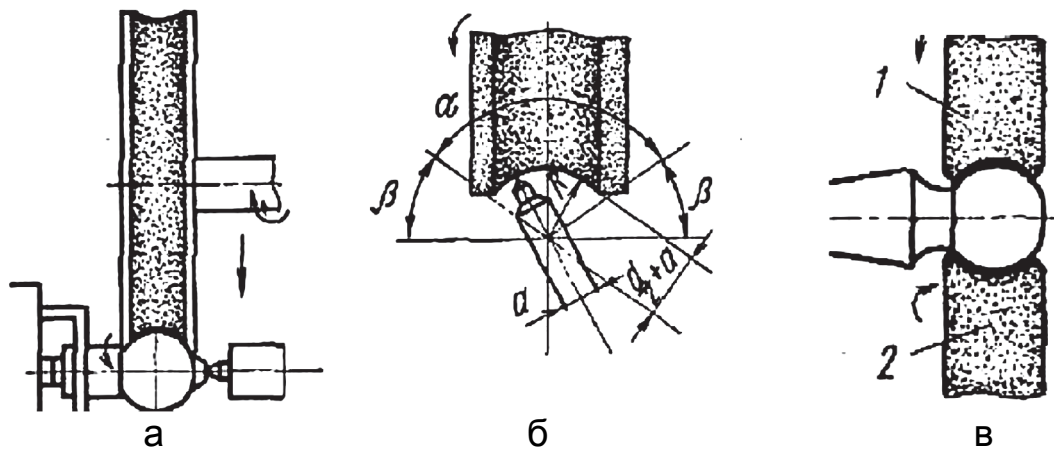


Рис. 2.45. Шліфування фасонних поверхонь: а – фасонним кругом з поперечною подачею; б – профілювання шліфувального круга за радіусом; в – на безцентрово-шліфувальному верстаті (1 – шліфувальний круг; 2 – ведучий круг)

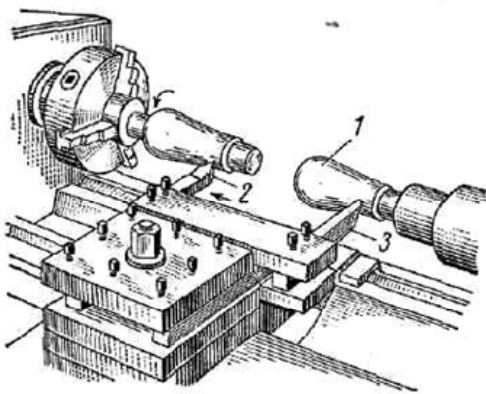


Рис. 2.46. Обточування фасонної поверхні за обробленою деталлю (копіра): 1 – копір; 2 – основний різець; 3 – щуп

На звичайних токарних верстатах можна обробляти з використанням спеціальних копіювальних пристроїв (механічного, гідравлічного, електричного) торцеві, зовнішні та внутрішні фасонні поверхні обертання (рис. 2.47, а), кулачки з фасонним перерізом (рис. 2.47, б), а також фасонні канавки на торцевих і циліндричних поверхнях.

Поперечний супорт має щуп або ролик, що упирається в копір (рис. 2.48). Поздовжню подачу забезпечує механізм верстата звичайним способом, поперечну подачу забезпечує ролик, який котиться по копіру, або щуп. Як різальний інструмент застосовують нормальні різці. Різець іде за рухом ролика (або щупа) і відтворює на деталі поверхню, профіль якої відповідає профілю копіра.

Обточування фасонних поверхонь за копіром можна здійснювати також на револьверних, карусельних, токарно-гвинторізних, спеціальних токарно-копіювальних верстатах.

Фрезерування за копіром дискових кулачків з фасонною поверхнею краще за все здійснювати на вертикально-фрезерних верстатах із застосуванням копіювально-фрезерного пристрою і кінцевої фрези (рис. 2.49).

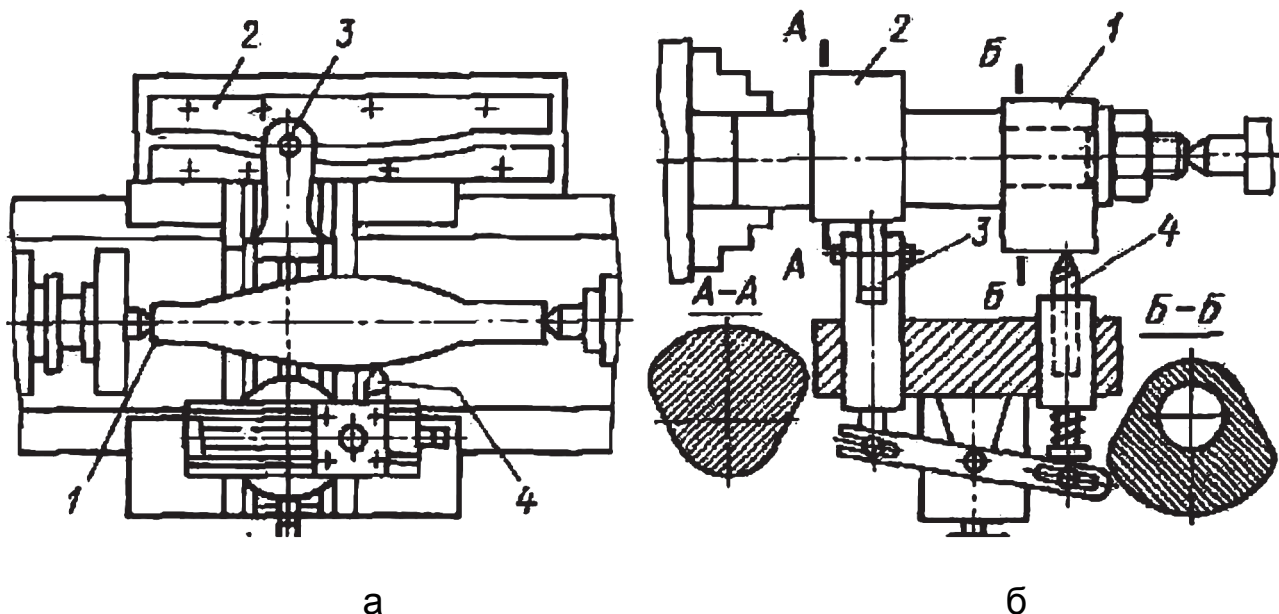


Рис. 2.47. Оброблення фасонних поверхонь за допомогою копіїв:
а – поверхонь обертання; б – кулачків (1 – деталь; 2 – копір; 3 – ролик;
4 – різальний інструмент)

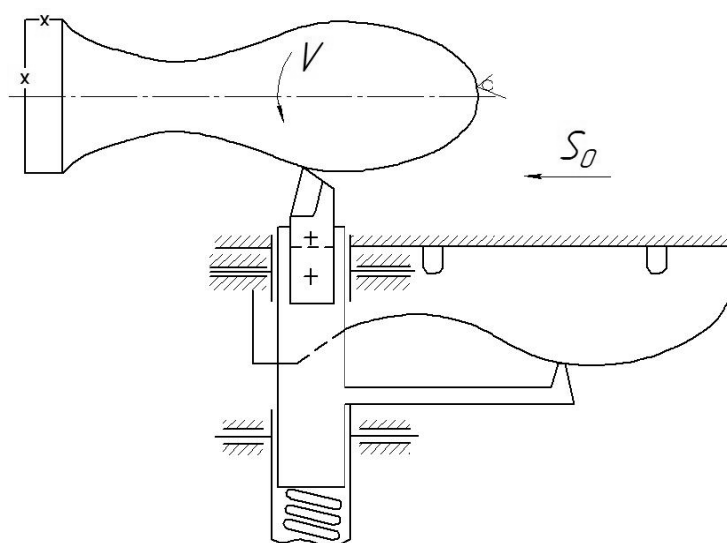


Рис. 2.48. Схема копіювання фасонної поверхні

Ролик закріплюється на станині, а заготовка та копір – на круглому столі з автоматичною або ручною круговою подачею. Гвинт поперечної подачі відключений, а вантаж із силою P постійно притискає копір до ролика. Фреза та ролик повинні мати однаковий діаметр. Під час переточування зменшення діаметра фрези має сприяти викривленню профілю оброблюваної деталі. Нахил на копії дає змогу виключити це викривлення.

Копіювально-шліфувальні верстати виготовляють на базі копіювально-фрезерних.

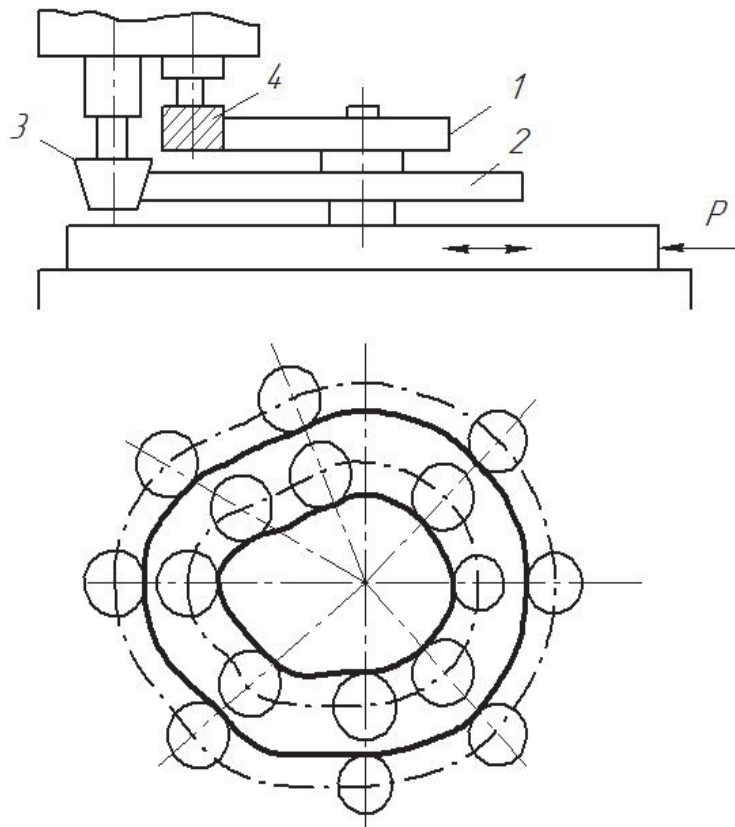


Рис. 2.49. Схема фрезерування профілю кулачка з використанням круглого поворотного столу: 1 – заготовка; 2 – копір; 3 – ролик; 4 – кінцева фреза

Оброблення деталей за копіром є продуктивним та економічним:

1) не потребується обслуговування висококваліфікованим персоналом;

2) застосовується звичайний стандартний інструмент;

3) режим різання вище, ніж під час роботи фасонним інструментом.

Але при цьому витрати на виготовлення копіра виправдовуються лише у разі виготовлення великої кількості деталей.

Застосування верстатів із числовим програмним керуванням під час оброблення фасонних поверхонь дає змогу підвищити точність оброблення, якість поверхні внаслідок точнішого відтворення теоретично необхідної траєкторії руху інструменту та автоматичної зміни подачі в місцях різких змін напрямів руху інструменту. При цьому значно прискорюється підготовка виробництва та підвищується продуктивність оброблення внаслідок виключення операцій розмітки контурів, виготовлення шаблонів і копіювальних пристроїв, а також виключається необхідність у попередньому обробленні.

Запитання для самоконтролю

1. Які існують види різей та інструмент для їх отримання?
2. Як здійснюється формування різі з використанням різців та гребінок?

3. У чому особливості вихрового методу нарізання різі?
4. У чому полягає нарізання різі плашками та мітчиками?
5. Які застосовуються способи фрезерування різі? Дати їх характеристики.
6. Якими інструментами та у який спосіб здійснюється накатування різі?
7. Які застосовують способи шліфування різі? Назвіть їх особливості.
8. Як залежить точність різі від способу її отримання?
9. Як класифікують фасонні поверхні?
10. Які вам відомі способи оброблення фасонних поверхонь?
11. Як здійснюється оброблення фасонних поверхонь профільним інструментом?
12. Як здійснюється оброблення фасонних поверхонь із застосуванням копіїв?

2.11. Оброблення плоских поверхонь струганням, фрезеруванням, шліфуванням

Стругання виконується на поздовжньо-стругальних та поперечно-стругальних верстатах. Під час стругання на поздовжньо-стругальних верстатах (рис. 2.50) стіл з закріпленою на ньому оброблюваною деталлю здійснює зворотно-поступальний рух. Різцю подається поперечна подача шляхом переміщення різцевого супорта, яке здійснюється перемінно після кожного робочого ходу. Стружка знімається під час ходу стола в одному напрямку, тобто робочого ходу, хоча зворотний, холостий хід, здійснюється зі швидкістю, в 2...3 рази більшою, ніж швидкість робочого ходу. Проте втрата часу при холостих ходах робить стругання менш продуктивним способом оброблення.

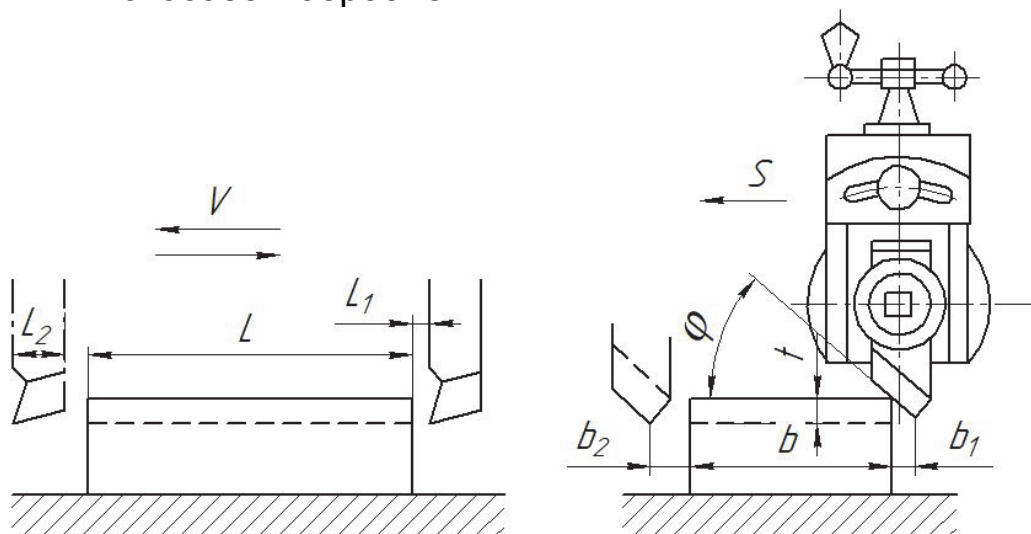


Рис. 2.50. Схеми стругання площинних поверхонь

На поперечно-стругальних верстатах зворотно-поступальний рух має різець, закріплений у супорті повзуна. Оброблювана деталь, яка закріплюється на столі верстата, отримує поперечну подачу завдяки перемінному переміщенню стола в поперечному напрямку після кожного ходу.

Поздовжньо-стругальні верстати виготовляються одностояковими та двостояковими, з одним, двома та чотирма супортами.

Фрезерування – високопродуктивний процес оброблення площин, фасонних і гвинтових поверхонь багатолезовими інструментами – фрезами.

При фрезеруванні інструмент – фреза – здійснює головний обертальний рух різання (рис. 2.51, а). Поступальний рух подачі має заготовка, закріплена на столі верстата. При різанні маємо складну траєкторію відносного руху різальних елементів – циклоїду. Процес різання для кожного зуба фрези переривчастий; поперечний переріз шару, що зрізається, змінюється за час циклу роботи зуба фрези.

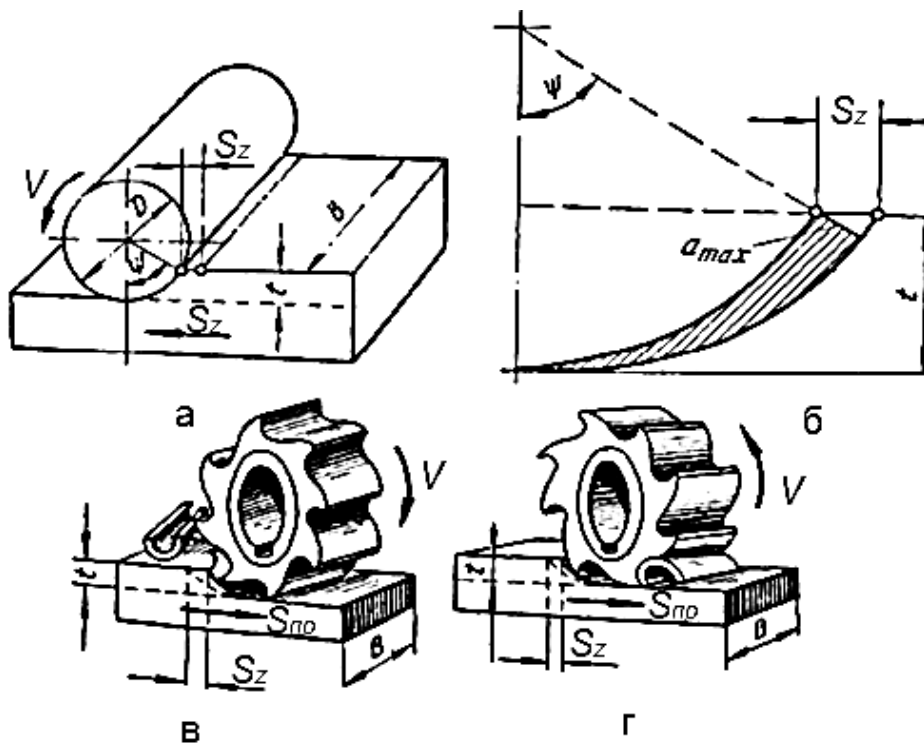


Рис. 2.51. Схема роботи циліндричної фрези і елементи різання

Швидкість різання визначають за виразом

$$V = \frac{\pi D n}{1000},$$

де D – зовнішній діаметр фрези, мм;

n – кількість її обертів за хвилину.

Подача S – величина переміщення заготовки відносно фрези, що обертається. При фрезеруванні розрізняють: S_z – подачу на зуб –

переміщення виробу за час повороту фрези на кут між двома сусідніми зубами; S_o – подачу на оберт або переміщення виробу за один оберт фрези ($S_o = S_z Z$, де Z – кількість зубів фрези); $S_{xв}$ – хвилинну подачу або переміщення виробу за одну хвилину ($S_{xв} = S_z Z n$).

Глибина різання t – відстань між оброблюваною деталлю і обробленою поверхнею, виміряна в напрямку, перпендикулярному до осі обертання фрези.

Ширину фрезерування B вимірюють у напрямку, паралельному до осі обертання фрези.

Повний або найбільший **кут контакту ψ** (рис. 2.51, б) – центральний кут між радіусами, проведеними в точки входу і виходу зуба фрези з контакту із заготовкою.

Товщина шару, що зрізається, для одного зуба фрези, як видно зі схеми на рис. 2.51, б, є змінною величиною і вимірюється на продовженні радіуса як відстань між двома послідовними положеннями зуба фрези.

При роботі циліндричною фрезою залежно від напрямку обертання фрези і подачі заготовки розрізняють **зустрічне фрезерування**, коли рух подачі направлений назустріч обертальному руху фрези (рис. 2.51, в), і **попутне фрезерування** (рис. 2.51, г), при якому напрямок обертання фрези збігається з напрямком подачі. При зустрічному фрезеруванні навантаження на зуб зростає поступово. Зустрічне фрезерування застосовують при чорновому обробленні заготовок з ливарною кіркою, окалиною. Недоліки зустрічного фрезерування – низька чистота поверхні, прискорене зношення фрези, необхідність жорсткого кріплення заготовки до столу. Попутне фрезерування зазвичай використовують при чистовому фрезеруванні.

Для оброблення площин застосовують фрези циліндричні суцільні (рис. 2.52, а, 2.53, а) і збірні (рис. 2.52, б), а також торцеві суцільні (рис. 2.52, в, 2.53, б) і зі вставними ножами, оснащеними пластинками зі швидкорізальної сталі або твердого сплаву (рис. 2.52, г).

Основні види фрезерування площин торцевими фрезами є більш продуктивними, ніж циліндричними.

Переваги фрезерування торцевими фрезами – жорстке закріплення фрези; одночасне різання декількома зубами фрези, що обумовлює більш спокійну роботу інструменту; можливість обробляти деталь відразу декількома фрезами, розташованими з різних її боків; можливість застосовувати фрези значних діаметрів з великою кількістю зубів. Однак у багатьох випадках доводиться працювати не торцевими, а іншими видами фрез – циліндричними, дисковими, пальцевими та ін. (рис. 2.52, 2.53).

Циліндричні фрези застосовують зазвичай на горизонтально-фрезерних верстатах, торцеві – на вертикально-фрезерних, поздовжньо-фрезерних і агрегатних верстатах.

Точність фрезерування залежить від багатьох чинників: типу верстата, виду фрез, характеру оброблюваної поверхні, режиму різання

та ін., але в середньому можна одержувати точність 9 – 11-го квалітетів. При швидкісному фрезеруванні точність оброблення може бути підвищена.

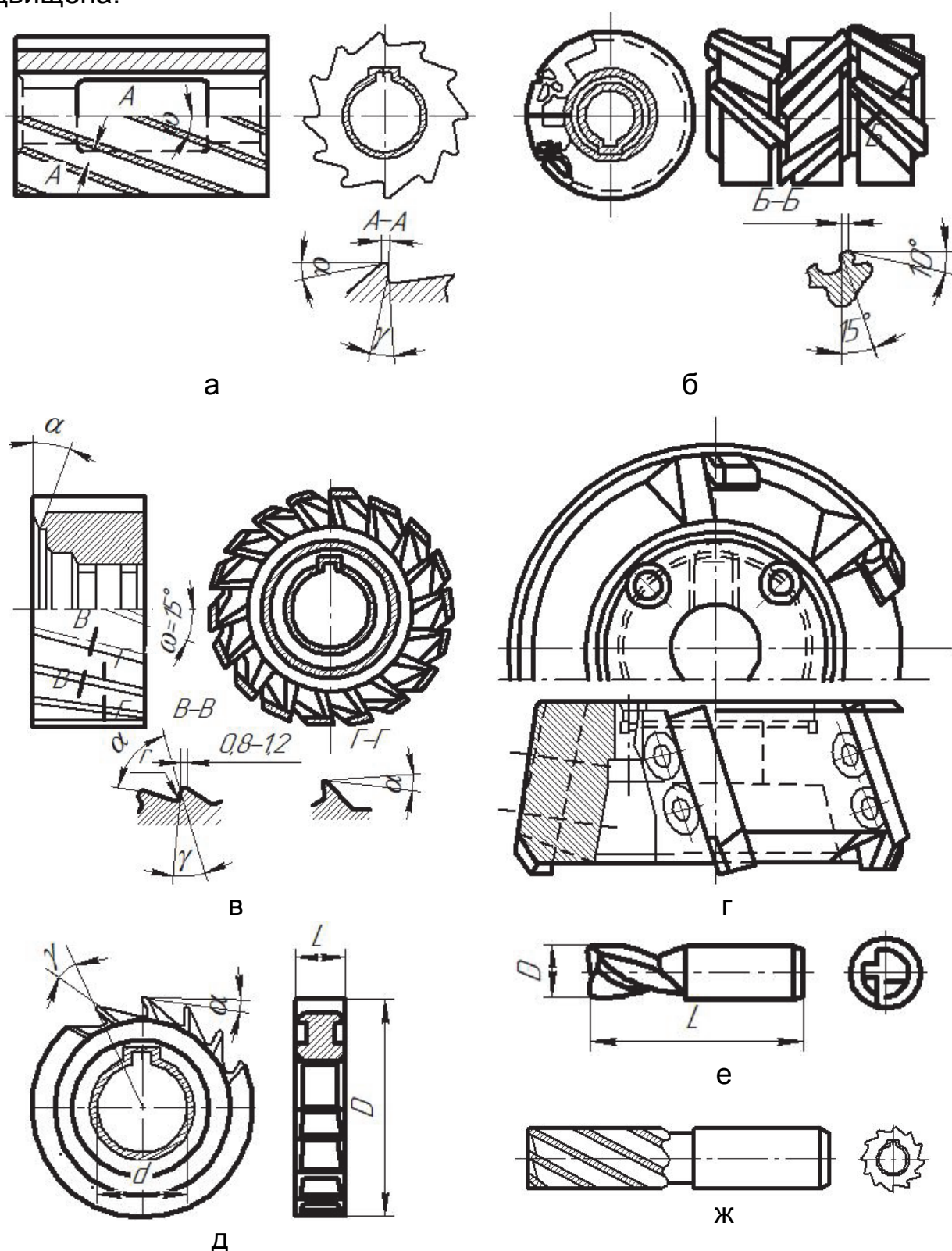


Рис. 2.52. Фрези для оброблення площин: а – циліндрична суцільна з гвинтовим зубом; б – циліндрична збірна; в – торцева суцільна; г – торцева фреза (головка зі вставними зубцями) для швидкісного фрезерування; д – дискова фреза; е – шпонкова фреза; ж – кінцева фреза

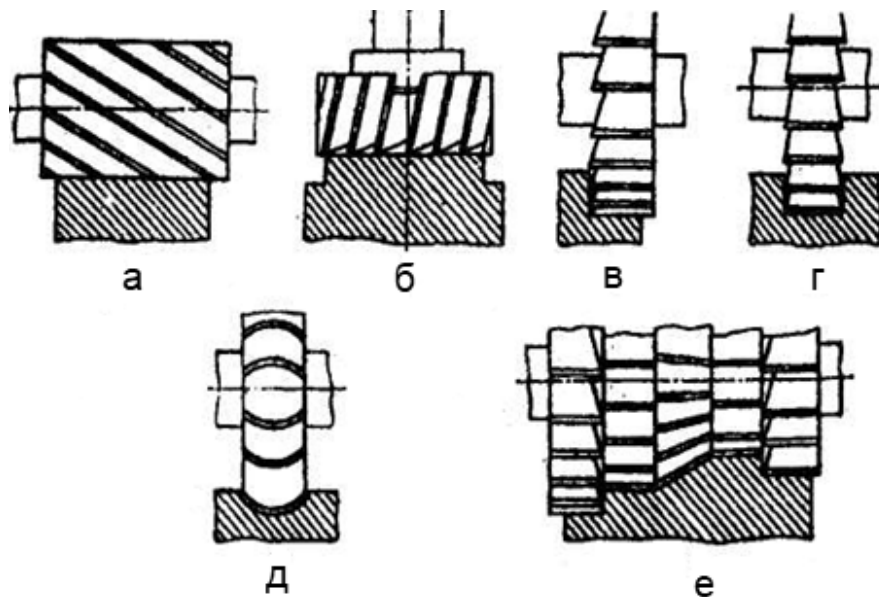


Рис. 2.53. Види фрезерування: а – циліндричне; б – торцеве; в – двостороннє; г – тристороннє; д – фасонне; е – набором

Фрезерування горизонтальних площин проводять на горизонтальних і вертикально-фрезерних верстатах (рис. 2.54, а, б). Перевагу віддають обробленню торцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах (кріплення фрези є більш жорстким).

Фрезерування вертикальних площин на горизонтальних верстатах проводять торцевими фрезами (рис. 2.54, в), а на вертикально-фрезерних верстатах – бічними зубами кінцевої фрези або торцевої фрези циліндричної форми (рис. 2.54, г, д, е)

Фрезерування пазів прямокутних, Т-подібних і типу «ластівчин хвіст» проводять відповідними фрезами на вертикально-фрезерному верстаті (рис. 2.54, и, к, л).

Фрезерування складних поверхонь, що є комбінацією горизонтальних, вертикальних і похилих площин у великих деталей, проводять на поздовжньо-фрезерних верстатах, шпинделі яких можна встановлювати і похило. Дрібніші деталі подібної форми обробляють або цілісними фасонними або набірними фрезами (рис. 2.54, м) на звичайних горизонтально-фрезерних верстатах.

Фрезерування фасонних поверхонь невеликих розмірів виконують фасонними фрезами відповідного профілю (рис. 2.54, н, п) на звичайних горизонтально-фрезерних верстатах. Складні фасонні поверхні обробляють на спеціальних копіювально-фрезерних верстатах.

Фрезерування шпонкових канавок прямокутного перерізу виконують на вертикально-фрезерних верстатах дисковою фрезою (рис. 2.54, р), кінцевою фрезою (рис. 2.54, с, т) або спеціальною шпонковою фрезою (рис. 2.54, у).

Фрезерування канавок під сегментні шпонки здійснюють дисковою шпонковою фрезою відповідного діаметра і ширини (рис. 2.54, ф).

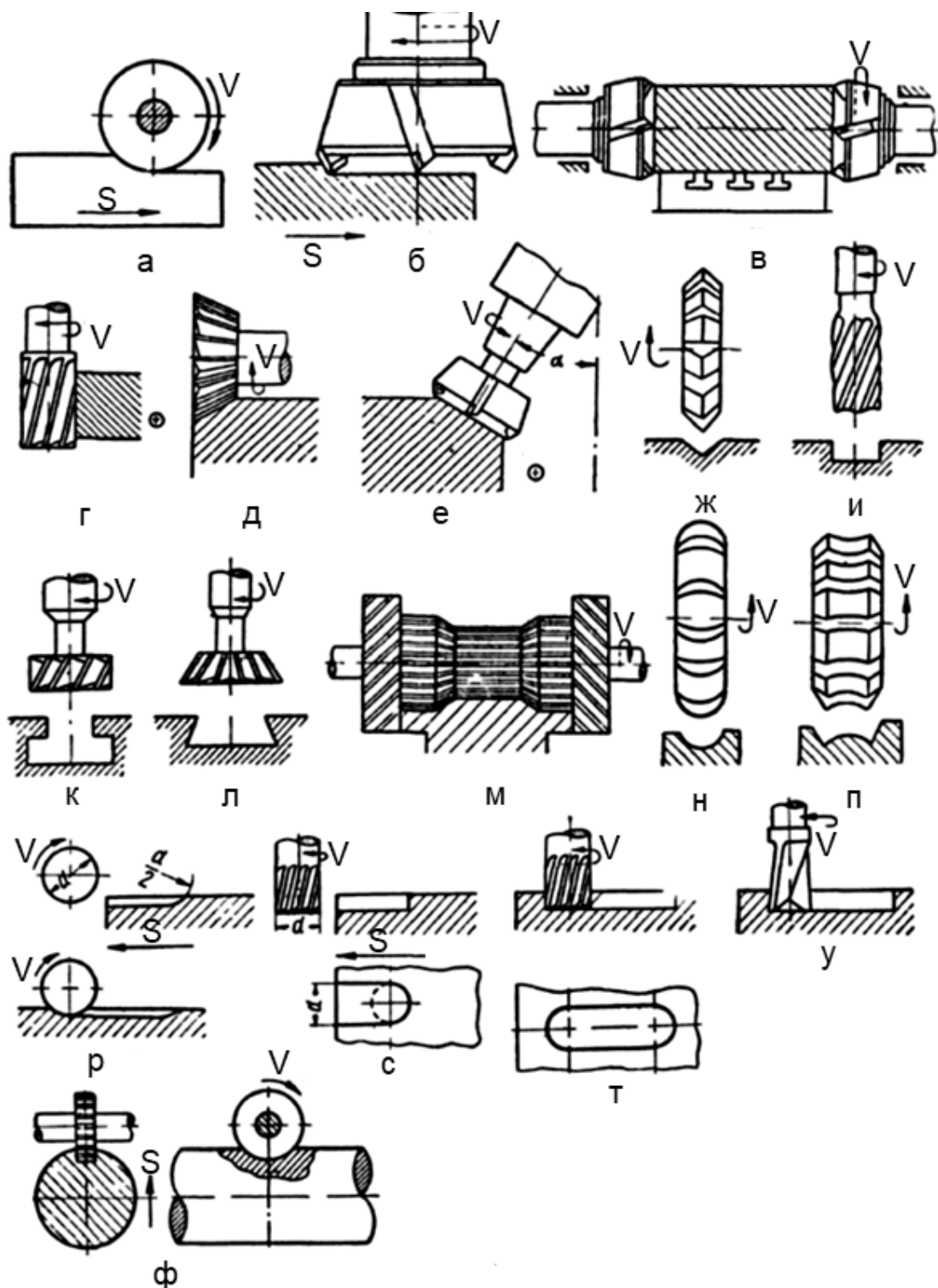


Рис. 2.54. Приклади робіт, які виконують на фрезерних верстатах

Шліфування плоских поверхонь застосовується як для обдирної, так і для чорнової та чистової обробок (рис. 2.55). Обдирне шліфування площин може бути попередньою або кінцевою операцією, якщо не потребується великої точності та чистоти поверхні.

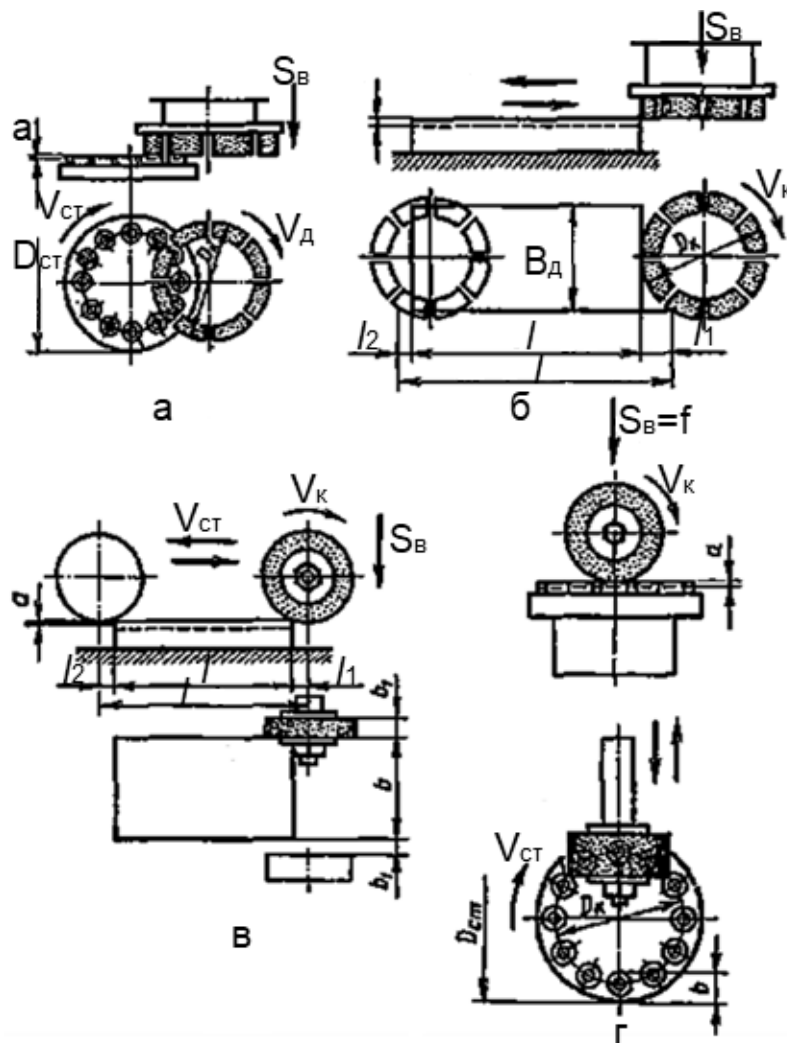


Рис. 2.55. Схеми плоского шліфування: а – торцем круга на верстатах карусельного типу; б – торцем круга на верстатах поздовжнього типу; в – периферією круга на верстатах поздовжнього типу; г – периферією круга на верстатах карусельного типу

Припуск для обдирного шліфування має бути значно меншим, ніж для фрезерування та стругання. У разі великих припусків обдирне шліфування виявляється неекономним. Обдирне шліфування площин застосовується у тому випадку, коли наявність твердої кірки на поверхні деталі або велика твердість металу ускладнюють фрезерування або стругання. Воно застосовується також для оброблення плоских поверхонь деталей з малою жорсткістю.

Обдирне шліфування застосовується для чавунних відливків, поковок та зварних конструкцій та рідше – для сталевих відливків.

Чорнове та чистове шліфування застосовується для отримання великої точності та чистоти поверхні, коли неможливо досягти цього фрезеруванням або струганням.

Чистове шліфування площин виконується дрібнозернистими кругами. Шліфування виконується торцевою частиною або периферією круга.

Під час шліфування торцевою частиною круга застосовують круги чашкової або тарілчастої форми (рис. 2.55, а, б). У разі такої форми круга зношується тільки та його частина, яка знаходиться в контакті з оброблюваною поверхнею, тому відпадає необхідність правити всю поверхню круга. Крім того, у разі такої форми відмінність швидкостей обертання окремих точок торця круга менше впливає на точність та якість оброблення поверхні.

Шліфування торцем круга є більш продуктивним, оскільки в процесі такого оброблення велика площа круга контактує з оброблюваною поверхнею та більша кількість абразивних зерен одночасно працює. Цей спосіб шліфування забезпечує досить велику точність.

Шліфування периферією круга (рис. 2.55, в, г) є менш продуктивним, але з його допомогою досягається вища точність, ніж під час шліфування торцем круга, тому цей вид шліфування застосовують зазвичай для остаточного оброблення деталей вимірювальних інструментів, приладів.

Запитання для самоконтролю

1. Які робочі рухи здійснюються в процесі стругання?
2. Як змінюється швидкість різання в процесі стругання?
3. У чому відмінність між стругальними різцями і токарними?
4. Які типи верстатів застосовують для стругання?
5. Які роботи можна виконувати на стругальних верстатах?
6. У чому суть процесу фрезерування?
7. Якими елементами характеризується процес різання при фрезеруванні?
8. Як визначають швидкість різання при фрезеруванні?
9. У чому відмінність подачі на зуб від подачі на оберт?
10. Чому при чорновому обробленні використовують зустрічне фрезерування, а при чистовому – попутне?
11. Які основні типи фрез використовують при фрезеруванні?
12. Назвіть основні вузли універсально-фрезерного верстата.
13. Які верстатні пристрої застосовують для закріплення заготовок на фрезерних верстатах?
14. Які види робіт виконують на фрезерних верстатах?
15. Яка послідовність підбору різального інструменту і призначення режиму різання при фрезеруванні?

2.12. Протягування пазів і отворів

Шпонкові пази в отворах втулок зубчастих коліс, шківів та інших деталей, що встановлюють на вал зі шпонкою, обробляються в одиничному та дрібносерійному виробництвах на довбальних верстатах, у

великосерійному та масовому – на протяжних.

На рис. 2.56 показано протягування шпонкової канавки в заготовці зубчастого колеса на горизонтально-протяжному верстаті. Заготовка встановлюється на напрямний палець (адаптер), усередині якого є паз для напрямку протяжки. Якщо паз протягується за 2–3 проходи, то під протяжку поміщають прокладку.

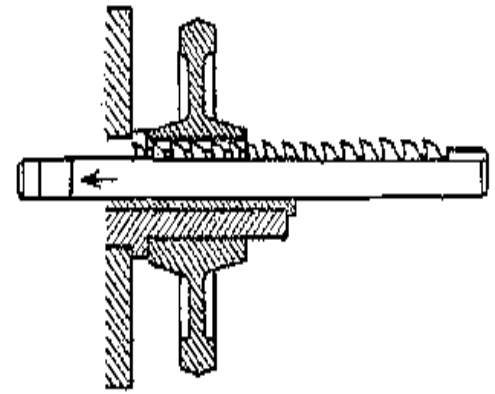


Рис. 2.56. Оброблення шпонкової канавки в отворі протягуванням

У масовому, великосерійному та середньосерійному виробництвах широко застосовується протягування отворів циліндричних, шліцьових та інших форм (рис. 2.57). Циліндричні отвори протягуються після свердлення або зенкерування. Протягування замінює розгортання отворів на свердлувальних та револьверних верстатах. Однією з позитивних якостей протягування є зміцнення обробленої поверхні, що підвищує експлуатаційні властивості. Чим точніше оброблений отвір до протягування, тим міцніші будуть отвори після протягування.

До позитивних якостей протягування належать:

- 1) одна операція протягування заміняє декілька процесів інших видів оброблення (попереднє та чистове зенкерування);
- 2) дуже висока продуктивність процесу як за чинником основного, так і допоміжного часу;
- 3) тривала загальна стійкість протяжки (зазвичай обробляють до 2000 деталей, допускаючи 10–15 переточувань);
- 4) операція протягування дуже проста в обслуговуванні, не потребує високої кваліфікації робітника.

Обмежувальним чинником є неможливість установалення круглих деталей та деталей складної форми на протяжних верстатах.

Середньоекономічна точність не нижча за точне розгортання – 7...9-го квалітетів, шорсткість поверхні $Ra = 1,25...0,63$ мкм. Припуски для протяжок діаметром 10...20 мм становлять 0,5...0,6 мм, діаметром 80 мм – 1,5 мм.

Окрім круглих протяжок широко застосовуються квадратні, одношпонкові, шліцьові протяжки для оброблення отворів відповідних форм.

Для виконання калібрувальних операцій, а також для оброблення глухих отворів, для усунення викривлення отворів застосовують прошивки. Прошивання є особливим видом протягування. Прошивки, що проштовхуються крізь отвори, працюють на поздовжній вигин, тоді як протяжки працюють на розтягування. Довжина прошивок – 150...300 мм, вони значно коротші за протяжки.

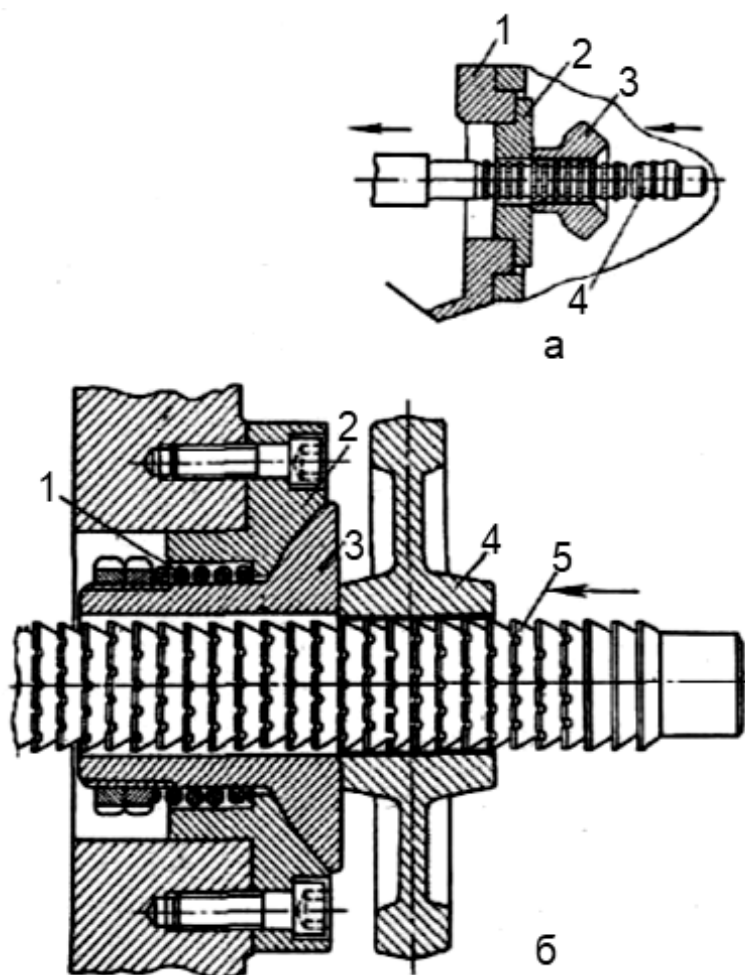


Рис. 2.57. Установлення деталі під час протягування: а – на жорсткій опорі (1 – лобова частина верстата; 2 – опорна шайба; 3 – деталь; 4 – протяжка); б – на шаровій опорі (1 – пружина; 2 – опорна шайба; 3 – шарова опора; 4 – деталь; 5 – протяжка)

фується циліндрична поверхня отвору, яка з'єднується з дном западини шліців вала (у разі центрування за внутрішнім діаметром шліців вала).

Протягування гвинтових шліців отворів відрізняється від протягування звичайних отворів тим, що в процесі роботи рух різальних кромek зубців протяжки має здійснюватися за гвинтовою лінією, що досягається поєднанням поступального та обертального рухів двома способами:

- 1) обидва рухи передаються протяжці або нерухомій деталі;
- 2) поступальний рух передається протяжці, а обертальний – деталі.

Обертальний рух протяжки можна одержати або безпосередньо шляхом самообертання її силами різання, або примусово – спеціальним механізмом.

Прошивання наскрізних і глухих отворів зазвичай здійснюється на гідравлічних, пневматичних, механічних і ручних пресах. Верстати для протягування поділяють на механічні та гідравлічні; горизонтальні та вертикальні; одно- та багато шпиндельні.

Протягуванням можна виконувати спіральні канавки в отворі, для цього під час протягування протяжку повертають на певний кут.

Оброблення шліцьових поверхонь в отворах втулок та зубчастих коліс виконується зазвичай протягуванням. Отвір і торець обробляються заздалегідь, потім отвір протягується круглою протяжкою, а після цього шліцьовою протяжкою – звичайною або прогресивною.

Якщо втулка або зубчасте колесо піддається термічному обробленню, то після цього на внутрішньошліфувальному верстаті шліфується циліндрична поверхня отвору, яка з'єднується з дном западини шліців вала (у разі центрування за внутрішнім діаметром шліців вала).

За відсутності протяжного верстата гвинтові шліці можна протягувати на токарно-гвинторізному верстаті, який налагоджується для нарізання різі з кроком, що дорівнює кроку протягувальних шліців.

Запитання для самоконтролю

1. Що являють собою протяжки та операція протягування отворів?
2. Які особливості оброблення шліцьових поверхонь в отворах деталей?
3. В яких умовах виробництва доцільно використовувати оброблення отворів протягуванням?

2.13. Оброблення зубчастих коліс, шліцьових поверхонь і шпонкових пазів

За методом копіювання нарізання зубців виконують інструментом, профіль зубців якого має відповідати профілеві западин між зубцями. Таким чином, профіль інструменту копіюється на оброблюваній поверхні. При цьому відбувається послідовне фрезерування западин. Зубчасті колеса зазвичай нарізають по одному (рис. 2.58, а) або по декілька штук на оправці (рис. 2.58, б), що збільшує продуктивність завдяки часу, який витрачається на врізання та вихід фрези, а також завдяки допоміжному часу. Якщо на шпиндельній оправці розташувати дві або три фрези (рис. 2.58, в), то продуктивність буде ще вище, оскільки кожна з них буде прорізати западини зубців в одній групі заготовок. У цьому випадку використовують багатошпиндельні ділильні головки (рис. 2.58, г). Нарізання зубців циліндричних коліс середніх модулів можна робити одночасно двома дисковими модульними фрезами (рис. 2.58, д).

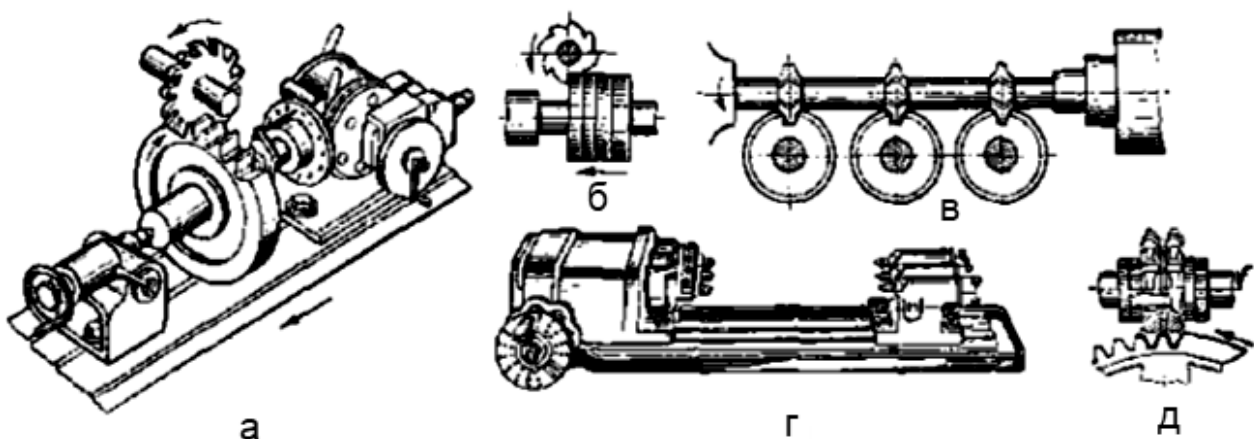


Рис. 2.58. Нарізання зубців зубчастих коліс дисковими модульними фрезами: а – однієї заготовки; б – декількох заготовок на одній оправці; в – трьома фрезами одночасно; г – з використанням тришпиндельної головки; д – одночасно двома модульними фрезами

Чорнове нарізання таких самих зубчастих коліс середніх та великих модулів здійснюється трьома дисковими, але не модульними, а кутовими фрезами (рис. 2.59, а). Чорнове нарізання великомодульних прямозубих коліс можна робити спеціальними дисковими фрезами (рис. 2.59, б), при цьому верстат повинен мати спеціальні шпинделі. Одним шпинделем можна фрезерувати окремо кожний бік зубців. Продуктивність у цьому випадку буде майже в 2 рази нижчою, однак можна використовувати універсальний або горизонтальний фрезерний верстат.

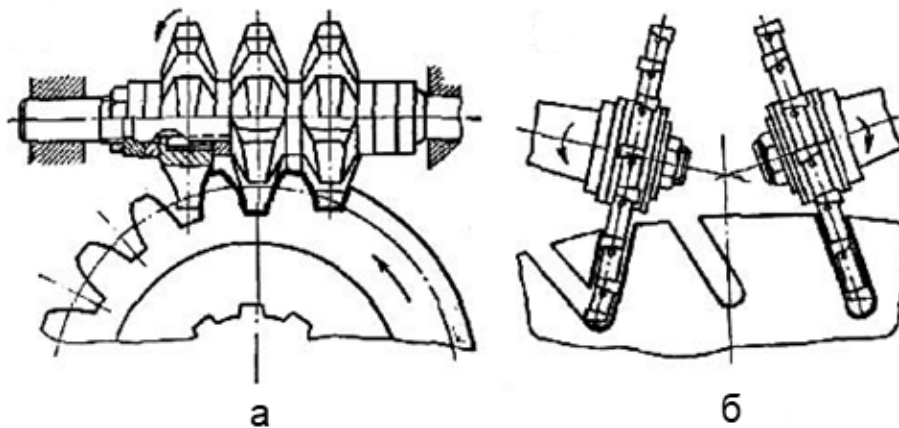


Рис. 2.59. Нарізання зубців зубчастих коліс дисковими фрезами:
а – трьома дисковими, кутовими фрезами; б – двома спеціальними
дисковими фрезами

Дисковими модульними фрезами можна також обробляти циліндричні зубчасті колеса з косим зубцем, повертаючи фрезу на кут нахилу зубця.

Метод копіювання є малопродуктивним і має невисоку точність, унаслідок чого його застосовують у дрібносерійному та одиничному виробництвах за відсутності спеціальних верстатів.

Сучасним і більш продуктивним способом нарізання зубців, що забезпечує більш високу точність виготовлення, є метод обкочування черв'ячними фрезами, довбачами, гребінками, зубостругальними різцями та різцевими головками.

Цей метод полягає в тому, що в процесі оброблення відтворюється зачеплення зубчастої пари, в якій однією деталлю є різальний інструмент, а іншою – зубчасте колесо, яке нарізають.

Вимога високої точності та плавності зачеплення зубчастих коліс, а також прагнення підвищити продуктивність зубонарізання привели до створення спеціальних зуборізальних верстатів. Найбільш поширеними є верстати, що утворюють профіль зубця шляхом фрезерування або довбання різальними кромками інструменту у безперервному процесі обкатування. Під час оброблення довбанням досягають більш

правильного профілю поверхонь зубців, більш високої точності, меншої шорсткості, ніж під час фрезерування, оскільки у цьому випадку неточність інструменту значно менше впливає на профіль зубця, але удари, що виникають під час оброблення, шкідливо впливають на верстат та інструмент. Унаслідок цього метод довбання застосовується, головним чином, для чистового нарізання зубців, метод фрезерування – для чорнового нарізання. Методом фрезерування можна нарізати більшу кількість видів зчеплення: циліндричні зубчасті колеса з прямим та косим зубцями, черв'ячні зубчасті колеса, черв'яки, ланцюгові колеса.

Таким чином, зубодовбання має переваги порівняно з зубофрезеруванням, оскільки дає змогу одержати більш високу точність та малу шорсткість поверхонь.

Зубофрезерування черв'ячними модульними фрезами через високу продуктивність і точність оброблення набуло найбільш широкого застосування.

Для нарізання зубців зазначеним методом потрібні зубофрезерні верстати та різальний інструмент – черв'ячні фрези.

Фреза закріплюється в супорті, який має бути повернений так, щоб вісь фрези була нахилена під кутом підйому гвинтової лінії витків фрези. Зубчасте колесо встановлюється на столі верстата. Він переміщується по станині для установа на глибину зубця та має обертальний рух, завдяки якому здійснюється обкатування зубчастого колеса відносно черв'ячної фрези. Супорт із фрезой здійснює подачу рухом уздовж осі зубчастого колеса (рис. 2.60).

Залежно від величини модуля встановлюється кількість проходів фрези: зубчасте колесо з модулем до 2,5 мм зазвичай нарізають за один перехід начисто, з модулем більше 2,5 мм нарізають начорно та начисто за два та навіть три переходи.

Врізання черв'ячних фрез, особливо великих діаметрів, є значною величиною та призводить до істотної витрати часу роботи верстата. Скоротити цей час можна на 20...30 % заміною звичайного осьового (рис. 2.61, а) врізання радіальним (рис. 2.61, б).

Черв'ячна фреза здійснює головний обертальний рух різання. Обертання заготовки, узгоджене з обертанням фрези, здійснює процес формування бічних поверхонь зубців зубчастого колеса зубцями фрези через ділильний кінематичний ланцюг зубофрезерного верстата.

Для утворення профілю по довжині зуба при нарізуванні циліндричних прямозубих і косозубих (гвинтових) коліс фрезі передається поступальний рух вертикальної подачі уздовж осі нарізуваної заготовки. При нарізуванні черв'ячних коліс заготовка має горизонтальний рух подачі.

Змінюючи профіль черв'ячної фрези, на зубофрезерних верстатах можна обробляти шліцеві вали, храпові колеса, зубці зірочок ланцюгових передач.

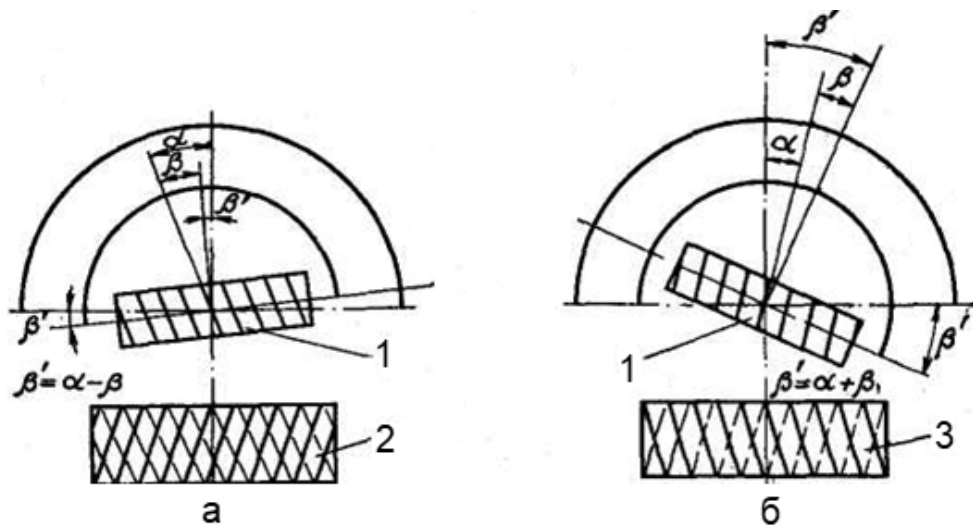


Рис. 2.60. Установлення черв'ячної фрези при зубонарізанні циліндричних зубчастих коліс з косим зубом: 1 – правозахідна фреза; 2 – заготовка правозахідного зубчастого колеса; 3 – заготовка лівозахідного зубчастого колеса

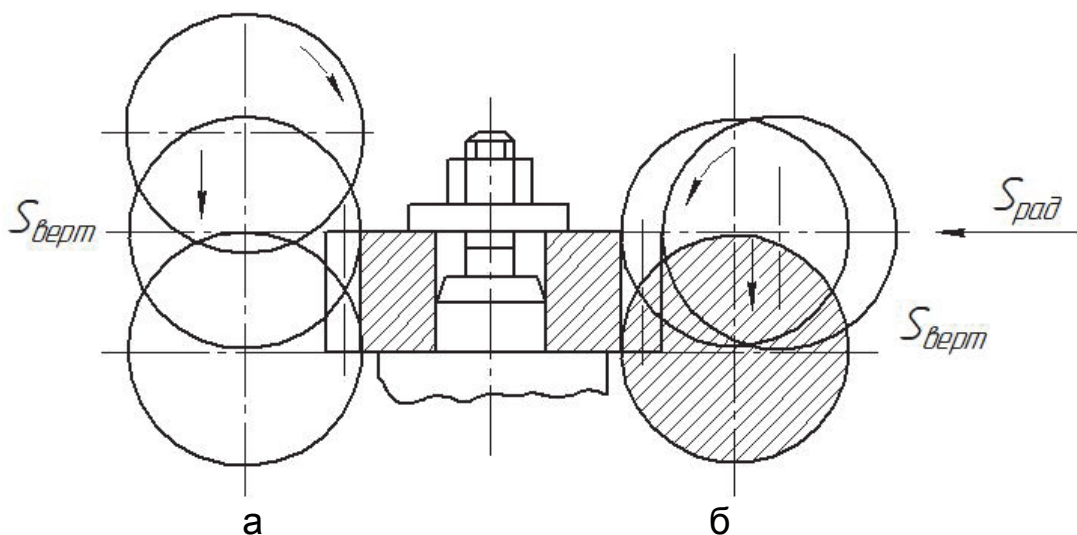


Рис. 2.61. Нарізання зубців методом обкочування черв'ячною фрезою: а – врізання черв'ячної фрези осьове; б – врізання черв'ячної фрези радіальне

На рис. 2.62 показано схеми нарізування прямозубого (б), косозубого (в) і черв'ячного коліс (г).

Під час нарізання черв'ячних зубчастих коліс вісь фрези встановлюється перпендикулярно до осі оброблюваного колеса та точно по центру її ширини. Оброблення імітує зчеплення черв'ячної пари. Робоча частина фрези має бути тотожна формі та розмірам черв'яка, а положення фрези відповідати положенню черв'яка.

Нарізання черв'ячних коліс можна здійснювати способами радіальної та тангенціальної подач.

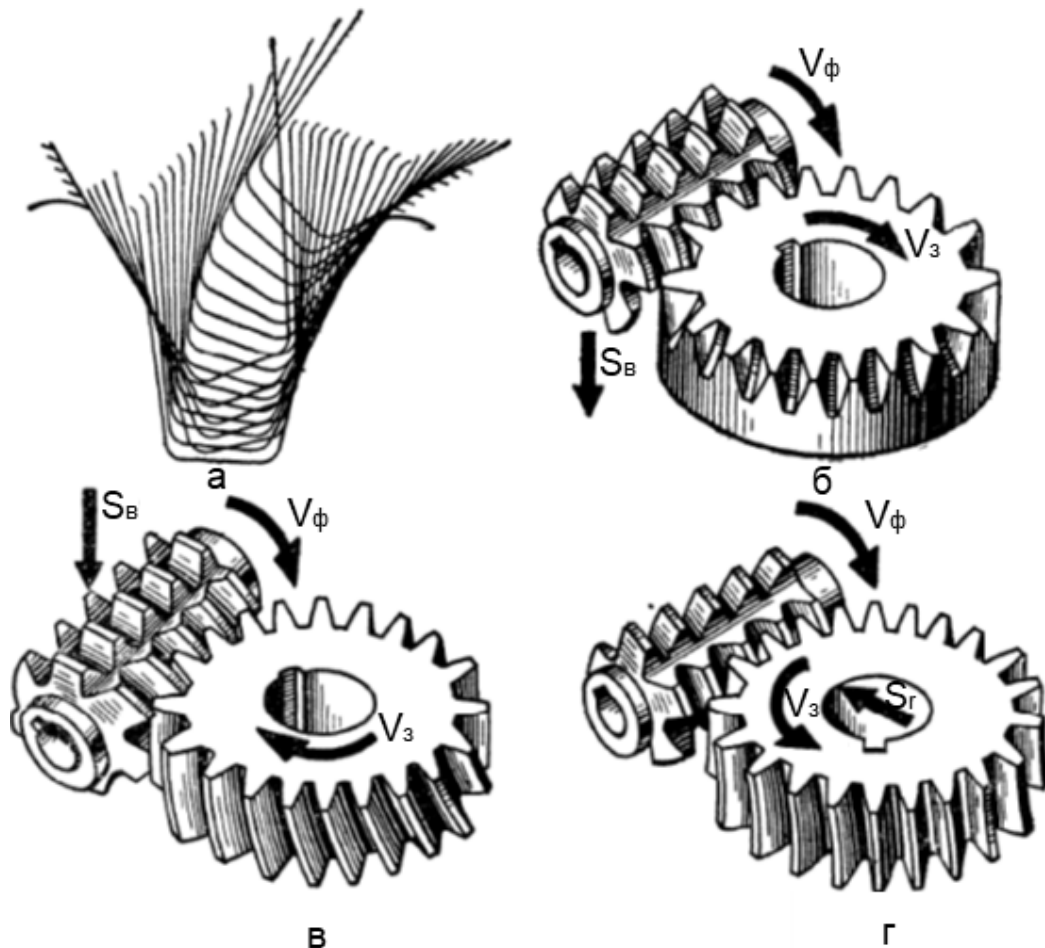


Рис. 2.62. Схеми нарізання зубчастих коліс черв'ячною модульною фрезою

Спосіб радіальної подачі застосовується переважно для нарізання однозахідних черв'ячних зубчастих коліс. Фреза і зубчасте колесо обертаються, при цьому швидкості обертання розраховують так, щоб за один оберт фрези зубчасте колесо повернулося на кількість зубців, що дорівнює кількості заходів черв'яка. На відміну від нарізання циліндричних зубчастих коліс супорт із фрезою нерухомі, а стіл із закріпленим на ньому зубчастим колесом здійснює горизонтальну подачу в радіальному напрямку на глибину зубця в напрямку до фрези. У радіальному напрямку заготовка переміщується доти, поки зубці колеса не будуть нарізані на всю глибину. Після виходу інструменту на глибину зубців заготовка робить ще 1–2 оберти.

Спосіб тангенціальної подачі застосовується, головним чином, для нарізання черв'ячних зубчастих коліс до багатозахідних черв'яків. Він виконується за допомогою спеціального супорта, що дає змогу здійснювати тангенціальну (тобто по дотичній лінії до зубчастого колеса) подачу фрези.

Фреза складається з двох частин: забірної, що має витки неповного профілю (конічної форми), та профілюючої (циліндричної). Забірна частина виконує чорнове оброблення, а циліндрична – чистове. Така

схема різання має низку переваг, оскільки основне навантаження припадає на забірну частину, а калібрувальна має рівномірне зношування, що надає більшій стійкості інструменту, більш високої продуктивності та точності.

Якщо процес радіальної подачі для одержання якісного колеса доводиться виконувати в два прийоми (чорнова та чистова операції), то у разі тангенціальної подачі виходить висока точність за одноразового оброблення.

Однак метод радіальної подачі має більшу продуктивність та може виконуватися на будь-яких зубофрезерних верстатах. При цьому черв'ячна фреза простіша за конструкцією. Тому для оброблення точних коліс більш раціональним є тангенціальний спосіб подачі, а у разі оброблення великих та точних коліс доцільно чорновий процес здійснювати шляхом радіальної подачі, а чистовий – тангенціальної.

Зубодовбання застосовують для циліндричних коліс із зовнішніми та внутрішніми прямими та косими зубцями, а також для нарізання зубчастих секторів та рейок. Довбач, що є різальним інструментом, має форму шестірні та того ж модуля, що й нарізуване зубчасте колесо.

Спосіб нарізання циліндричного зубчастого колеса за допомогою рейкового або круглого довбача полягає в тому, що в процесі оброблення колеса відтворюється зубцеве зчеплення шестірні та рейки або двох циліндричних коліс, одне з яких є різальним інструментом, а інше – заготовкою (рис. 2.63, а). При цьому необхідно, щоб одна з ланок зубчастої пари робила зворотньо-поступальний рух під час обкочування, у результаті чого на заготовці формується профіль зубця.

Цей метод є єдиним методом нарізання багатовінцевих зубчастих коліс і зубчастих коліс із внутрішнім зчепленням. Оброблення багатовінцевих зубчастих коліс із близькорозташованими вінцями фрезеруванням є неможливим, оскільки фреза не має виходу. У той же час для довбача достатньо мати канавку 5 мм.

Зазвичай зубчасті колеса навіть середніх модулів попередньо обробляють на зубофрезерних верстатах, а чистове оброблення здійснюється на зубодовбальних верстатах. Попереднє нарізання зубців на зубофрезерних верстатах часто буває продуктивнішим, ніж на зубодовбальних. Проте у разі нарізання зубців з модулем до 2,5 мм, коли металу знімається порівняно мало, більш продуктивними та точними є зубодовбальні верстати.

З метою збільшення продуктивності зубодовбальних верстатів під час нарізання зубчастих коліс малих і середніх модулів застосовують комбіновані довбачі, що роблять послідовне нарізання зубців (чорнове та чистове) за один оберт довбача. У таких довбачів частина зубців, що має зменшену товщину, використовується для чорнового довбання, інша частина – для чистового.

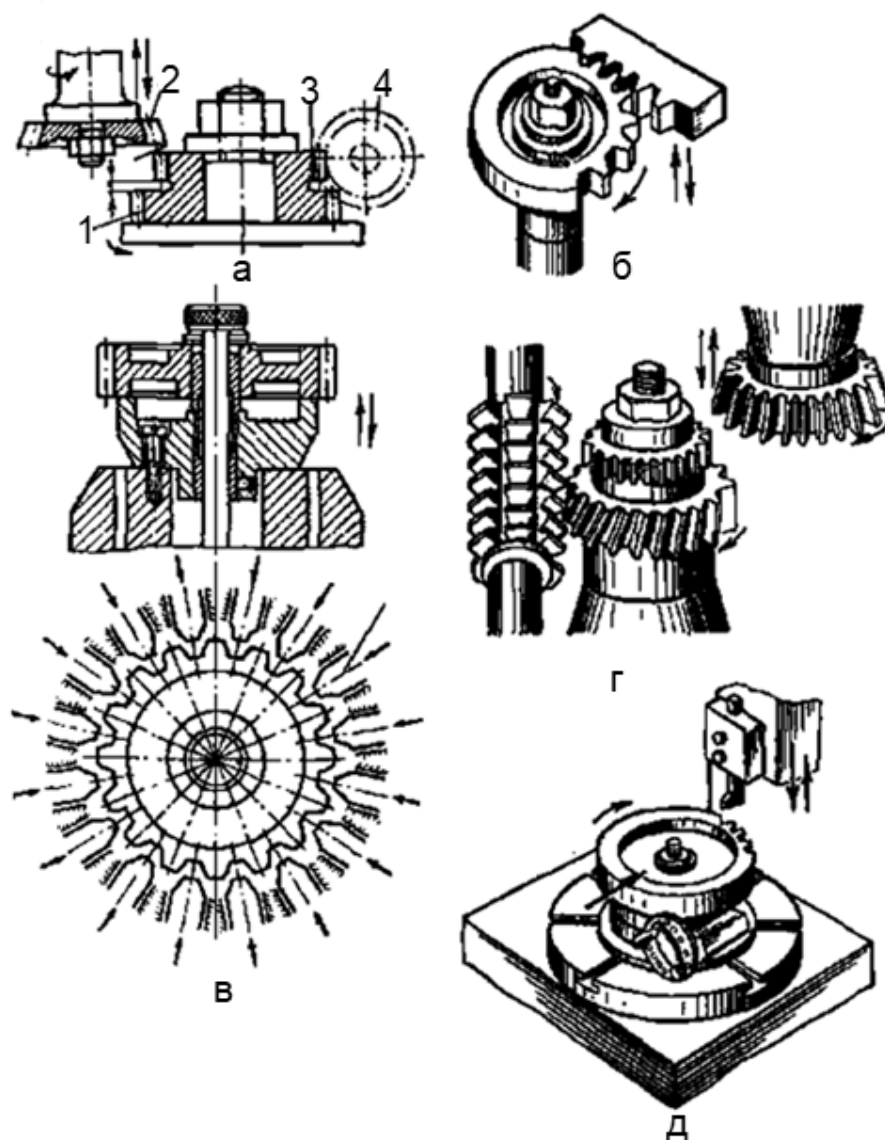


Рис. 2.63. Нарізання зубців довбачами: а – довбання двовінцевого колеса (1, 3 – відповідно вінець більшого і меншого розмірів; 2 – довбач; 4 – фреза); б – довбання гребінкою; в – довбання багаторізцевою головкою; г – одночасне довбання і фрезерування двох коліс; д – оброблення зубців на довбальному верстаті

Крім того, на довбачу є ділянка без зубців, що дає змогу знімати оброблене колесо з оправки та надівати заготовку на оправку без відведення шпинделя з довбачем.

Циліндричні зубчасті колеса з прямим, косим та гвинтовим зубцями можна нарізати на зубостругальних верстатах із застосуванням довбачів у вигляді гребінок (рейок), які виготовляти та заточувати значно простіше, ніж довбачі (рис. 2.63, б). Під час нарізання зубчастих коліс із косими зубцями супорт із гребінкою повертається на кут нахилу зубця. Однак нарізання зубців гребінкою є менш продуктивним способом та застосовується порівняно рідко.

Довбання зубців методом копіювання за допомогою багаторізцевої

головки полягає в тому, що всі зубці виготовленого зубчастого колеса обробляються одночасно набором профільних різців, кількість яких дорівнює кількості зубців оброблюваного колеса (рис. 2.63, в). Різці розташовані в точних радіальних пазах нерухомої різцевої головки. Заготовка встановлюється на оправку шпинделя верстата, розташовану вертикально та зі зворотно-поступальним рухом вгору та вниз. Коли оправка під час кожного ходу рухається вгору, заготовка рухається всередину нерухомої різцевої головки, всі різці одночасно нарізають зубці. Перед початком робочого ходу всі різці одночасно переміщуються в радіальному напрямку, тобто здійснюється подача до центру зубчастого колеса, що нарізується. Коли оправка під час кожного ходу рухається вниз, різці в головці відсуваються в радіальному напрямку для зменшення тертя задніх поверхонь різців об оброблювану поверхню зубців.

Для блочних зубчастих коліс доцільно використовувати комбіновані верстати для одночасного нарізання черв'ячною фрезою зубців великого вінця, а меншого – довбачем (рис. 2.63, г), що дає змогу значно скоротити виробничу площу, а також підвищити продуктивність праці.

Високопродуктивним методом виготовлення циліндричних і конічних зубчастих коліс є накатування зубців холодним і гарячим накатуванням. Зубчасті колеса з модулем менше 2,5 мм виготовляються у разі використання спеціальних пристроїв у холодному стані, з модулем більше 2,5 мм – у гарячому.

Накатування в 15...20 разів продуктивніше, ніж зубонарізання, відходи металу становлять усього 3...4 % від ваги заготовки.

Накатник – це зубчасте колесо з модулем, який дорівнює модулю колеса, що накатується. Кожен накатник має забірну частину для поступового утворення зубців, що накатуються. У разі гарячого накатування заготовки нагріваються струмами високої частоти до 1000...1200 °С за 20...30 с до накатування зубців. Накатування здійснюється двома накатниками.

Для нарізання прямих зубців конічних зубчастих коліс застосовують більш продуктивні верстати – зубостругальні, на яких оброблення зубців здійснюється методом обкатування. Ці верстати мають пристрій для автоматичного розподілу й одночасного повороту всіх оброблюваних заготовок. За цим способом у разі оброблення зубців з модулем більше 2,5 мм їх попередньо прорізають профільними дисковими фрезами методом копіювання за умов багатоінструментальної обробки, а потім на зубостругальних верстатах обробляються бічні сторони западин різцями з пластинами, що встановлені на планшайбі інструментального барабана. Різці здійснюють зворотно-поступальний рух, а сам інструментальний барабан обертається поперемінно в один та інший бік, відтворюючи рух утворювального конічного колеса. Взаємне обкатування заготовки та різців забезпечує одержання профілю евольвенти. Кут повороту інструментального барабана такий, що пара різців цілком обробляє висоту

зубця. Після нарізання кожного зубця заготовка повертається на кут, що відповідає куту між зубцями колеса.

У шліцьових з'єднаннях зв'язані деталі центруються трьома способами:

1)центруванням втулки (або зубчастого колеса) за зовнішнім діаметром шліцьових виступів вала;

2)центруванням втулки за внутрішнім діаметром шліців вала, тобто по дну западин;

3)центруванням втулки (або зубчастого колеса) по бічних сторонах шліців.

Форма шліців може бути прямокутна, евольвентна, трикутна.

Шліцьові з'єднання широко застосовують у машинобудуванні для нерухомих і рухомих посадок. Технологічний процес виготовлення шліців валів залежить від способу центрування вала та втулки. Найбільш точним є спосіб центрування за внутрішнім діаметром шліців вала.

Шліци на валах та інших деталях виготовляються різними способами: фрезеруванням із подальшим шліфуванням (найбільш поширений спосіб), наковчанням, протягуванням, струганням.

Шліци валів невеликих діаметрів (до 100 мм) зазвичай фрезерують за один прохід, великих діаметрів – за два. Фрезерувати канавки можна дисковою фасонною фрезою (рис. 2.64, а) або двома фрезами (рис. 2.64, б). Продуктивнішим є одночасне фрезерування двох шліцьових канавок двома дисковими фрезами спеціального профілю (рис. 2.64, в).

Більш точне фрезерування шліців виконується методом обкочування за допомогою шліцьової черв'ячної фрези, яка, крім обертального руху, має поздовжнє переміщення уздовж осі нарізаного вала (рис. 2.64, г). Цей спосіб є найбільш точним та продуктивним.

Після термооброблення шліци шліфують одночасно по бокових поверхнях і дну западини або окремо в дві операції (рис. 2.65, а, в), або одночасно профільним кругом по бокових поверхнях і дну западини (рис. 2.65, б).

Найбільш продуктивним є спосіб шліфування фасонним кругом.

Недоліком цього способу є нерівномірність зношування шліфувального круга зважаючи на неоднакову товщину шару, що знімається у бічних сторін та западини вала, тому потрібна часта правка круга алмазами (рис. 2.65, г).

У разі центрування шліцьових валів за зовнішнім діаметром шліфують тільки зовнішню циліндричну поверхню вала на звичайних круглошліфувальних верстатах; шліфування западини (тобто за внутрішнім діаметром шліців вала) та бічних сторін шліців не застосовується.

У разі центрування шліцьових валів за внутрішнім діаметром шліців їх фрезерування дає точність оброблення за внутрішнім діаметром до 0,05...0,06 мм, що не завжди є достатнім для точної посадки.

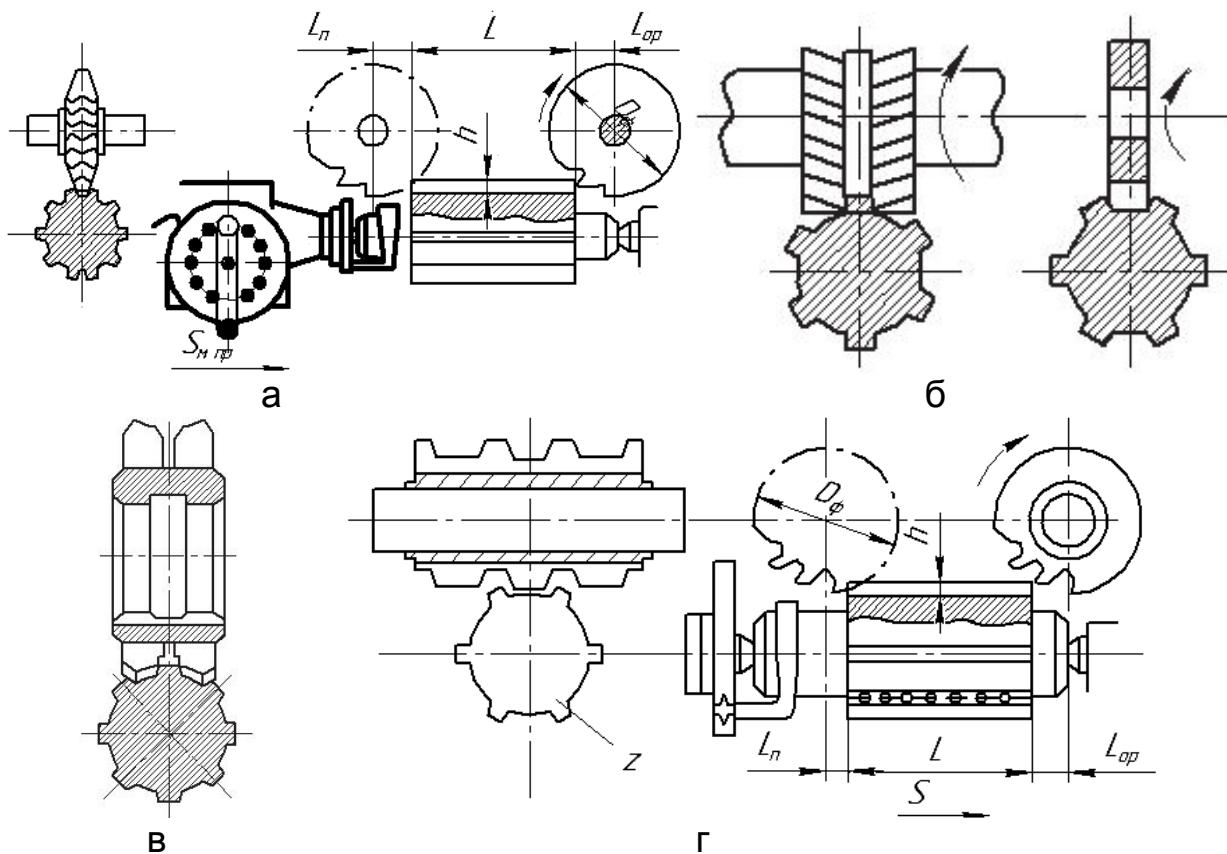


Рис. 2.64. Способи фрезерування шліців валів: а – шліцьовою дисковою фрезею; б – двома фрезами; в – двома дисковими спеціальними фрезами; г – шліцьовою черв'ячною фрезею

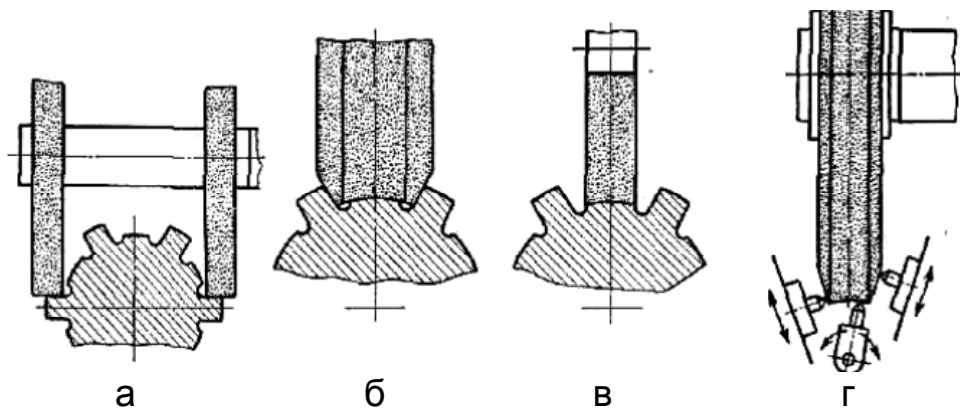


Рис. 2.65. Схеми шліфування шліців та правки профільного абразивного круга: а – бічних поверхонь двома кругами; б – бічних поверхонь і дна западини профільним кругом; в – дна западини одним фасонним кругом; г – правка алмазами

Шліфувати шліци можна за дві окремі операції. При першій шліфують тільки западини (за внутрішнім діаметром), а при другій – бічні сторони шліців.

Для зменшення зносу шліфувального круга після кожного ходу стола вал повертається, таким чином, шліфувальний круг обробляє западини поступово, одну за одною. Але такий спосіб шліфування є менш

продуктивним, ніж перший.

Накатування шліців без нагрівання деталі здійснюється роликами, що мають профіль, який відповідає формі поперечного перерізу шліців. Ролики (діаметром 100 мм), що обертаються на осях, по одному на кожен шліц розташовані радіально в сегментах масивного корпусу накатної головки. Під час пересування головки по деталі ролики, що вільно обертаються, вдавлюються в поверхню вала та утворюють на ній шліци відповідної профілю ролика форми. Усі шліци накочуються одночасно, без обертання деталі.

Процес накочення досить продуктивний, оскільки всі шліци накочуються одночасно, з незначною витратою часу і досить високою точністю.

Протягування шліців здійснюється на горизонтально-протяжних верстатах за допомогою спеціальної протяжки з ножами, профіль різальної частини якої відповідає формі шліца. Кожен шліц протягується по черзі за допомогою ділильного пристрою.

Процес виготовлення шліців на валах *струганням* (шліцестругання) характеризується тим, що всі шліци обробляються одночасно набором профільних різців, кількість яких дорівнює кількості западин оброблюваного шліцевого вала. Оброблювана деталь, розташована вертикально, має зворотно-поступальний рух. Під час кожного ходу вгору вона входить всередину нерухомої різцевої головки, у радіальних пазах якої розміщені різці. Усі різці одночасно нарізають шліци, одержуючи радіальну подачу на подвійний хід оброблюваної деталі. Під час зворотного ходу деталі вниз різці в головці відходять у радіальному напрямку, щоб уникнути тертя задніх поверхонь різців об оброблювану поверхню.

Процес шліцестругання досить продуктивний і може бути застосований лише за умови дуже великого випуску однакових деталей, оскільки для кожної кількості шліців має бути виготовлений комплект спеціальних різців.

Запитання для самоконтролю

1. У чому полягає нарізання зубців методом копіювання дисковими фрезами?
2. Яким чином можна підвищити продуктивність оброблення таким методом?
3. Яким чином здійснюється оброблення зубців методом обкочування?
4. Які відомі способи нарізання зубців черв'ячною фрезою і в чому їх особливості?
5. У чому полягає оброблення зубців довбачами?
6. Яким чином і за яких умов здійснюється накочування зубців?

7. Які особливості нарізання зубців конічних зубчастих коліс?
8. Чим відрізняється метод копіювання від методу обкочування при нарізанні зубців? Який метод є продуктивнішим?
9. Яким чином здійснюється притирання і припрацювання зубців?
10. Який порядок оброблення зубчастих коліс є найбільш раціональним?
11. Якими способами обробляються шпонкові канавки на валах?
12. Які методи утворення шліців на валах вам відомі?
13. Які застосовують схеми шліфування шліців?
14. Яким чином здійснюють накочення, протягування та стругання шліців?

2.14. Особливі методи оброблення деталей

У сучасному машинобудуванні застосовують фізико-хімічні методи оброблення матеріалів як доповнення, а інколи для заміни традиційних методів. Вони мають такі переваги: за ними можна копіювати складну форму інструменту зразу по всій поверхні заготовки; оброблення заготовки виконується практично незалежно від твердості і в'язкості матеріалу; можна виконувати унікальні роботи (оброблення отворів з криволінійною або спіральною віссю, вузьких і глибоких канавок); малі значення сил, що діють на заготовку під час оброблення, а при деяких методах відсутність контакту інструменту і заготовки; використовується інструмент, м'якший ніж оброблюваний матеріал; висока продуктивність оброблення при порівняно високій точності одержуваних розмірів; можливість автоматизації процесів. Недолік фізико-хімічних методів оброблення в тому, що ці процеси більш енергомісткі ніж оброблення різанням, тому їх доцільно застосовувати лише в тих випадках, коли оброблення різанням малоефективне або неможливе.

Усі фізико-хімічні методи оброблення містять п'ять основних видів, кожен з яких складається з декількох різновидностей: електроерозійні, електрохімічні, ультразвукові, променеві і комбіновані методи оброблення. Згідно з цими методами знімання припуску здійснюється не внаслідок великих пластичних деформацій, а шляхом електричної або хімічної ерозії. Ці методи є економічно ефективними при обробленні складних поверхонь на твердих матеріалах (прес-форми, штампи, твердосплавний фасонний інструмент).

Електроерозійні методи оброблення ґрунтуються на використанні явища електричної ерозії – напрямленої локальної дії руйнування електропровідних матеріалів у результаті теплової дії імпульсних електричних розрядів між електродом-інструментом і електродом-заготовкою. З цих методів найбільшого поширення набула електроіскрова обробка. Електрод-інструмент і оброблювана заготовка занурені в робочу рідину (масло) і з'єднані з генератором електричних імпульсів. Усі процеси відбуваються в міжелектродному проміжку Δ .

Електричні розряди виникають при пропусканні імпульсу електричного струму в зазорі шириною 0,01...0,05 мм між електродам-заготовкою і електродом-інструментом. Під дією електричних розрядів матеріал заготовки плавиться, випаровується і виноситься з міжелектродного проміжку в рідкому або газоподібному стані. На електроди (матеріал та інструмент) подається змінний (пульсуючий) струм. При досягненні напруги, яка дорівнює пробивній, між заготовкою та інструментом утворюється канал провідності у вигляді заповненого плазмою простору малого перерізу і густина струму досягає 8000...10000 А/мм². Висока густина струму підтримується протягом 10^{-5} ... 10^{-8} с і забезпечує температуру на поверхні заготовки 10000...12000 °С. Метал плавиться, випаровується і застигає в рідині у вигляді сферичних гранул діаметром 0,01...0,05 мм. У кожний наступний момент імпульс струму пробиває міжелектродний зазор у тому місці, де проміжок між електродами найменший.

Під час розряду на заготовку та інструмент разом з теплом діють електростатичні, електродинамічні сили, а також гідродинамічні сили, що виникають при кавітаційному закриванні бульбашок, що утворюються в рідині.

Режим електроерозійного оброблення (ЕЕО) характеризується полярністю і електричними параметрами імпульсів струму, що визначають продуктивність і якість обробленої поверхні. Режими електроерозійного оброблення поділяють на електроіскрові і електроімпульсні.

Електроіскрові режими характеризуються використанням іскрових розрядів малої довжини 10^{-5} ... 10^{-7} с при прямій полярності електродів (заготовка +, інструмент -). Залежно від потужності іскрових розрядів режими поділяють на жорсткі і середні (для попереднього оброблення) і м'які – для чистового оброблення ($R_a = 0,01$ мкм).

Електроіскрові режими (рис. 2.66) використовуються для оброблення твердих сплавів, важкооброблюваних матеріалів і сплавів, оброблення наскрізних і глибоких отворів довільного поперечного перерізу. Для утворення електричних імпульсів на верстатах встановлено RC-генератори, які складаються з зарядного і розрядного контурів.

Зарядний контур містить конденсатор C , який заряджається через опір R від джерела

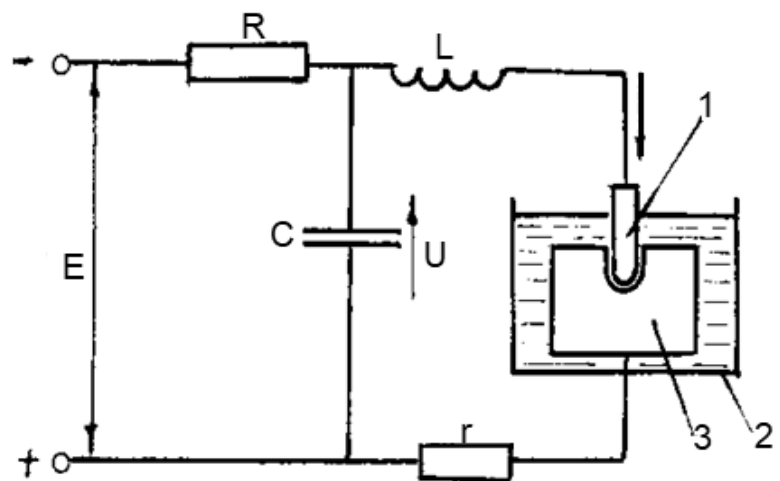


Рис. 2.66. Схема електроіскрового оброблення

постійної напруги 100...200 В, а в розрядний контур паралельно з конденсатором C підключено електроди: 1 – інструмент і 2 – заготовка. Як тільки напруга на конденсаторі досягає пробійної, то через міжелектродний простір проходить іскровий розряд, накопичений на конденсаторі C . Продуктивність регулюється опором R . Оброблюваність матеріалів електроіскровим способом залежить від теплофізичних властивостей матеріалу і умов проходження процесу. Чим менша теплопровідність, тим краще матеріал обробляється.

Різновидністю електроіскрових режимів є високочастотні режими, при яких використовують імпульсні генератори малої енергії з частотою 100...150 кГц. Високочастотна імпульсна обробка забезпечує високу точність оброблення і кращу якість поверхні. Розрядження проходить при замиканні первинного ланцюга імпульсного трансформатора перебивачем (тиратроном або вакуумною лампою). Принципову схему високочастотного електроіскрового оброблення показано на рис. 2.66.

Електроімпульсні режими оброблення характеризуються використанням імпульсів значної довжини 0,5...10 с, які відповідають дуговому розряду між електродами і більш інтенсивному руйнуванню катода. Тому заготовка приєднується до катода, що забезпечує вищу продуктивність (у 8 – 10 разів) і менше зношування інструменту, але меншу точність, тому використовується як попереднє оброблення.

Різновидом електроіскрової обробки є обробка непрофільованим електродом – тонким дротом діаметром 0,05...0,3 мм з переміщенням по двох координатах (рис. 2.67). Цей вид обробки дає змогу вирізати з високою точністю складні контурні деталі при використанні коротких імпульсів малої енергії. Дріт 3 одержує безперервний рух від роликового

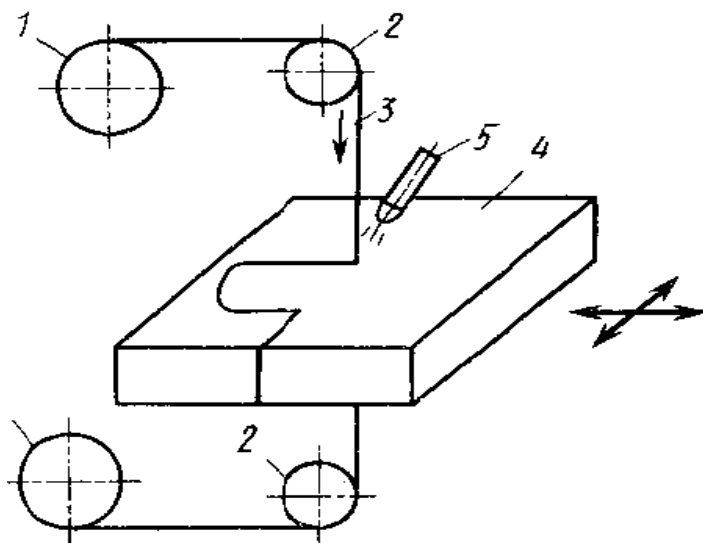


Рис. 2.67. Схема електроерозійного оброблення

механізму 1-2-6. Оброблювана заготовка одержує безперервну поздовжню або поперечну подачу (або по криволінійній траєкторії). Через трубку 5 подається рідина.

Технологія ЕЕО розвивається в двох напрямках: 1) оброблення великогабаритних деталей, наприклад штампів вагою до 50 тонн; 2) виготовлення точних деталей порівняно невеликих розмірів. За останні 10–15 років точність ЕЕО зросла в два рази і при обробленні нескладних деталей становить

декілька мікрометрів. На верстатах із застосуванням непрофільованого інструменту широко застосовуються системи програмного керування з оптимізацією параметрів оброблення. В Японії і США більше половини всіх штампів виготовляють електроерозійними способами.

Електрохімічне оброблення (ЕХО) ґрунтується на використанні процесу електролітичного полірування, де використовується явище електролізу – хімічного перетворення на поверхні електродів в середовищі електроліту. В основі ЕХО лежить процес анодного розчинення металу заготовки. У робочому середовищі – електроліті молекули речовини розпадаються на електрично заряджені частинки – іони, кожен з яких переносить один або декілька електричних зарядів, і без зовнішнього електричного поля іони в електроліті рухаються хаотично.

Якщо заготовку та інструмент з'єднати з джерелом постійного струму ($U = 6 \dots 12 \text{ В}$), то в електроліті буде напрямлений рух електронів: позитивні заряди (катіони) ідуть до катода, а електрони – до анода. Біля електродів поступово збільшується концентрація іонів протилежного знака. На катоді починається виділення катіонів, а на аноді – окиснення металу (анодне розчинення). Фактично продуктивність є нижчою через забруднення анода продуктами розпаду.

Оброблення при малій густині струму і нерухомому електроліті називається електрополіруванням. Деталь поміщають у розчин (+), а катодом є пластина, яка не взаємодіє при хімічній реакції з електролітом (-). При проходженні струму найбільш інтенсивно розчиняються виступи нерівностей.

Анодно-механічна обробка, при якій продукти анодного розчинення видаляють завдяки механічній дії диска або стрічки, застосовується в заготівельних цехах при розрізанні важкооброблюваних матеріалів на заготовки.

Електроабразивна обробка (електроалмазна) виконується абразивним інструментом на металічній зв'язці, застосовується в інструментальних цехах при виготовленні фасонного інструменту.

Ультразвукові методи оброблення ґрунтуються на використанні енергії ультразвукових коливань частотою $16 \dots 44 \text{ кГц}$. Інтенсивність – більше 10 Вт/см^2 . Джерелом ультразвукових коливань є п'єзокерамічні перетворювачі, що збуджуються ультразвуковим генератором.

Застосування ультразвукової обробки:

1. Оброблення незакріпленим абразивом для зняття дрібних задирок (менше $0,1 \text{ мм}$) і шліфування дрібних деталей масою $10\text{-}20 \text{ г}$ (рис. 2.68, а).
2. Розмірне оброблення деталей з твердих крихких матеріалів абразивною суспензією (рис. 2.68, б).
3. Очищення і змащування робочої поверхні круга під час чистового шліфування в'язких матеріалів.
4. Надання вимушених ультразвукових коливань малої амплітуди для інтенсифікації звичайних процесів різання важкооброблюваних матеріалів.

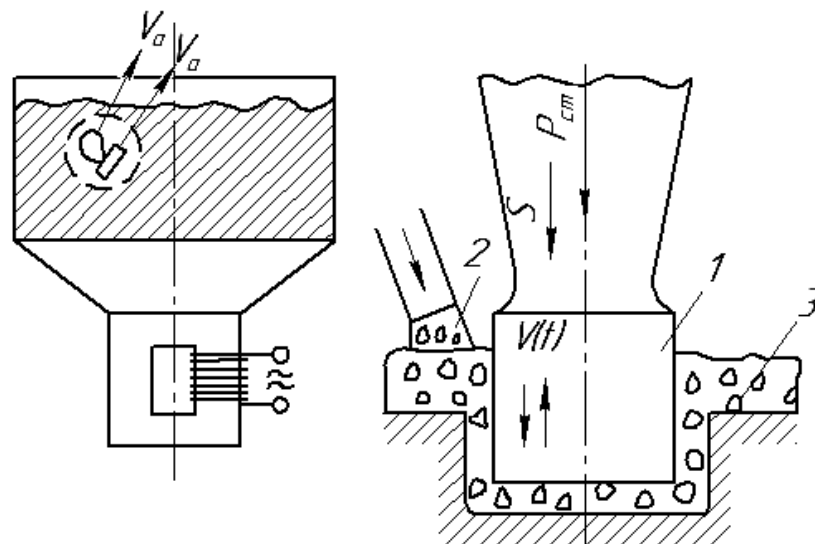


Рис. 2.68. Схема ультразвукового оброблення

Схему розмірного оброблення показано на рис. 2.68. Інструмент 1 здійснює ультразвукові коливання з амплітудою 0,02...0,05 мм і діє на заготовку 3 з невеликою статичною силою $P = 30...200$ Н. У робочу зону подаються абразивні зерна (водний розчин карбіду бору).

Тут мають місце два процеси: 1. Ударне вдавлення абразивних зерен, яке спричиняє виколування невеликих частинок матеріалу заготовки. 2. Циркуляція і зміна абразиву в робочій зоні для винесення виколотих частинок і подачі нового абразиву.

Головний рух – коливання інструменту, швидкість коливання

$$V = \frac{4fA}{1000},$$

де f – частота коливань, Гц; A – амплітуда коливань, мм. Подача може бути поздовжня, поперечна і кругова.

Продуктивність і якість обробленої поверхні залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, амплітуди коливань і статичного навантаження P .

Продуктивність $V = et^2$, тут t – критерій крихкості матеріалу (відношення опору зсуву до опору на розрив). Матеріали, що мають $t \geq 2$ (скло, кераміка, кремній, германій), добре обробляються ультразвуком. Зі збільшенням частоти коливань, їх амплітуди і зернистості абразиву збільшується продуктивність. При обробленні глибоких отворів суспензію подають під тиском.

Перспективним є суміщення електрохімічного і ультразвукового способів оброблення, що дає змогу значно підвищити продуктивність процесу і якість поверхневого шару. При цьому значно зменшуються зношування інструменту (в 5 – 6 разів) і енергоємність процесу (в 3 – 5 разів).

Променеві методи оброблення містять видалення металу плавленням

і випаровуванням під дією енергії променевих потоків і високоенергетичних струменів з питомою густиною енергії $10^6 \dots 10^9$ Вт/см². Основні різновиди: електронно-променеве і світло-променеве (лазерне) оброблення. Особливість цих видів оброблення у тому, що імпульси енергії короткі: $\tau \leq 10$ мкс.

Електронно-променеве оброблення (ЕПО) базується на принципі видалення речовини під дією сфокусованого пучка електронів – випаровування або сублімація речовини з точки дотику електронного променя (локальне нагрівання завдяки перетворенню кінетичної енергії на теплову). Дуже великі швидкості (до 10 км/с) можна надати електронам у вакуумі при використанні високих напруг прискорення. Для забезпечення роботи в камері установки необхідно створити вакуум 10^{-5} мм рт.ст. ($1,33 \cdot 10^{-2}$ Па).

Схему установки електронно-променевого оброблення показано на рис. 2.69. Схема електронно-променевої установки: 1 – генератор імпульсів; 2 – імпульсний трансформатор; 3 – джерело напруги збудження і розжарювання; 4 – катод; 5 – джерело високої напруги; 6 – електромагнітне юстирування; 7 – діафрагма; 8 – коректор зображення; 9 – магнітна лінза; 10 – джерело живлення лінзи; 11 – контрольний контур; 12 – катодний осцилограф; 13 – оброблювана деталь; 14 – робочий стіл.

Режим оброблення електронним променем визначається силою струму в промені I , напругою прискорення U , густиною енергії в фокальній точці q , часом дії імпульсу τ і частотою імпульсів f , а також швидкістю переміщення променя відносно заготовки.

Залежно від густини енергії q механізм видалення матеріалу заготовки може бути різним: термічним, крапельним, пароструменевим і вибуховим. Найбільш ефективним є вибуховий ($q > 10^6$ Вт/см²), коли передача енергії твердому тілу здійснюється періодично тепловими вибухами і швидкість виділення теплоти значно вища швидкості її відведення (вибухове випаровування). Утворюється ударна хвиля, яка генерує і скеровує в глибину тіла потік дислокацій і ініціює процес плавлення. Цим способом можна обробляти електропровідні і неелектропровідні матеріали з різними механічними

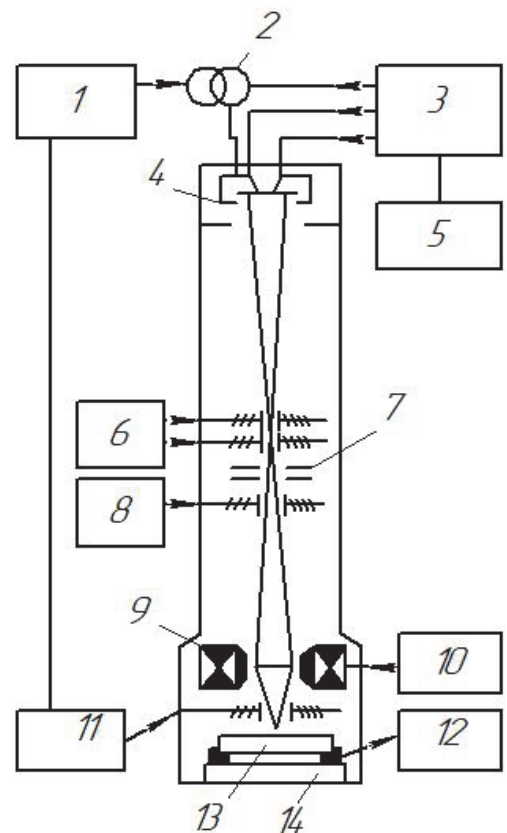


Рис. 2.69. Схема променевого оброблення

властивостями. Краще обробляються електропровідні, оскільки немає статичного розряду.

Переваги електронно-променевого оброблення: висока продуктивність, відсутність хімічної взаємодії, можливість оброблення важкодоступних місць, малих отворів, вузьких канавок. Недоліки: дороге обладнання, необхідність захисту обслуговуючого персоналу від рентгенівського випромінювання.

Відкриття лазерів на початку 60-х років минулого століття стало початком нової епохи у сучасній фізиці: зародилась і почала швидко розвиватись нова область науки – квантова електроніка, яка дала змогу створити надзвичайно концентровані потоки енергії. У 1964 році фірма "Жилет" використала рубіновий лазер для пробивання отворів у лезах бритви. Пізніше їх почали використовувати для пробивання отворів у каменях для годинників. Поява в кінці 70-х і на початку 80-х років потужних газових лазерів (на базі CO_2) стимулювала подальше їх використання у промисловості для зварювання металевих матеріалів, різання тонколистового матеріалу, у тому числі кераміки.

Лазерний (оптичний квантовий генератор) – пристрій, який генерує когерентні електромагнітні хвилі завдяки вимушеному випромінюванню або вимушеному розсіюванню світла активним середовищем, яке знаходиться в оптичному резонаторі. Схему оптичного квантового генератора (ОКГ) показано на рис. 2.70.

Короткі спалахи газорозрядної лампи збуджують частину атомів

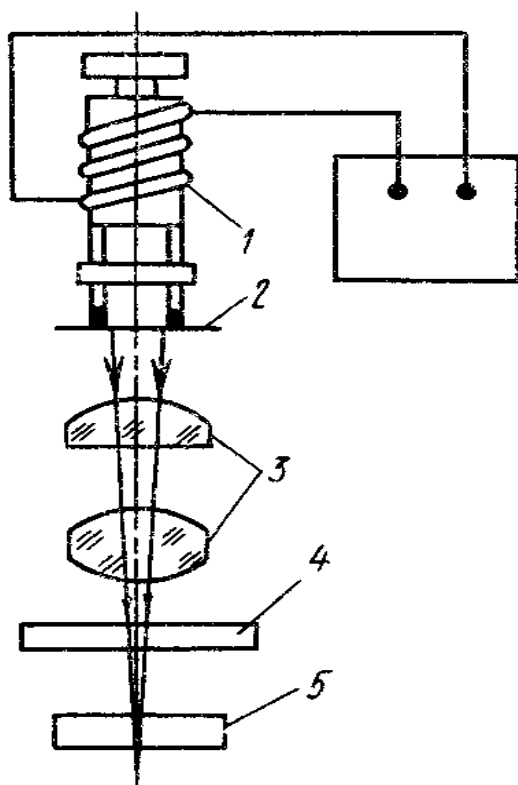


Рис. 2.70. Схема роботи твердотільного лазера

хрому рубінового стрижня 1, переводячи їх у більш високий енергетичний стан. Збуджені атоми можуть передавати енергію сусіднім атомам. Хвиля, що іде вздовж осі кристала, багатократно відбивається від його плоскопаралельних торців і швидко підсилюється. Через напівпрозорий нижній торець виходить потужний імпульс червоного світла, проходить через діафрагму 2, оптичну фокусну систему 3 і закріплене скло 4 на поверхню оброблюваної деталі 5. Енергія випромінювання ОКГ невисока: 10...100 Дж, а ККД – 0,1...1 %. Температура в точці попадання променя – 5500 – 9000 К достатня для плавлення металу. У момент закінчення дії світлового імпульсу форма отвору визначається геометрією променя. Але до моменту

затвердіння в результаті перерозподілу рідкої фази форма отвору суттєво змінюється через неповне видалення рідинної фази. При імпульсах довжиною $\tau > 0,8$ мс збільшується зона структурних змін і на стінках отворів можуть з'явитися дефекти у вигляді мікротріщин.

При багатоімпульсному світлопроменевому обробленні (СПО) формування отворів відбувається шляхом пошарового випаровування матеріалу кожним наступним імпульсом. Зменшення часу імпульсу і збільшення кількості енергії в локальній точці q сприяє різкому зменшенню розплаву і підвищенню технологічних показників.

Лазерні установки, що освоєні в 1987 – 1990 роках використовуються у промисловості, при порівняно невеликих потужностях можуть забезпечити концентрацію енергії (інтенсивність) $q = 10^{10}$ Вт/см² при імпульсному режимі і до $q = 10^7$ Вт/см² при неперервному випромінюванні. Це дає змогу плавити і випаровувати будь-які матеріали і, відповідно, легко обробляти звичайні матеріали і надтверді матеріали, у тому числі керамічні й композиційні. Малий розмір світлової точки опромінення і можливість його переміщення по поверхні оброблюваної заготовки з точністю $10^{-1} \dots 10^{-2}$ мм створює унікальні технологічні можливості. Лазерні установки легко можуть бути повністю автоматизовані і працювати в режимі з програмним керуванням.

Похибки лазерного оброблення отворів при правильному виборі режиму становлять 8...10 % від номіналу. Область застосування СПО приблизно така, як і електронно-променевого. Але електронний промінь інерційний і проникає в метал глибше. СПО не шкідливе для обслуговуючого персоналу (відсутнє рентгенівське випромінювання), можна обробляти габаритні деталі, немає вакуумних камер, оброблення виконується в повітряному середовищі.

Недоліки СПО: порівняно невелика потужність випромінювання, ККД квантових генераторів – 1...2 %, перегрівання кристала і труднощі його охолодження, порівняно низька точність оброблення. Використання лазерних технологій є ефективним у тих випадках, коли інші способи оброблення важко або неможливо використати.

Плазма – це високотемпературна, дуже іонізована речовина. Іонізація виникає внаслідок дії високої температури електричної дуги або електричного поля високої частоти. Залежно від збудження плазму називають високочастотною або дуговою. У більшості випадків для різання металів використовується дугова плазма. Пристрій, в якому одержують плазму, називають плазмотроном. Для різання металів використовуються плазмотрони прямої дії, в яких електрична дуга виникає між вольфрамовим електродом і оброблюваною заготовкою. Стискається вона водоохолоджувальним кільцем, розміщеним на плазмотроні, і струменем інертного газу (аргону або азоту). Частина газу проходить через стовп стисненої дуги, іонізується і виходить у вигляді плазмового струменя. Температура плазмового струменя може досягати 30000 °С. Часто

плазмове оброблення використовується для розрізання товстого листового прокату на заготовки. Якість оброблення поверхонь при цьому невисока, але забезпечується висока продуктивність, можна виготовляти заготовки складного профілю, у цьому разі плазмотрон рухається за заданою програмою.

Запитання для самоконтролю

1. Суть електроерозійного методу оброблення.
2. Суть електрохімічного методу оброблення.
3. Суть ультразвукових методів механічної оброблення.
4. Суть променевих методів розмірної оброблення.

2.15. Оброблення легкооброблюваних матеріалів

Пластичні маси (пластмаси) – неметалічні матеріали, які одержують на основі високомолекулярних сполук полімерів.

Їх застосовують як замітники металів. Використання пластмас в машинобудуванні дає змогу знизити вагу, скоротити трудомісткість і витрати на виготовлення машин і їх деталей.

Пластмаси мають ряд переваг перед традиційними конструктивними матеріалами:

- низька густина;
- висока хімічна стійкість;
- високі антифрикційні властивості;
- високі фрикційні властивості;
- діелектричні властивості;
- високі шумопоглинальні і звукоізолюючі властивості;
- вібростійкість.

Пластмаси мають такі недоліки:

- низька теплостійкість (60...200 °C);
- низька теплопровідність;
- невелика поверхнева твердість (НВ 56...60);
- малий модуль пружності (на два порядки менше, ніж у металів).
- старіння (погіршує комплекс їх властивостей на 20...30 % і більше).

При обґрунтованому виборі матеріалу застосування пластмас дає змогу значно збільшити надійність і довговічність машин. Пластмаси, одержані зі штучних і природних смол і їх сумішей з різними речовинами, формують пресуванням, литтям і витискуванням. Вони мають цінні фізико-механічні властивості, з них легко виготовити деталі складної конструкції. Пластмаси широко застосовують в машинобудуванні. З пластмас виготовляють широку номенклатуру різних деталей: пробки, заглушки, прокладки, вкладиші для підшипників, сепаратори, безшумні зубчасті колеса, лопаті вентиляторів, шків, бампери, важелі і т. п.

Пластичні маси розрізняють за властивостями і методами оброблення. Залежно від властивостей розрізняють такі пластмаси:

- термореактивні (термонеоборотні); до них належать фенопласти і амінопласти різних марок (скловолокніти, прес-матеріали, текстоліти та ін.);

- термопластичні (термооборотні); до них належать поліетилен, поліпропілен, полістирол, фторопласт, капрон, полікарбонад, поліхлорвініл та ін.

За методами оброблення пластмаси поділяють на чотири групи:

- для пресування: термореактивні порошки, просочені смолою шаруваті матеріали пресування, матеріали пресування на основі мінеральних наповнювачів та ін.;

- термопластичні матеріали — етрол, полістирол, поліхлорвініл та ін.;

- для лиття без застосування тиску: термореактивні і литі смоли, фенолові формальдегіди;

- для штампування, виливного і вакуумного формування: органічне скло, ефіри целюлози та ін.

Деталі з пластмас виготовляють в основному в спеціальних металевих прес-формах. Розрізняють прес-форми для компресійного і виливного пресування і для лиття під тиском.

Для компресійного і виливного пресування використовують гідравлічні преси зусиллям до 10000 кН.

При цьому певна кількість пластмаси під впливом нагрівання і тиску заповнює робочу порожнину прес-форми; після витримки прес-форму розкривають і готова деталь виштовхується з форми.

Виливне пресування здійснюють на звичайних гідравлічних пресах. Таким методом виготовляють деталі вищої точності, ніж компресійним пресуванням.

Лиття під тиском застосовують для отримання деталей з термопластичних мас. Його виконують на спеціальних автоматичних і напіваавтоматичних машинах. Лиття під тиском – процес продуктивніший порівняно з попередніми і дає змогу отримати деталі найскладнішої конфігурації.

Визначальними чинниками технологічного процесу оброблення різанням заготовок з пластмас є їх фізико-механічні властивості.

Пластмаси як конструкційний матеріал має низький опір стисненню і зрізу, що дає змогу при їх обробленні різанням застосовувати високошвидкісні режими різання, а їх низька теплопровідність і теплостійкість обмежує можливість застосування цих швидкостей різання.

До складу пластмас входять сполуки, які мають високі абразивні властивості, що знижує стійкість різального інструменту, тому при їх обробленні різанням доцільно застосовувати різці, оснащені пластинками з твердого сплаву.

Запитання для самоконтролю

1. Короткі відомості про пластмаси.
2. Методи виготовлення деталей з пластмас.
3. Оброблення пластмас різанням.

2.16. Комплексна технологія механічного оброблення типових деталей. Оброблення деталей типу «вал»

У машинах застосовують вали та осі різноманітних конструктивних форм та розмірів: гладкі, ступінчасті з двостороннім та одностороннім розташуванням ступенів, колінчасті, фланцеві, ексцентрикові, рифлені. Деякі вали виготовляють порожнистими із сталевих труб. Широко використовують порожнисті вали збірної конструкції (зварні). Указані види валів розрізняють за точністю оброблення найбільш відповідальних поверхонь (опорних і посадкових шийок).

Найбільш просту геометричну форму мають прямі гладкі вали постійного діаметра, проте їх застосування обмежене. Найбільш поширені східчасті вали, основними технологічними параметрами яких є загальна довжина вала, кількість уступів, нерівномірність їх перепаду за діаметром, діаметр найбільшого уступу, наявність шліців та їх форма.

Найбільш технологічними є вали зі зростаючими або спадаючими діаметрами ступенів, причому мають бути дотримані стандартні розміри діаметрів. Ділянки вала, що мають один номінальний розмір, але різні посадки, мають бути розділені канавками, що чітко розмежовують оброблювані поверхні. Вал виконується таким, щоб можна було обробити ступені на прохід та забезпечити зручний підхід і вихід інструменту.

Технічні вимоги до валів харчових машин зазвичай передбачаються в робочих та складальних кресленнях. Проте є вимоги, які можна вважати загальними та найбільш важливими для всіх видів валів:

- 1) діаметральні розміри посадкових шийок мають бути витримані за 6...9-м квалітетами;
- 2) відхилення форми – овальність, конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність – мають знаходитися в межах допусків на діаметральні розміри;
- 3) биття посадкових шийок не має перевищувати 10...30 мкм;
- 4) шорсткість поверхні посадкових шийок має знаходитися в межах $Ra = 1,25...0,16$ мкм;
- 5) матеріал для валів не повинен мати раковин, тріщин та інших дефектів.

Матеріалом для валів в основному є сталь, марки якої залежно від умов експлуатації вибирають від конструкційних вуглецевих до високолегованих хромистих, хромонікелевих, хромомолібденових сталей,

що задовольняють особливо високі вимоги (коли вали передають великі навантаження або піддаються підвищеному зношуванню). В окремих випадках вали виготовляють з модифікованого або спеціального чавуну.

Заготовками сталевих валів можуть бути шматки прокату, поковки, гарячі штамповки, відливки. Вибір виду заготовки залежить від конфігурації та розмірів деталі, обсягу виробництва та вимог до міцності. Для гладких валів застосовують прутки круглого перерізу, що калібруються. Оскільки прутки виготовляють із високою точністю (від 12-го до 7-го квалітетів), то у багатьох випадках зникає необхідність в обробленні зовнішньої циліндричної поверхні.

Ступінчасті вали з невеликою різницею між діаметрами ступенів виготовляють зазвичай із прутків гарячекатаної сталі, вартість якої менша вартості каліброваної внаслідок використання прокату меншої точності.

Заготовки для ступінчастих, фланцевих, колінчастих, ексцентрикових валів та кулачків з великою різницею між ступенями одержують вільним куванням. Заготовки, отримані гарячим штампуванням, рідше використовують для валів, оскільки це пов'язано з виготовленням дорогих штампів, що виправдовується лише для значних партій деталей.

У разі використання методів пластичної деформації (кування) поліпшується структура та механічні властивості деталі, тому для відповідальних та сильно навантажених валів як заготовки застосовують поковки та штамповки навіть тоді, коли конфігурація деталей допускає застосування прокату (для валів сепараторів та центрифуг).

Заготовками для чавунних валів є відливки, що дає змогу значною мірою наблизити конфігурацію та розміри заготовок до конфігурації та розмірів готової деталі, унаслідок чого зменшується кількість стружки, що знімається.

Отримання заготовок валів з прокату складається з двох етапів: правки прутків та розрізання. Правкою досягається усунення вигнутості, яка виникає під час плющення прутків, транспортування та зберігання. Правку прутків до розрізання здійснюють на правильних верстатах, у разі незначного обсягу виробництва – на гідравлічних або ручних гвинтових пресах. Прутки поставляються металургійними заводами відрізками великої довжини, тому їх необхідно розрізати на шматки довжиною відповідно до довжини деталей, що виготовляються.

Механічному обробленню поверхонь вала передують утворення єдиної бази для установлення оброблюваної заготовки вала на всіх операціях. Основними базами є торцеві поверхні та центрові отвори (рис. 2.71), від точності виконання яких залежить і точність подальших операцій.

До центрових отворів ставлять такі основні вимоги:

- 1) конусність отворів та центрів верстата мають збігатися;
- 2) обидва отвори повинні мати загальну осьову лінію;
- 3) в усіх деталях партії заготовок глибина центрових отворів має бути

однаковою;

4) осі отворів та центрів мають збігатися.

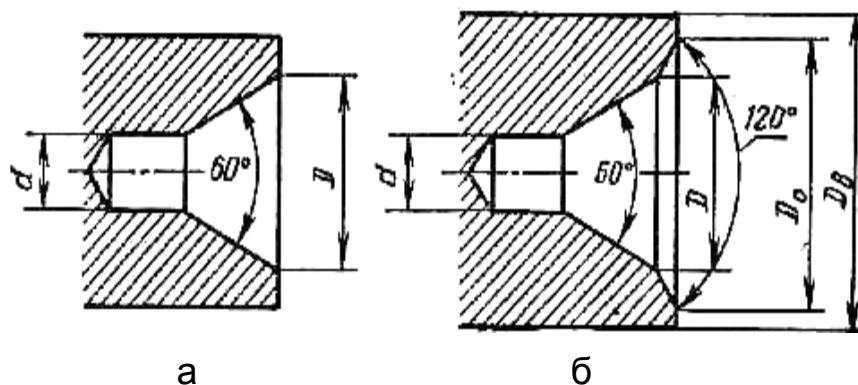


Рис. 2.71. Центрові отвори: а – без запобіжного конуса;
б – із запобіжним конусом

Центрування валів виконують на токарних, токарно-револьверних і вертикально-свердлувальних верстатах спіральними свердлами з подальшим роззенкуванням конусів конічними зенківками з кутами 60° та 120° (рис. 2.72, а) або centruвальними свердлами (рис. 2.72, б, в). Друга конічна поверхня з кутом 120° робиться для уникнення появи на торцях вала задирок за невеликого зношування центрових отворів, збереження їх у разі випадкового пошкодження торців вала і, нарешті, для можливості підрізати ці торці без зменшення опорної поверхні центрових отворів.

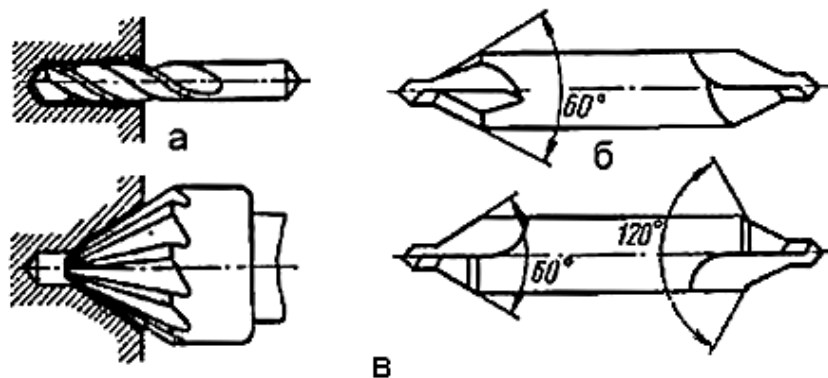


Рис. 2.72. Центрування та центрувальні свердла

Операція центрування на токарному верстаті зазвичай виконується за два установи та містить чотири переходи: підрізання торця вала та зацентрування з одного боку, а потім з іншого. Найбільш продуктивним методом підрізання торців та центрування є метод оброблення на одно- або двосторонніх фрезерно-центрувальних верстатах, де ця операція виконується за один установ (рис. 2.73).

Гладкі вали виготовляють з прокату звичайної твердості. Їх механічне оброблення складається з чорного та чистового обточування зовнішніх

поверхонь для видалення основної частини припуску, нарізання різі, проточування канавок, галтелів та свердлення отворів. Для деяких валів передбачається термічне оброблення. Остаточне оброблення завершується шліфуванням зовнішньої поверхні або опорних шийок.

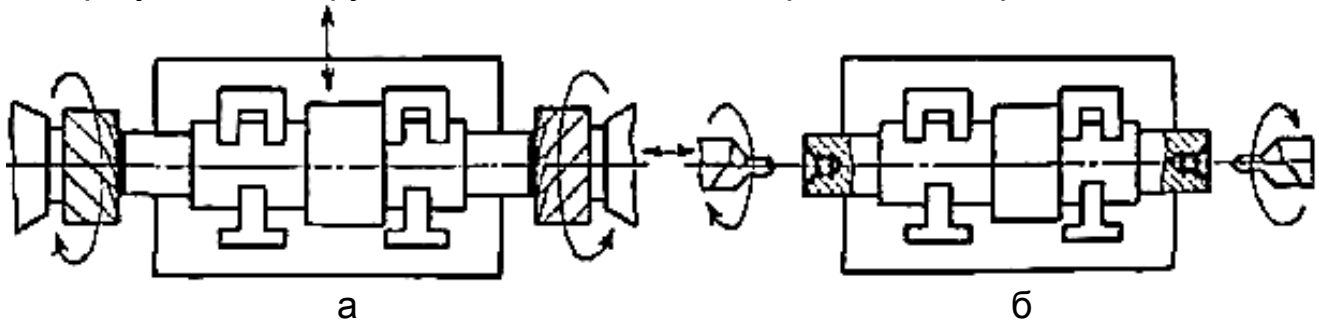


Рис. 2.73. Схеми фрезерування торців на фрезерно-центрувальному верстаті: а – фрезерування торців; б – свердлення центрових отворів

Обточування виконують на універсальних токарних верстатах з установленим вала в центрах із повідковим пристроєм. Жорсткі вали ($\frac{L}{d} \leq 12$) обточуються без додаткових опор (люнетів), а нежорсткі – з рухомим або нерухомим люнетом, а іноді й із застосуванням віброгасильних пристроїв, що підвищує жорсткість системи та дає змогу виконувати оброблення з більшою точністю, проте потрібен додатковий час на їх установлення та попереднє проточування шийок.

Східчасті вали виконують різних форм, із різним розташуванням уступів та точністю виготовлення. Заготовками для валів є сталевий круглий прутковий прокат звичайної точності або поковки.

Основним технологічним завданням, що вирішується під час механічного оброблення ступінчастих валів, є забезпечення розташування осей оброблених уступів вала на одній геометричній лінії для зменшення радіального биття.

Технологічний процес механічного оброблення ступінчастих валів складніший, ніж процес оброблення гладких, оскільки додається точіння канавок, галтелів та уступів з дотриманням допусків на довжину ступенів.

Підготовка заготовок ступінчастих валів до механічного оброблення (правка, підрізання торців та центрування) здійснюється так само, як і заготовок для гладких валів. Залежно від конфігурації, розмірів, шорсткості та величини партії одночасного запуску деталей технологія механічного оброблення валів може значно змінюватися. Для закріплення заготовок застосовують центри або три- та чотирикулачкові патрони.

Оброблення ступінчастих валів виконують на верстатах із програмним керуванням, токарно-револьверних, універсальних токарних та токарних верстатах, обладнаних гідрокопіювальними супортами. Застосування гідрокопіювальних супортів дає змогу скоротити допоміжний час в 3...4 рази порівняно з допоміжним часом у разі оброблення на універсальних токарних верстатах, а також деякою мірою і основний час.

Вали можуть мати шпонкові пази, шліци, отвори, лиски, квадрати, зовнішню та внутрішню різі.

Шпонкові пази фрезерують на універсальних горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами. Врізані шпонкові пази під призматичну шпонку з заокруглювальними кінцями фрезерують кінцевою шпонковою фрезою маятниковим способом.

Шліцьові зуби на валах нарізають після токарного оброблення фрезеруванням або накочуванням (холодним), а потім їх шліфують. Технологія виготовлення залежить від способу центрування (за зовнішнім або внутрішнім діаметром, за шириною шліців), а також необхідності використання термічного оброблення.

Глибокі (осьові похилі) змашувальні отвори на валах свердлять на спеціальних горизонтальних свердлувальних верстатах, застосовуючи спеціальні однокромкові, шнекові або ежекторні свердла для глибокого свердлення з подачею мастильно-охолоджувальної рідини через інструмент. Радіальні отвори для кріпильних деталей (штифтів, шплінтів) свердлять на вертикально-свердлувальних верстатах.

Лиски та квадрати обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах в центрах з використанням ділильних головок.

Зовнішня різь на загартованих валах нарізується до термічного оброблення, на незагартованих – після остаточного шліфування шийок, щоб уникнути зминання різі під час транспортування. У серійному та великосерійному виробництвах різь можна одержати на різетокарних, різенакутувальних та різефрезерних напівавтоматах, токарно-револьверних верстатах та автоматах. У дрібносерійному виробництві нарізання різі виконується на токарно-гвинторізних верстатах з використанням нарізних різців або головок.

Чистове оброблення валів здійснюється точінням та шліфуванням. Чистове точіння забезпечує отримання точності 7...9-го квалітетів та шорсткості поверхні $Ra = 2,5$ мкм, шліфування – точність 6-го квалітету та шорсткість поверхні $Ra = 0,63$ мкм. Оброблення шийок незагартованих валів зазвичай обмежується чистовим точінням. У разі підвищених вимог до якості оброблення валів, коли необхідно одержати поверхню з шорсткістю $Ra = 0,63...0,32$ мкм, застосовують такі фінішні операції, як суперфінішування, полірування, накочування кульками або роликами.

Технологію оброблення гладких валів з гарячекатаного прутка можна показати такою схемою:

1. Відрізання заготовки дисковою пилкою або на токарному верстаті.
2. Підрізання торців та зацентрування на токарному або фрезерно-центрувальному верстаті.
3. Чорнове та чистове обточування на токарних верстатах.
4. Фрезерування шпонкових пазів на фрезерному або шпонково-фрезерному верстатах.
5. Свердлення поперечних отворів на вертикально-свердлувальному

верстаті.

6. Термічне оброблення.

7. Шліфування на кругло- або безцентрово-шліфувальних верстатах. Технологію оброблення ступінчастих валів можна показати такою загальною схемою:

1. Відрізання заготовки (якщо вал виготовляється з прутка).

2. Підрізання торців та центрування вала з двох боків.

3. Обточування вала з обох боків начорно, потім начисто.

4. Нарізання різі.

5. Фрезерування шпонкових пазів або шліців.

6. Термічне оброблення.

7. Правка вала.

8. Шліфування шийок вала.

9. Шліфування шліців.

Нарізання зовнішньої різі на валу можна виконувати і в іншому місці. За наявності інших конструктивних елементів (поперечні отвори, лиски, квадрати) їх виконують у відповідному місці технологічного процесу.

Запитання для самоконтролю

1. Які принципи конструктивно-технологічної класифікації валів?

2. Які технічні вимоги ставляться до валів?

3. Які особливості вибору матеріалу та виду заготовки для валів?

4. З яких етапів складається отримання заготовок із прокату?

5. Як свердлять центрові отвори і яким вимогам вони мають відповідати?

6. Наведіть загальну схему технологічного процесу оброблення гладкого вала.

7. Наведіть загальну схему технологічного процесу оброблення східчастого вала.

2.17. Оброблення деталей типу «втулка» та «диск»

Основною конструктивною особливістю деталей типу втулок та дисків є те, що вони мають загальну вісь зовнішніх і внутрішніх поверхонь (рис. 2.74).

До втулок належать деталі, висота яких дорівнює 1,5...3 внутрішніх діаметри, до фланців – деталі з висотою, значно меншою її зовнішнього діаметра. Зовнішня форма може бути гладкою та ступінчастою, отвори можуть бути циліндричні гладкі, із змащувальними або шпонковими канавками, ступінчасті, конічні, шліцьові (рис. 2.74, а, б). Втулки можуть мати внутрішню та зовнішню різі. До деталей типу втулок належать шків, які можуть бути гладкі, одно- та багатострумкові з трапецеїдальними канавками під клинові ремені (рис. 2.74, в). Отвори шківів виконують

гладкими зі шпонковою канавкою, шліцьовими або конусними.

Різновидами втулок є гідро- та пневмоциліндри (рис. 2.74, г), що характеризуються значною довжиною ($L/D = 8,15$) та високими вимогами до оброблення внутрішньої поверхні циліндрів та точності оброблення.

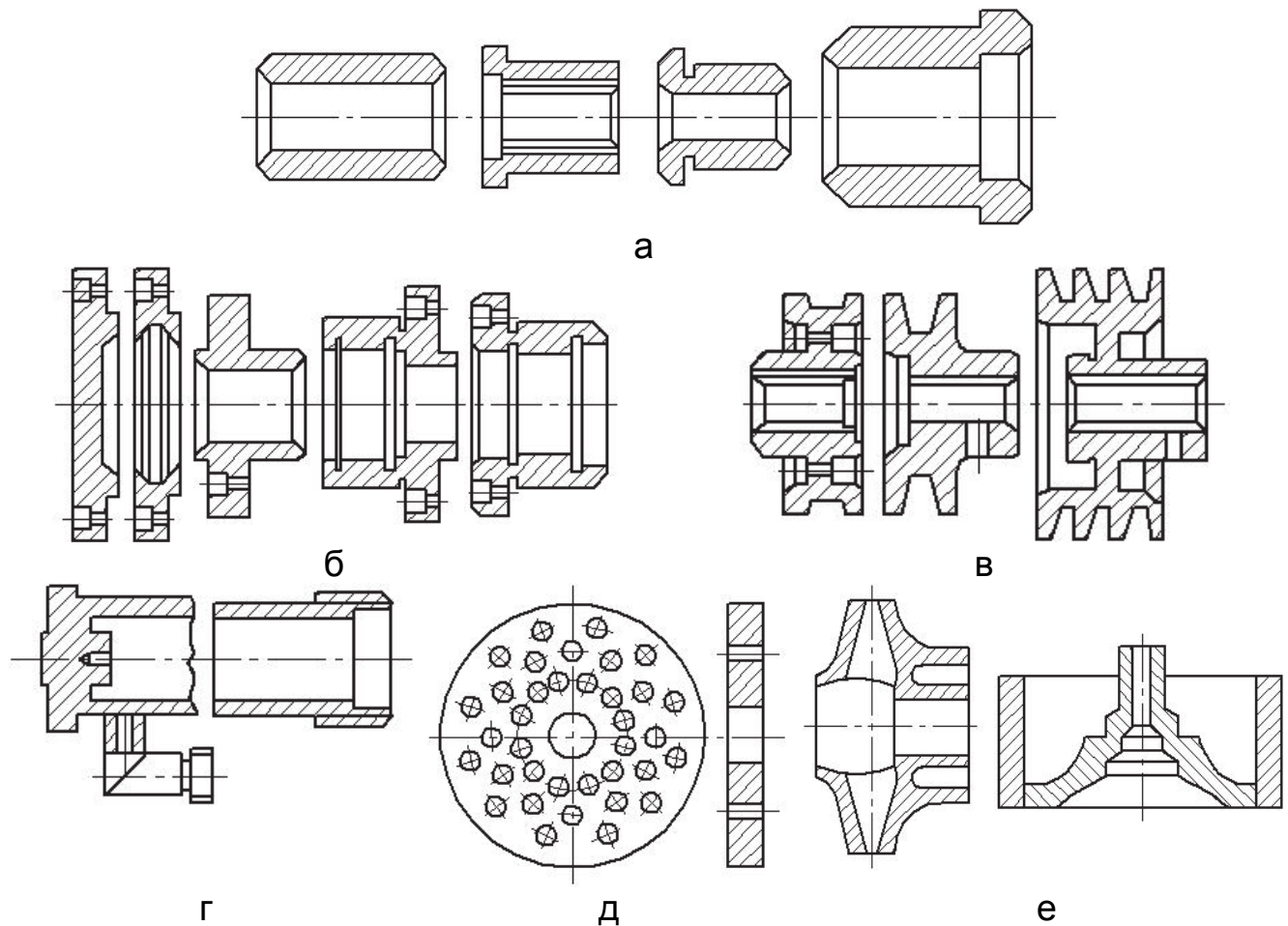


Рис. 2.74. Різновиди деталей типу втулок, барабанів, дисків: а, б – втулки; в – шків; г – циліндр; д – перфорована решітка; е – барабан

Для більшості деталей цього типу технічними умовами встановлюються допуски на розміри та шорсткість зовнішніх та внутрішніх поверхонь, правильність їх геометричної форми, радіальне биття зовнішніх поверхонь відносно внутрішніх, перпендикулярність торцевих поверхонь до осі отвору. До деталей, що швидко обертаються (барабани сепараторів, робочі колеса відцентрових насосів), і ставляться високі вимоги з незрівноваженості.

Втулки виготовляють із чавуну, олов'яної бронзи, латуні та сталі різних марок залежно від призначення та умов їх роботи, фланці – із сірого чавуну СЧ15 або конструкційних сталей 35...40, шківів та маховики – із сірого чавуну. Втулки та фланці виготовляють із штучних заготовок (поковок, штамповок) або з каліброваних прутків та гарячекатаних прутків, труб та порожніх заготовок, одержаних литтям у піщані або металеві

форми.

Основне технологічне завдання під час оброблення втулок та дисків полягає в досягненні концентричності зовнішніх поверхонь отвору та перпендикулярності торців до осі отвору, а під час оброблення тонкостінних втулок – у закріпленні їх без відчутних деформацій.

Існує три схеми отримання концентричності зовнішніх поверхонь отвору та перпендикулярності торців до його осі під час оброблення втулок та дисків:

- 1) оброблення зовнішніх поверхонь отвору та торця за один установ;
- 2) первинне оброблення внутрішньої поверхні та базування по ній за оправкою під час оброблення зовнішньої поверхні та торців;
- 3) первинне оброблення зовнішньої поверхні та базування по ній під час оброблення внутрішньої поверхні та торців.

За першою схемою втулки виготовляють із прутка або труби за один установ з відрізанням обробленої заготовки в кінці виконаної операції. Під час виготовлення втулок із штучних заготовок (відливання, штампування) поверхні, які знаходяться під кулачками патрона, не можуть бути оброблені, тому необхідно передбачити за довжиною припуск на затиск у кулачках.

За другою схемою зовнішні поверхні обробляють на оправках різного типу, тобто витримується правило єдності баз, оскільки конструкторська (отвір) та технологічна бази збігаються. У разі використання оправок досягається високий ступінь концентрації оброблення. За цією схемою зазвичай обробляють деталі з отвором, довжина якого більша за його діаметр.

Третю схему використовують, головним чином, під час виготовлення деталей, довжина отвору яких менша половини його діаметра.

У серійному виробництві втулки та фланці обробляють на токарних, револьверних, карусельних та шліфувальних верстатах.

Механічне оброблення втулок зі штучної заготовки виконують за таким маршрутом:

- підрізання торців, обточування частини зовнішніх поверхонь, розточування отвору та канавок, розгортання отвору;
- обточування зовнішніх поверхонь із припуском під шліфування та підрізання торців;
- оброблення шпонкової або змащувальної канавки (або шліців);
- свердлення отворів;
- шліфування зовнішньої поверхні.

Якщо втулка загартована, то термічне оброблення виконується після свердлення, а потім зовнішнє або внутрішнє шліфування за другою або третьою схемою.

Першу та другу операції в одиничному виробництві виконують на токарних або карусельних верстатах. У серійному та великосерійному

виробництвах першу операцію виконують на револьверних верстатах, а другу – на багаторізцевих. Під час виготовлення втулок із прутка першу та другу операції об'єднують та виконують на револьверних верстатах, при цьому послідовність решти операцій така ж сама.

На револьверних верстатах можна виконувати всі види токарних робіт. Крім того, можна на них одночасно обробляти поверхні декількома інструментами, що дає економію машинного часу. Точність оброблення на цих верстатах знаходиться в межах 11...12-го квалітетів, проте за умови правильного розташування інструменту, якщо забезпечується шорсткість його установлення, точність може бути доведена до 8-го квалітету.

У великосерійному виробництві технологічний маршрут оброблення втулок із штучної заготовки такий:

- свердлення або зенкерування отвору, підрізання торця та зняття фаски на вертикально-свердлувальному верстаті;
- протягування отвору, а також шпонкових канавок і шліців;
- обточування зовнішніх поверхонь на оправці, зняття фасок і підрізання торців на багаторізцевому токарному верстаті;
- зняття фасок в отворі;
- нарізання змащувальних канавок;
- свердлення змащувальних отворів;
- шліфування зовнішньої поверхні втулки.

У деяких випадках багаторізцеве обточування залежно від виду заготовки та форми деталі поділяють на чорнове та чистове.

Фланці, як і втулки, обробляють на токарних, карусельних, револьверних, багаторізцевих верстатах, багатошпиндельних напівавтоматах. Отвори у фланцях свердлять на вертикально-свердлувальних або радіально-свердлувальних верстатах із застосуванням багатошпиндельних головок або групових кондукторів. Технологічні маршрути оброблення фланців аналогічні технологічним маршрутам оброблення втулок.

Оброблення зовнішніх поверхонь дисків виконують на токарно-гвинторізних і карусельних верстатах залежно від розмірів та технічних вимог. Отвори в них обробляють на радіально-свердлувальних або свердлувальних верстатах з ЧПК.

До дисків також належать зубчасті колеса. Матеріал для виготовлення коліс вибирають залежно від їх призначення. Для навантажених передач застосовують цементовані сталі 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 20ХНЗА, 20Х і середньовуглецеві Ст5, 45, 50 та чавуни.

Класифікація та технічні умови виготовлення зубчастих коліс. У механізмах сучасного технологічного та транспортувального обладнання застосовують різноманітні зубчасті колеса (рис. 2.75):

- циліндричні й конічні без маточини та з маточиною, із гладким або шліцьовим отвором;

- багатовінцеві, блочні з гладким або шліцьовим отвором;
- циліндричні, конічні та черв'ячні типу фланця;
- циліндричні та конічні з хвостовиком.

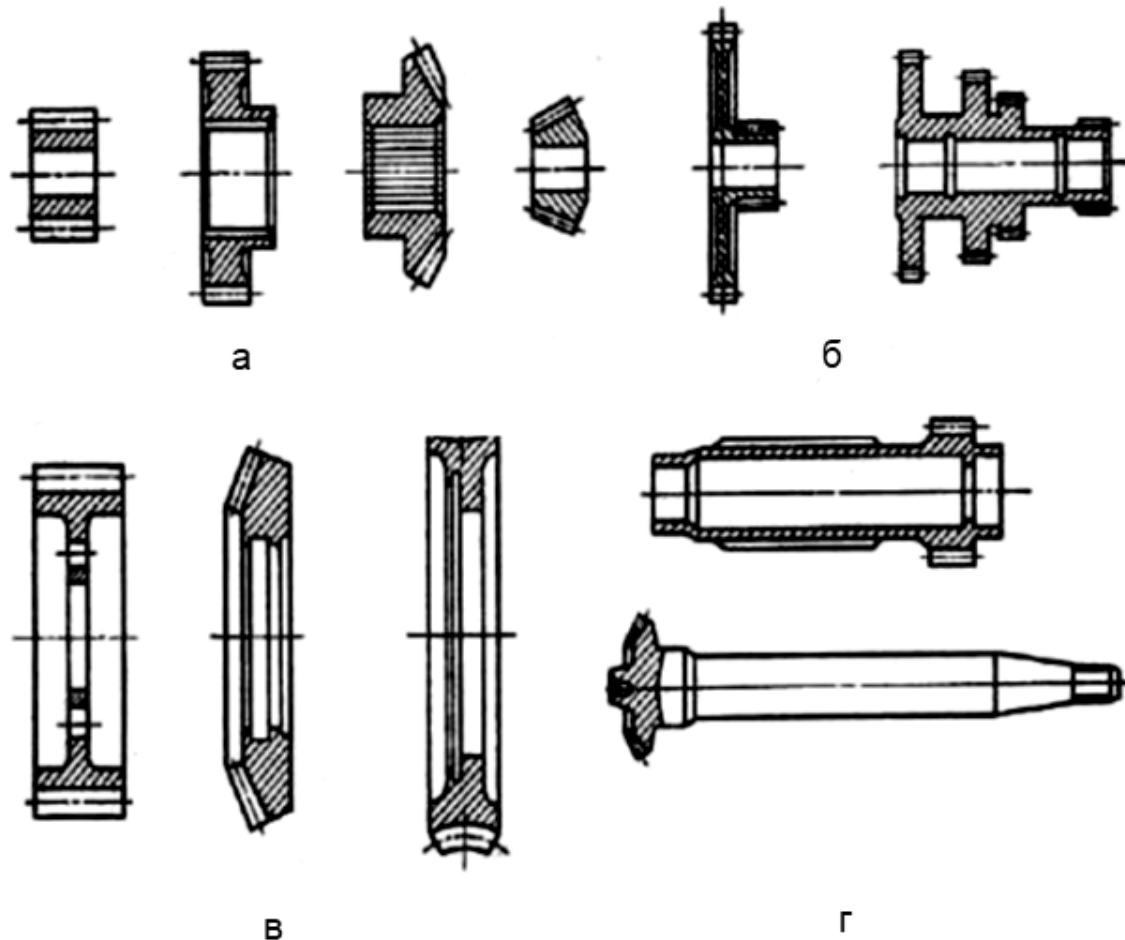


Рис. 2.75. Різновиди зубчастих коліс: а – циліндричні та конічні без маточини та з маточиною; б – багатовінцеві, блочні; в – циліндричні, конічні та черв'ячні типу фланця; г – циліндричні та конічні з хвостовиком

Технологічний процес виготовлення зубчастого колеса можна поділити на чотири основних етапи: чорнове і чистове оброблення заготовки; нарізання зубців; термічне оброблення; оздоблювальні й довідні операції після термічного оброблення.

Технологічний процес оброблення заготовки до нарізання зубців для зубчастих коліс з отвором є ідентичним процесу виготовлення втулок. Оброблення заготовок поділяють на такі операції: попереднє оброблення отвору; остаточне оброблення отвору; попереднє токарне оброблення зовнішніх поверхонь; остаточне токарне оброблення зовнішніх поверхонь.

Виходячи з цього, технологічний процес може бути виконаний двома способами.

За першим способом у заготовці свердлять (зенкують) та протягують отвір (шліци), на оправці обробляють зовнішні поверхні, знімають фаски в отворі, калібрують отвір та обробляють остаточно зовнішні поверхні.

За другим способом у заготовці оброблюють зовнішні поверхні, торець, свердлять (зенкують) отвір, знімають фаски з одного боку, потім заготовку переустановлюють та обробляють з іншого боку. Після цього протягують отвір (шліци) та остаточно обробляють зовнішню поверхню.

Таким чином, за другим способом добре підготовляються база (торець) та отвір під протягування, що дає змогу виключити операцію калібрування шліців після токарного оброблення.

Під час оброблення зубчастих коліс як циліндричних, так і конічних, базування виконується за центровими отворами або за точно обробленим отвором зубчастого колеса.

Циліндричні та конічні колеса з хвостовиком (валиком) обробляються в центрах. Оброблення зубчастих коліс цього типу практично не відрізняється від оброблення звичайних валиків.

Токарне оброблення залежно від серійності виробництва може бути виконано на верстатах: токарних багатошпиндельних вертикальних, багаторізцевих, револьверних та на верстатах із ЧПК.

Необхідно зазначити, що для всіх типів зубчастих коліс останньою операцією перед нарізанням зубців часто є шліфування торця або його остаточно підрізання, що забезпечує перпендикулярність торця до осі отвору зубчастого колеса та точність нарізання зубців.

Основними чинниками, що впливають на характер технологічного процесу оброблення зубчастих коліс, є конструкція та розміри зубчастого колеса, вид заготовки і матеріал, вимоги до точності та якості оброблення колеса. Конструкція колеса суттєво впливає на послідовність його оброблення і вибір необхідного обладнання, спосіб нарізання зубців. Наприклад, у разі незначної відстані між двома зубчастими вінцями їх оброблення здійснюють на зубодовбальному верстаті, за достатньої відстані використовують фрезерування зубців. Це також стосується й оздоблювальних операцій – шліфування і шевінгування зубців.

Запитання для самоконтролю

1. Які технологічні особливості мають деталі типу втулок, барабанів, дисків?
2. Які матеріали і види заготовок застосовують для виробництва деталей типу втулок, барабанів, дисків?
3. Яке основне технологічне завдання вирішують під час оброблення деталей типу втулок, барабанів, дисків?
4. Які схеми отримання отворів і торців застосовуються під час оброблення втулок та дисків?
5. Які характерні етапи механічного оброблення втулок та дисків?
6. За якими ознаками класифікують зубчасті колеса?
7. Які технічні вимоги ставляться до виготовлення зубчастих коліс?
8. Які види заготовок і матеріали застосовуються для виготовлення

зубчастих коліс?

9. Які використовуються технологічні методи оброблення зубчастих коліс?

2.18. Оброблення корпусних деталей

Корпусні деталі здебільшого мають різноманітні за формою та розмірами поверхні, які підлягають обробленню. Можна виділити дві основні групи корпусів, що відрізняються за своїм конструктивним оформленням, вимогами до них та технологією виготовлення: 1) корпуси вугільних комбайнів і врубових машин; 2) корпуси редукторів вугле- і породонавантажувальних машин, піднімальних машин, лебідок, конвеєрів та інших гірничих машин.

Технологія оброблення корпусів має забезпечити: 1) задану точність отворів для валів за розмірами і формою; 2) співвісність отворів, розташованих у двох або кількох стінках корпусу; 3) паралельність осей отворів до баз; 4) точність відстаней між осями отворів і від баз; 5) перпендикулярність торцевих поверхонь до осей отворів; 6) прямолінійність баз.

На діаметральні розміри основних отворів допуски задаються в межах 7 – 8-го квалітетів. Похибки форми отворів не мають виходити за межі 0,5 – 0,7 цих допусків. Допуски на міжосьові відстані основних отворів і перпендикулярність осей отворів задають відповідно до призначення корпусних деталей, наприклад, для корпусів, в яких монтуються зубчасті й черв'ячні передачі, – від 0,4 мм до десятих часток міліметра. Відхилення від співвісності отворів призначають у межах половини допуску на діаметральний розмір меншого отвору. Шорсткість основних отворів має відповідати $Ra = 2,5 \dots 0,4$ мкм.

Допуск перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів вибирається в межах 0,1...1 мкм на 1 мм радіуса. Шорсткість поверхні становить $Ra = 20 \dots 40$ мкм і $Ra = 2,5 \dots 2$ мкм. Відхилення від прямолінійності плоских поверхонь допускається в межах 50...200 мкм на 100 мм довжини, шорсткість поверхонь рознімання – не більше $Ra = 20 \dots 10$ мкм.

Основні вимоги, що ставляться до корпусів редукторів:

1) незбіг контурів площин рознімання основи корпусу та кришки не повинно перевищувати 2...3 мм;

2) відхилення від паралельності поверхні основи корпусу (технологічної бази) та площини рознімання не повинно перевищувати 0,5 мкм на 1 мм;

3) зазор між площинами рознімання у зібраному корпусі не має бути більшим 0,03 мм;

4) незбіг осей розточених під підшипники отворів із площиною рознімання – не більше 0,2 мм;

5) отвори під підшипники мають бути виконані переважно за 6-м квалітетом; овальність і конусність отворів не мають перевищувати допуск на діаметр;

6) на обробленій поверхні рознімання не може бути надрізів, забоїн, вм'ятин та інших дефектів.

Площини корпусів редукторів обробляють на поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних, вертикально-фрезерних і в деяких випадках на карусельних верстатах; основні отвори – на горизонтально-розточувальних, іноді на карусельних верстатах, свердління отворів під болти, гвинти, шпильки – на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах.

Багато корпусів машин є значно трудомісткими при обробленні. У зв'язку з цим технологічні процеси їх оброблення в умовах заводів гірничого машинобудування розробляють на основі високопродуктивних методів:

- 1) застосування швидкісних методів різання;
- 2) суміщення оброблення двох або декількох поверхонь корпусу при повному використанні наявних на верстаті супортів і шпинделів;
- 3) одночасного встановлення і оброблення декількох деталей;
- 4) застосування багатоінструментального оброблення, тобто одночасного оброблення декількома інструментами;
- 5) використання засобів механізації для підймання й установлення корпусів на верстатах, а також швидкодіючих пневматичних і гідравлічних затискних пристроїв;
- 6) застосування автоматичних переналагоджуваних ліній для оброблення корпусних деталей.

Відхилення від співвісності отворів корпусів призначають у межах половини допуску на діаметральний розмір меншого отвору. Шорсткість основних отворів має відповідати $Ra = 2,5 \dots 0,4$ мкм.

Допуск перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів вибирається в межах $0,1 \dots 1$ мкм на 1 мм радіуса. Шорсткість поверхні становить $Ra = 2,5 \dots 2$ мкм. Відхилення від прямолінійності плоских поверхонь допускається в межах $50 \dots 200$ мкм на 100 мм довжини, шорсткість поверхонь рознімання – не більше $Ra = 20 \dots 10$ мкм.

Площини корпусів редукторів обробляють на поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних, вертикально-фрезерних і в деяких випадках на карусельних верстатах; основні отвори – на горизонтально-розточувальних, іноді на карусельних верстатах, свердління отворів під болти, гвинти, шпильки – на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах.

Базові поверхні корпусних деталей невеликих розмірів обробляють шліфуванням на плоскошліфувальних верстатах, тонким струганням широким різцем, тонким фрезеруванням та шабренням.

Розточування основних отворів корпусів здійснюється залежно від заданого випуску на універсальних горизонтально-розточувальних, координатно-розточувальних або агрегатних багатошпindelьних верстатах, в деяких випадках об'єднаних в автоматичні лінії.

Діаметральні розміри отворів одержують при обробленні відповідним мірним інструментом – розвертками, розточувальними блоками або розточувальними головками, установленими в необхідному комплекті на розточувальних оправках і (або) в борштангах, а також однобічно розташованими різцями з точним мікрометричним регулюванням на розмір.

Точність міжосьових відстаней, паралельність і перпендикулярність осей, а також інші вимоги до розташування отворів забезпечуються: 1) напрямом інструменту в кондукторі; 2) використанням універсальних способів координації положення інструменту.

У масовому і великосерійному виробництвах основні отвори корпусних деталей обробляються на багатошпindelьних верстатах при паралельних і паралельно-послідовних схемах побудови операцій одночасно з двох або трьох боків заготовки. При обробленні на агрегатних верстатах рекомендується розділяти чорнове і чистове оброблення на дві операції, які виконуються на двох агрегатних верстатах автоматичної лінії, або на два переходи, які виконуються на двох робочих позиціях верстата потокової лінії. Основні отвори невеликих корпусів можна обробляти на вертикально-свердлильних верстатах із застосуванням кондукторів та багатошпindelьних головок і на радіально-свердлильних верстатах із використанням поворотних кондукторів.

У серійному виробництві основні отвори в корпусних деталях обробляють на універсальних горизонтально-розточувальних верстатах із напрямом інструменту по кондуктору (рис. 2.76). Шпиндель послідовно з'єднується з розточувальними борштангами, кожна з яких оснащена інструментом для оброблення отворів по всій своїй осі. Міжосьові відстані та паралельність осей забезпечуються напрямом борштанги по кондуктору. Перпендикулярність осей отворів можна одержати при повороті столу на 90° . Підвищити продуктивність праці при роботі на розточувальних верстатах можна, застосовуючи багатошпindelьні розточувальні головки, що обробляють

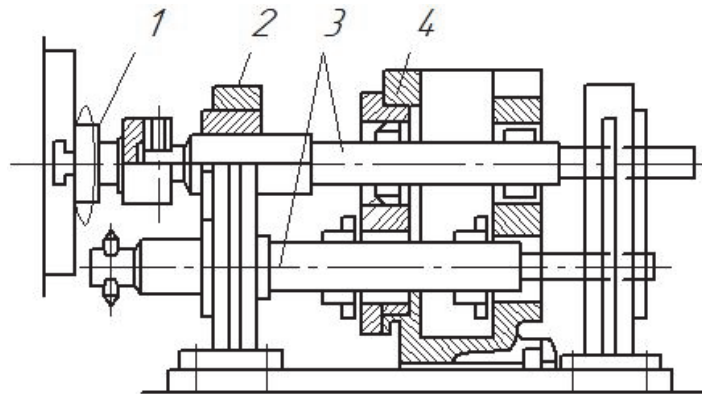


Рис. 2.76. Розточування отворів у корпусі по кондуктору: 1 – шпиндель розточувального верстата; 2 – кондуктор; 3 – борштанги; 4 – корпус

відразу декілька отворів з паралельними осями. Головка обертається від шпинделя верстата. Шпинделі, розташовані відповідно до розточуваних отворів, передають обертальні моменти борштангам.

В усіх випадках оброблення отворів із напрямом інструменту за кондукторними втулками корпус установлюють в кондукторі на установлювальні пальці по двох спеціально оброблених базових отворах у площині основи корпусу.

У дрібносерійному й індивідуальному виробництвах, коли застосувати розточувальний кондуктор недоцільно, отвори розточують без напрямку інструменту. При цьому корпуси обробляються на горизонтально-розточувальних верстатах за розміткою. Завдання верстатника зводиться до того, щоб сумістити вісь шпинделя верстата з осями розмічених отворів. Для підвищення жорсткості шпинделя використовують люнети (рис. 2.77, а і б). Збіг осей розточуваних отворів у протилежних стінках забезпечується поворотом столу верстата із закріпленою на ньому заготовкою корпусу на 180° (рис. 2.77, в).

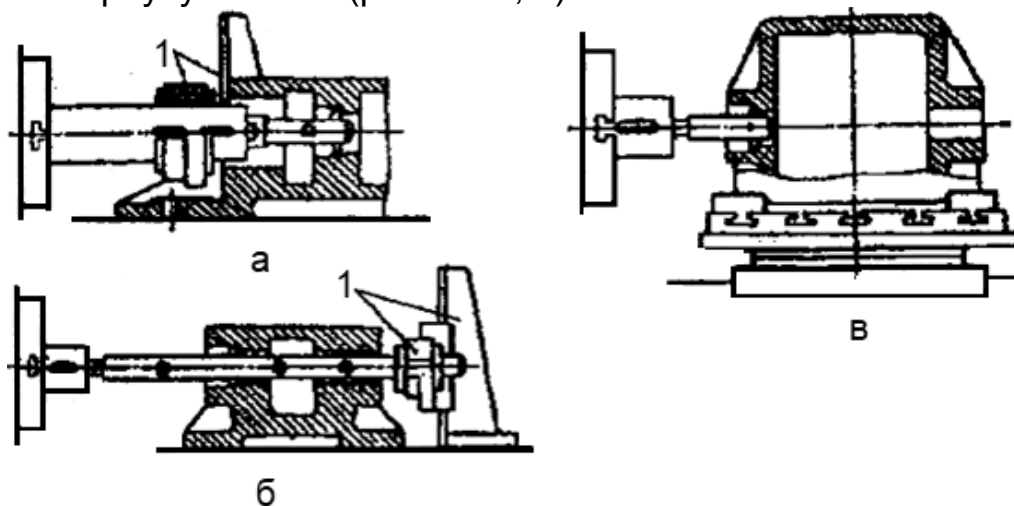


Рис. 2.77. Розточування отворів у корпусі за розміткою: а – оправкою з опорою шпинделя в люнеті 1; б – борштангою з опорою в задньому люнеті 2; в – оправкою з поворотом деталі

Після подачі корпусу на стіл горизонтально-розточувального верстата для оброблення отворів виконуються:

- 1) установлення і вивірення корпусу на столі верстата для одержання паралельності осей розмічених отворів осі шпинделя;
- 2) суміщення осі шпинделя з віссю першого розточуваного отвору;
- 3) оброблення першого отвору;
- 4) переміщення столу з оброблюваним корпусом на задану відстань до осі другого розточуваного отвору;
- 5) оброблення другого отвору і т. д.

Для оброблення отворів на іншій висоті шпиндельну коробку переміщують по колонці верстата. Точність переміщень столу верстата або його шпиндельної коробки залежить від заданого допуску на міжосьову відстань.

Метод розточування за розміткою малопродуктивний і може бути рекомендований при підвищених (до 0,2...0,3 мм) допусках на міжосьові відстані.

Запитання для самоконтролю

1. Які існують види отримання корпусних деталей?
2. Які площини корпусних деталей ви знаєте?
3. З чого починають проєктування корпусних деталей?
4. У чому полягає метод оброблення корпусних деталей?
5. Які прилади використовують для перевірки виготовлених корпусних деталей?

2.19. Технологія складальних процесів машин

Складання – завершальна та надзвичайно відповідальна стадія машинобудівного виробництва. Якість складальних робіт значною мірою впливає на працездатність, надійність та довговічність обладнання. Трудомісткість складальних робіт досягає 30...35 % загальної трудомісткості виготовлення обладнання.

Технологічний процес складання є сукупністю операцій зі з'єднання деталей у технічно певній та економічно доцільній послідовності для отримання складальних одиниць та виробів, що повністю відповідають установленим для них вимогам.

Складання поділяють на вузлове та загальне. Під *вузловим складанням* розуміють процес з'єднання в певній послідовності деталей складальної одиниці, під *загальним* – складання готових виробів зі складальних одиниць та деталей.

За переміщенням збираного виробу розрізняють складання стаціонарне та рухоме.

Стаціонарне складання характеризується виконанням складальних операцій на постійному робочому місці, до якого подаються всі необхідні деталі та складальні одиниці певного виробу. Воно здійснюється за двома основними принципами:

1. Принцип концентрації операцій полягає в тому, що виріб збирають з окремих деталей на одному складальному місці, однією бригадою робочих. При цьому потрібні робочі-складальники високої кваліфікації. Цикл складання є більш тривалим.

2. Принцип диференціації операцій полягає в тому, що виріб збирають декілька окремих бригад одночасно (паралельно).

Рухоме складання характеризується переміщенням збираного виробу від одного робочого місця до іншого. На кожному робочому місці виконують одну певну операцію, що повторюється.

Рухоме складання також відбувається за двома принципами:

- вільне переміщення складаного об'єкта, за якого об'єкт у процесі складання переміщується вручну (по верстаку, на візках);
- примусове переміщення складаного об'єкта, за якого об'єкт у процесі складання переміщують конвеєром або візками, що пересуваються замкненим ланцюгом, на яких виконують процес складання.

Рухоме складання буває безперервної та періодичної дії.

Паралельно з аналізом технічних умов виконують технологічний контроль робочих креслень. На кресленнях складальних і загальних виглядів мають позначатися допуски, посадки, а також особливі вимоги до складання машин. На кресленнях мають бути всі проєкції і розрізи, необхідні для повного розуміння і чіткого уявлення конструкцій складальних одиниць і машини в цілому.

Технічні умови мають містити дані про точність складання, потрібну якість з'єднань, їх герметичність, густину і жорсткість стиків, необхідну точність балансування вузлів, що обертаються під час роботи, та інші відомості залежно від призначення виробу. У технічних умовах допускають спеціальні вказівки технологічного характеру про методи виконання з'єднань, бажану послідовність складання, методи проміжного й остаточного контролю виробів.

Відзначені технологом у складальних кресленнях і технічних умовах недоліки, неясності й помилки виправляє конструктор.

Одночасно з аналізом конструкції виробу складають пропозиції стосовно конструктивних змін, які спрощують складання. Ці зміни не мають суперечити службовому призначенню виробу. Технологічний контроль креслень і технічних умов виконують для кожної складальної одиниці.

Виконавши аналіз службового призначення машини та її складальних одиниць, а також обсягу випуску, визначають тип і організаційну форму технологічного процесу складання.

При цьому зазвичай використовують табличний метод (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Залежність типу виробництва від N_m та $T_{скл}$

$T_{скл}$, год	Місячний випуск виробів N_m , шт.				
Понад 2500	До 1	2 – 4	Понад 5	–	–
250 – 2500	До 3	3 – 8	9 – 60	Понад 60	–
25 – 250	До 5	8 – 30	31 – 350	351 – 1500	Понад 1500
2,5 – 25	До 8	9 – 50	51 – 600	601 – 3000	Понад 3000
0,25 – 2,5	–	до 80	81 – 800	801 – 4500	Понад 4500
до 0,25	–	–	–	1000 – 6000	Понад 6000
Тип виробництва	Одиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Велико-серійне	Масове

До вибору організаційної форми складання слід підходити з погляду технічної та економічної ефективності.

Як відомо, процес складання виробу може бути непотоковим та поточковим, які здійснюються при рухомому або нерухомому стані об'єкта складання.

В останньому випадку виріб, що складають, залишається на одному місці, а базову деталь розміщують на спеціальному стенді або просто на підлозі, а всі необхідні для складання деталі, матеріали та інші комплектуючі елементи доставляють на це робоче місце.

При складанні великогабаритних виробів (великі верстати, літаки тощо) рухатися може як сам виріб, так і бригади складальників (рухоме стаціонарне складання).

При цьому складання може здійснюватися як із розподілом обсягу роботи між окремими робітниками (із розчленуванням робіт), так і без нього.

Потокове складання може бути організоване з вільним або з примусовим переміщенням об'єкта. У першому випадку робітник передає виріб, що складають, на наступну операцію в міру виконання власного обсягу робіт, а в іншому – момент переміщення виробу визначається сигналом (світловим або звуковим), після чого починається примусове періодичне переміщення конвеєра.

У деяких випадках конвеєр рухається безупинно зі швидкістю, що дозволяє виконати обсяг робіт, передбачений на операцію, за час проходження об'єкта складання вздовж зони робочого місця.

Таким чином, міжопераційне переміщення виробу здійснюється:

- вручну або за допомогою візків, нахилоного лотка або рольганга;
- за допомогою конвеєра з періодичним переміщенням, у період зупинки якого здійснюється виконання складальних операцій;
- за допомогою конвеєра, що безупинно рухається, зі швидкістю, що забезпечує можливість виконання складальних операцій (швидкість руху такого конвеєра – 0,25...3,5 м/хв).

Якщо складання виконується без розчленування складальних робіт, то вся робота виконується одним робітником або бригадою від початку до кінця.

Якщо складання здійснює бригада, то закріплення окремих складальних переходів за робітниками здійснює бригадир.

У технології механоскладального виробництва складальні одиниці (СО) часто називають вузлами або підвузлами.

Кожна машина (як кінцевий виріб виробництва) може бути розчленована на більш дрібні вироби – складальні одиниці і деталі.

Деталі можуть безпосередньо входити у виріб на будь-якому рівні членування.

Правильне членування машини на вузли різних порядків дає змогу правильно організувати процес складання, визначити черговість запуску

окремих деталей у виробництво, тобто раціонально організувати виготовлення машини. При цьому вузли можуть збиратися паралельно в часі, що підвищує продуктивність праці.

В останньому випадку розрізняють технологічні процеси вузлового та загального складання.

Побудова технологічної схеми складання є необхідним кроком, що передує розробленню технологічного процесу складання. Вона являє собою графічне зображення послідовності приєднання до базового виробу (деталі) інших деталей і складальних одиниць до перетворення базового виробу на готовий виріб.

У загальному вигляді схему складання показано на рис. 2.78. Деталі можуть безпосередньо входити у виріб на будь-якому рівні членування.

Складанням виробу називають здатність деталей, що з'єднуються, входити під час складання в складальну одиницю, а складальних одиниць – у виріб без будь-яких приганяльних робіт, не передбачених процесом.

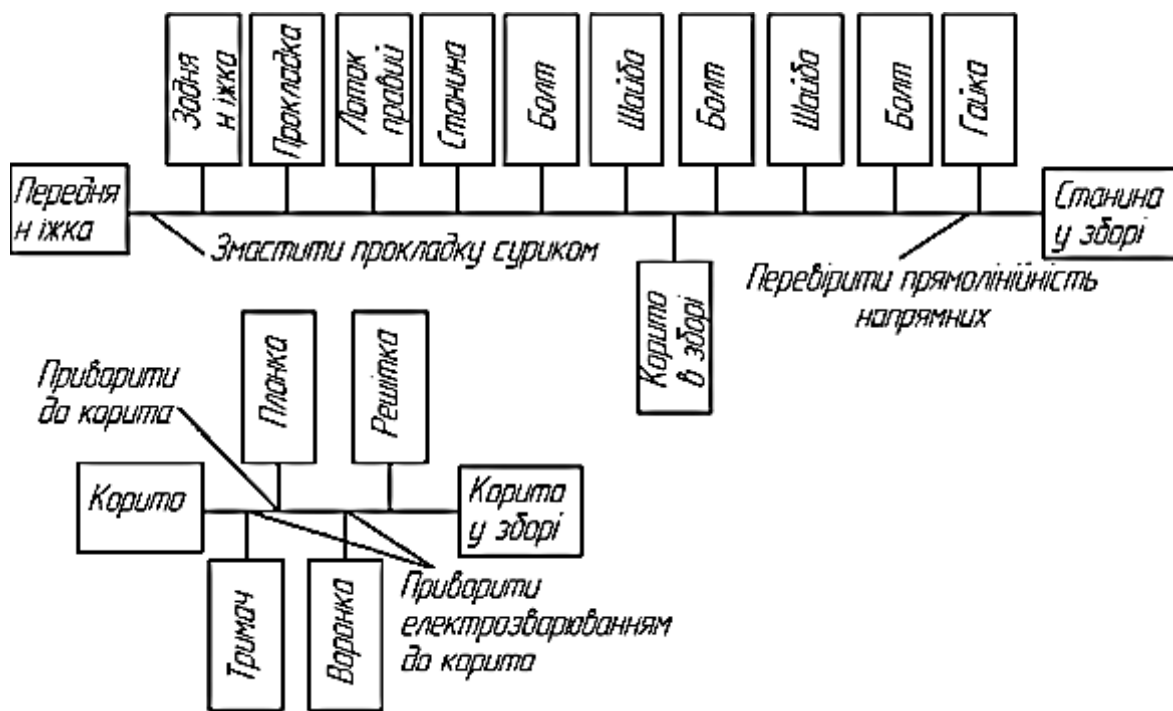


Рис. 2.78. Приклад оформлення технологічної схеми складання

Складання забезпечують правильним вибором допусків та посадок, відпрацюванням розмірних ланцюгів та створенням компенсаторів, що дають змогу знизити точність виготовлення деталей та спростити їх складання. Оптимальне компонування розмірних багатоланкових ланцюгів машин із диференційованою точністю виготовлення деталей, що мають різну технологічність, дає змогу одержати задану якість складання за мінімальних витрат праці. Трудомісткість приганяльних робіт на складання зростає перш за все через достатнє розмірне оброблення виробів та

складальних одиниць.

Розмірне оброблення виконують у два етапи: проєктний розрахунок розмірних ланцюгів у процесі конструювання машин; перевірно-технологічний розрахунок розмірних ланцюгів, що виконується в технологічному бюро.

Основним завданням проєктного розрахунку розмірних ланцюгів є визначення граничних відхилень розмірів за їх номінальними значеннями та граничними відхиленнями замикального розміру. При цьому вибирають метод досягнення необхідної точності замикальної ланки.

Перевірно-технологічний розрахунок виконують для остаточної перевірки заданої точності складальних ланок розмірного ланцюга.

Для отримання необхідної точності з'єднання існує п'ять методів досягнення точності замикальної ланки: повної, неповної або групової взаємозамінності, припасування та регулювання.

Згідно з методом повної взаємозамінності будь-яка деталь може бути поєднана з будь-якою іншою деталлю, що з'єднується без додаткового доопрацювання або припасування за місцем. Складання здійснюється без будь-якого вибору, при цьому необхідна точність замикальної ланки досягається автоматично.

Метод має такі переваги: простота процесу складання; можливість використання малокваліфікованої робочої сили, поточкових методів складання, можливість кооперації заводів із виготовлення деталей та вузлів. Недоліком методу є висока вартість оброблення деталі, тому цей метод доцільно застосовувати в масовому та великосерійному виробництвах.

Метод неповної взаємозамінності відрізняється від попереднього тим, що допуски на розміри складальних ланок розмірного ланцюга збільшуються до економічної точності оброблення на верстатах. При цьому деяка кількість деталей, виконаних із крайніми границями допусків, у разі їх з'єднання дасть замикальну ланку, що виходить за границі допуску, тому будуть потрібні розбирання та повторне складання. Оброблення деталей завдяки збільшенню допусків спрощується, собівартість їх зменшується, а технологічний процес складання дещо ускладнюється. Цей метод доцільно застосовувати в серійному та масовому виробництвах для багатоланкових розмірних ланцюгів.

Метод групової взаємозамінності застосовують для досягнення високої точності замикальної ланки завдяки сортуванню оброблених деталей за групами, причому деталі всередині груп повністю взаємозамінні. Оброблення деталей виконується за допусками, значно більшими, ніж це потрібно за умов методу повної взаємозамінності. Цей метод може бути застосований тільки у тому випадку, коли деталі виготовляють великими партіями та, головним чином, для коротких розмірних ланцюгів, що мають високу точність, наприклад оброблення шийок валів під підшипники, розточування отворів у корпусах під

підшипники валів.

Метод приганяння застосовують для досягнення високої точності замикальної ланки багатоланкових розмірних ланцюгів завдяки додатковому обробленню із зняттям стружки (припасування) при складанні раніше вибраної компенсувальної ланки-деталі. Метод використовується в одиничному та дрібносерійному виробництвах. Основним недоліком є необхідність трудомістких приганяльних робіт, які можуть бути виконані тільки висококваліфікованими робочими.

Метод регулювання, як і метод приганяння, застосовують для досягнення високої точності замикальної ланки багатоланкових розмірних ланцюгів. Особливістю методу є компенсація похибки замикальної ланки регулюванням, а не приганянням. Регулювання виконується за допомогою нерухомого та рухомого компенсаторів. Як нерухомі компенсатори застосовують кільця або прокладки, рухомі – клини, втулки з контргайками, рухомі планки. За умови використання методу регулювання можна одержати високий ступінь точності замикальної ланки, виконувати регулювання під час експлуатації машин, спростити складання, оскільки усувається припасування. Недоліками методу є витрати часу на регулювання та необхідність у складальниках високої кваліфікації.

У машинобудуванні в усіх можливих випадках застосовують складання за методом взаємозамінності деталей та складальних одиниць. Проте застосування цього методу обмежене внаслідок малої серійності машин, що випускаються, значних розмірів та складної форми деталей. Зараз широко використовуються методи складання з регулюванням та припасуванням.

Конструкція тієї або іншої машини має забезпечувати не тільки високу технологічність виготовлення її окремих деталей, але й технологічність складання деталей в складальні одиниці, а складальних одиниць – у виріб.

Однією з основних умов, що забезпечують технологічність складання, є можливість паралельного та незалежного складання якомога більшої кількості окремих складальних одиниць виробу. Це дає змогу організувати потокове складання. Необхідно прагнути до того, щоб вузли, які надходять на загальне складання, були перевірені та випробувані в умовах, близьких до умов їх роботи у виробі.

Висока технологічність має також забезпечувати зручність складання, яка полягає в застосуванні простих прийомів під час роботи та доступності місць складання, регулювання та контролю.

Велике значення для забезпечення високої технологічності складання має раціональне проставлення розмірів, що входять у складальні розмірні ланцюги, правильний вибір складальних баз і поєднання їх із технологічними та вимірювальними базами. Це значно скорочує тривалість складання, головним чином унаслідок максимального

зменшення регулювальних та приганяльних робіт.

Оскільки механізація прискорює та полегшує процес складання, конструкція виробів має бути такою, щоб забезпечувала вільне підведення механізованого складального інструменту до відповідних місць, а також можна було користуватися вантажопідіймальними пристроями під час складання.

Під час розроблення технологічних процесів складання виробів складальні креслення в обов'язковому порядку піддаються технологічному контролю. Оброблення виробу на технологічність складання здійснюється на всіх етапах підготовки його виробництва.

Ручне складання виробів у харчовому машинобудуванні має значну питому вагу (40...60 %). Зараз, якщо процеси виготовлення деталей високомеханізовані та автоматизовані, то процеси складання – тільки на одиничних елементарних операціях. Істотно скоротити трудомісткість складальних робіт, забезпечити стабільну якість складених деталей можна тільки автоматизацією складальних процесів. Засоби автоматизації складальних робіт поділяють:

- 1) на автоматизовано-ручні технічні пристрої (різні складальні пристрої, електричні гайковерти);
- 2) напівавтоматичні складальні машини;
- 3) повністю автоматичні складальні машини та автоматичні складальні лінії.

Широке застосування знаходять бункерні пристрої, що подають в орієнтованому вигляді окремі деталі до складальника, а також конвеєри для переміщення складаних вузлів від одного складальника до іншого.

В автоматичних складальних процесах велику роль відіграють різні маніпулятори, які захоплюють складану деталь в орієнтованому положенні та ставлять її на складальну позицію складального автомата, а також знімають складений вузол.

Однією з головних помилок, що допускаються під час конструювання складального устаткування, є спроба вести автоматичне складання за правилами ручного складання. Для ефективного використання складальних автоматів та автоматичних ліній потрібна істотна зміна конструкції виробів у напрямі спрощення їх та зручності для автоматичного складання. Наприклад, виконують заміну декількох деталей однією, що виявляється доступнішим, хоча у низці випадків ускладнює та здорожчує виготовлення деталі.

Досвід експлуатації складальних автоматів та автоматичних ліній показує, що для реалізації автоматичного складання потрібна перш за все висока якість деталей. Деталі мають бути промиті та мати чисті поверхні. У приміщенні, де відбувається автоматичне складання, абсолютно не допускається запилення повітря. Складальні агрегати та механізми мають знаходитися в чистоті.

Для складання вузлів із деталей високої точності, а також під час здійснення з'єднань на посадках, що гарантують відносну нерухомість деталей, в автоматичних процесах передбачають тимчасове зменшення або збільшення розмірів складаних деталей. Для цього застосовують спеціальні агрегати: для охолодження – рідким азотом, для нагрівання – струмами високої частоти.

У низці випадків виконують розсортовування деталей на декілька груп за допустимими відхиленнями.

Вихідними даними під час проєктування процесів складання є такі:

1) робочі креслення та технічні умови на складання складальних одиниць та виробу;

2) специфікація деталей та складальних одиниць;

3) розмір виробничої програми;

4) режим роботи складального цеху;

5) керівні матеріали стосовно складальних процесів;

6) нормалі на оснащення та норми часу на складальні операції.

Під час технологічного процесу складання мають забезпечуватися економічність виробництва та висока якість складальних виробів, задана точність складання, максимальне використання обладнання, пристроїв та робочої сили, своєчасне виконання виробничої програми. Під час розроблення технологічного процесу складання необхідно: визначити вид складання; установити метод складання деталей та складальних одиниць; вибрати бази для складання складальних одиниць; визначити найбільш ефективні методи з'єднання деталей; установити порядок та послідовність виконання операцій складання; вибрати обладнання, оснащення, підйимально-транспортні пристрої; установити ступінь механізації процесів складання.

Технологічний процес складання оформляють у відповідній технологічній документації, до складу якої входять схеми складання, операційні карти складання, карти норм.

Технологічний процес складання має такі основні етапи:

1) підготовка деталей до складання (деконсервування, очищення, миття, сортування на розмірні групи);

2) приганяльні роботи, що забезпечують складання з'єднань: обпилювання, зачищення, притирання, полірування, шабріння, свердлення, нарізання різі, розгортання, виправлення;

3) допоміжні слюсарні операції (виготовлення прокладок, шайб, скоб);

4) складання деталей у складальні одиниці та комплекти;

5) регулювальні операції, що виконуються для досягнення необхідної точності у взаємному розташуванні деталей у складальних одиницях та виробі;

6) зрівноважування деталей та вузлів;

7) контроль відповідності складальних одиниць і виробів

кресленню та технічним умовам;

- 8) загальне складання виробу в цілому;
- 9) обкочування та випробування машини;
- 10) демонтаж виробу (для великогабаритних виробів);
- 11) консервування та упакування.

Запитання для самоконтролю

1. Основні поняття про складання.
2. Види складання.
3. Характеристика стаціонарного складання.
4. За якими принципами здійснюється стаціонарне складання?
5. Яким буває рухоме складання?
6. Визначення типу виробництва.
7. Установлення організаційної форми складання.
8. Побудова технологічної схеми складання.
9. Яким чином досягається потрібна точність оброблення складання за допомогою аналізу розмірних ланцюгів?
10. Які існують методи забезпечення складання виробів?
11. Суть методу повної взаємозамінності.
12. Суть методу неповної взаємозамінності.
13. Суть методу групової взаємозамінності.
14. Суть методу регулювання.
15. У чому перевага методу групової взаємозамінності під час складання для досягнення високої точності оброблення?
16. Дайте визначення поняття технологічного процесу складання. Які існують види складання?
17. Чим пояснюється висока трудомісткість складальних операцій порівняно з операціями металооброблення?
18. Які принципи автоматизації складальних процесів?
19. Що є вихідними даними під час проектування процесів складання?
20. Назвіть основні етапи технологічного процесу складання.
21. У чому полягає технологічний контроль складальних креслень?

2.20. Основи технічного нормування робіт на металорізальних верстатах

Технічне нормування у широкому розумінні цього поняття являє собою визначення технічно обґрунтованих норм витрат виробничих ресурсів. При цьому під виробничими ресурсами розуміють енергію, сировину, матеріали, інструмент, робочий час.

У сучасних умовах механоскладального виробництва економія виробничих ресурсів (за низкою причин економічного, демографічного і соціального характеру) набуває надто важливого значення. Особливо

важливим завданням, що вирішується при проектуванні технологічних процесів, є задача технічного нормування робочого часу, тобто нормування праці.

Основна задача нормування – це визначення міри праці і відповідної винагороди.

Нормування праці здійснюється методами технічного і досвідно-статистичного нормування.

Технічне нормування праці – це сукупність методів і прийомів з виявлення резервів робочого часу і встановлення необхідної міри праці.

Завданнями технічного нормування є виявлення резервів робочого часу і поліпшення організації праці на підприємстві, встановлення правильної міри праці (тобто визначення норми часу) і в кінцевому результаті – підвищення продуктивності праці та збільшення обсягів виробництва.

При технічному нормуванні праці (тобто при аналітичному методі визначення норми часу) технологічна операція розкладається на елементи: машинні, машинно-ручні і ручні, на переходи, ходи, прийоми і рухи. При цьому кожен елемент піддається аналізу як окремо, так і в поєднанні з суміжними елементами.

Перед розрахунком норми часу виконується аналіз структури операції, що нормується, для її покращення шляхом: вимкнення з її складу всіх зайвих прийомів і рухів, без яких робота може бути успішно виконана; скорочення шляху всіх рухів рук, ніг і корпусу робітника; заміни стомлюючих прийомів роботи більш легкими; забезпечення виконання ручних прийомів роботи під час автоматичної подачі; вивільнення робітника від виконання підсобних робіт з піднесення матеріалів, інструменту, заготовок і з заточування інструменту; застосування багатомісцевих пристроїв; прогресивних режимів різання; використання досвіду передовиків зі скорочення затрат допоміжного часу.

Норми часу, що визначені аналітичним методом, називаються технічно обґрунтованими або просто технічними нормами.

Технічно обґрунтована норма часу – це час, необхідний для виконання одиниці роботи, визначений розрахунком, виходячи з раціонального використання в певних умовах виробництва праці робітника (живої праці) і знарядь праці (уречевленої праці) з урахуванням передового виробничого досвіду.

Технічно обґрунтована норма часу визначається з урахуванням наявності раціонального технологічного процесу, правильної для певних виробничих умов організації праці та виконання роботи робітником відповідної кваліфікації, продуктивність праці якого вища середньої продуктивності праці робітників на аналогічній роботі. При цьому під правильною організацією праці розуміють:

– економічно доцільне в певних умовах відокремлення основної роботи від підготовчої та допоміжної; раціональна організація робочих

місць та їх систематичне обслуговування виходячи з даних виробничих умов;

- раціональне виконання трудових дій робітника;
- нормальні санітарно-гігієнічні умови роботи (освітлення, опалювання, вентиляція) і техніка безпеки.

Призначення технічної норми часу не обмежується визначенням оплати за працю та її продуктивність. Технічні норми є основою для визначення потрібної кількості і завантаження обладнання, виробничої потужності ділянок і цехів, розрахунку показників праці та заробітної плати, а також є основою оперативного (календарного) планування.

З розвитком техніки, технології та організації виробництва, зі зростанням енергоозброєності робітника і підвищенням його культурного рівня норми часу мають коректуватись у бік їх зниження з урахуванням зростаючої продуктивності праці.

Затрати робочого часу протягом робочого дня (за винятком обідньої перерви) поділяють на затрати, що нормуються, і ті, що не нормуються.

До затрат, що нормуються, належать затрати, які необхідні для виконання заданої роботи, і тому вони включаються до складу норми часу.

До затрат робочого часу, які не нормуються і не включаються до складу норми, належать втрати робочого часу (втрати часу внаслідок виконання робітником випадкової та непродуктивної роботи, такої, наприклад, як ходіння за майстром, наладчиком, документацією, інструментом, транспортними засобами, матеріалами тощо; перерви в роботі з організаційних і технологічних причин, пов'язаних з простоями в очікуванні роботи, крана, підсобного робітника, креслення, інструменту, з простоями через відсутність електроенергії тощо; втрати з вини робітника у зв'язку із запізненням і несвоєчасним залишенням робочого місця, сторонніми розмовами тощо).

Затрати робочого часу, що нормуються, поділяються на підготовчо-заключний, оперативний час, час на обслуговування робочого місця і час на перерви на відпочинок і особисті потреби робітника.

Норма підготовчо-заключного часу $T_{п-з}$ – це норма часу на підготовку робітників і засобів виробництва до виконання технологічної операції та доведення їх до початкового стану після її закінчення.

Норма підготовчо-заключного часу містить затрати часу на підготовку до заданої роботи і виконання дій, пов'язаних з її закінченням. До складу підготовчо-заключного часу входять такі затрати часу:

- а) на отримання матеріалів, інструментів, пристроїв, технологічної документації і наряду на роботу;
- б) ознайомлення з роботою, технологічною документацією, кресленням, одержання необхідного інструктажу;
- в) установлення інструментів, пристроїв, налагодження обладнання на відповідний режим роботи;
- г) зняття пристроїв та інструменту;

д) здача готової продукції, залишків матеріалів, пристроїв, інструменту, технологічної документації та нарядів.

Підготовчо-заключний час витрачається один раз на партію оброблюваних заготовок, що виготовляються без перерви за даним робочим нарядом, і не залежить від кількості заготовок в цій партії. При нормуванні величина підготовчо-заключного часу визначається за нормативами з урахуванням типорозміру верстата, пристрою, конструкції та маси оброблюваної заготовки тощо.

Норма оперативного часу $T_{оп}$ – це норма часу на виконання технологічної операції, яка складається з суми норм основного часу T_o і допоміжного часу T_d , що не перекриває основний час, тобто $T_{оп} = T_o + T_d$.

Затрати оперативного часу на виконання технологічної операції повторюються з кожною одиницею виробу або через строго певну їх кількість.

Норма основного часу T_o – це норма часу на досягнення безпосередньої мети певної технологічної операції або переходу за якісною і (або) кількісною зміною предмета праці.

Основний (технологічний) час T_o являє собою час, протягом якого змінюються розміри і форми заготовки, зовнішній вигляд і шорсткість поверхні. Основний час може бути машинним, машинно-ручним, ручним.

При всіх верстатних роботах основний час визначається відношенням величини шляху, пройденого обробним інструментом, до його хвилинної подачі.

Для токарних, свердлильних, різенарізних робіт, зенкерування, розвертання і фрезерування основний (машинний) час визначають за формулами (рис. 2.79)

$$T_o = T_m = \frac{I_1}{S_{хв}} = \frac{I_1}{n_s} = \frac{I \cdot z}{nst},$$
$$I = L + I_1 + I_2,$$

де T_m – машинний час, хв;

I – довжина шляху інструменту, мм;

L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

I_1 – величина врізання інструменту, мм;

I_2 – величина перебігання інструменту, мм;

i – кількість ходів;

$S_{хв}$ – подача, мм/хв (хвилинна подача);

n – частота обертання шпинделя або фрези, об/хв;

S – подача на один оберт шпинделя або фрези, мм/об;

t – глибина різання на сторону, мм;

z – припуск на сторону, мм.

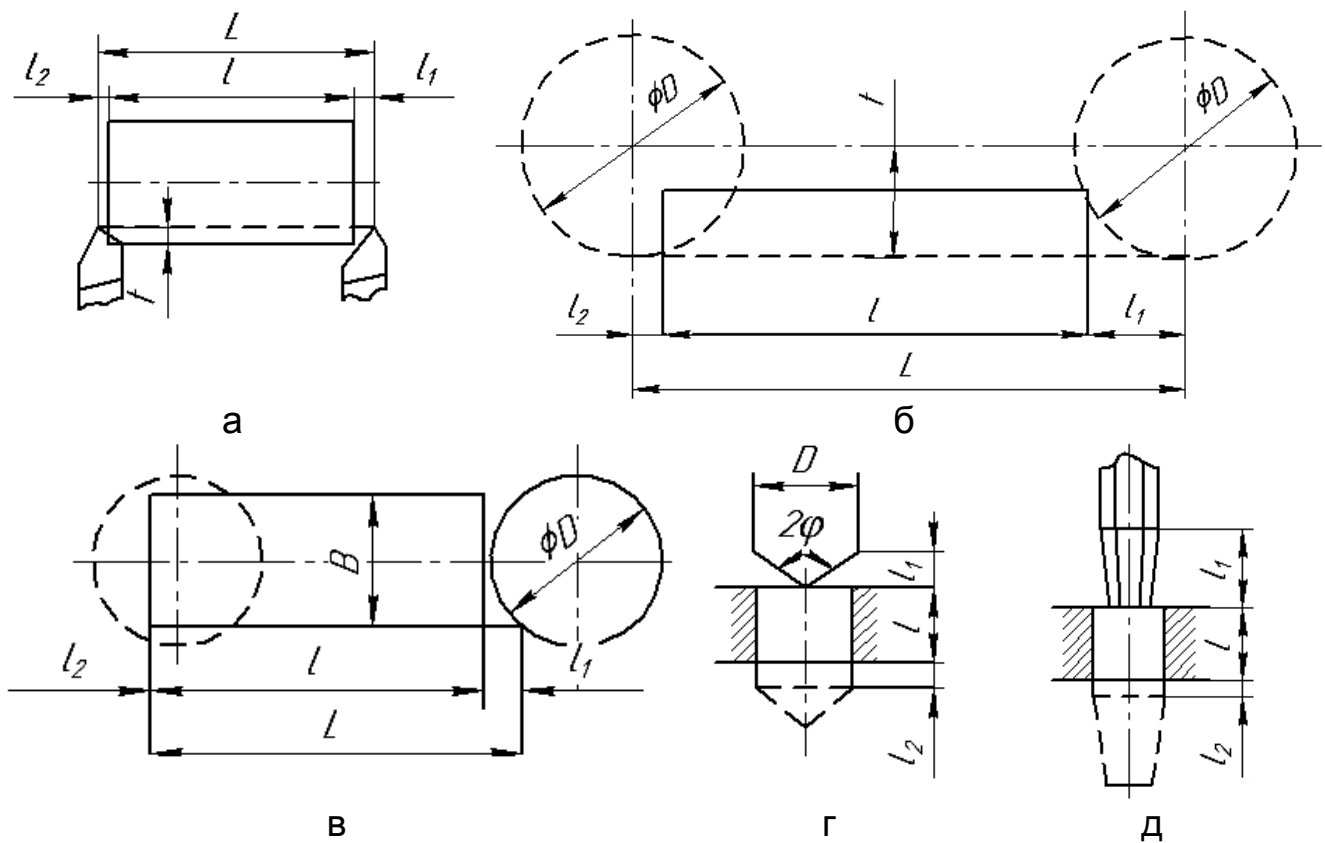


Рис. 2.79. Довжина переміщення різального інструменту: а – при точінні; б, в – при фрезеруванні; г – при свердлінні; д – при розвертанні

При розрахунку основного часу за наведеними вище формулами елементи режимів різання V , n , S , t визначаються за відповідними формулами теорії різання або за таблицями нормативів, наведених у довідковій літературі і нормативних матеріалах з технічного нормування.

Послідовність розрахунку елементів режимів різання також встановлено цими матеріалами.

Норма допоміжного часу T_d являє собою норму часу на здійснення дій, що дають змогу виконувати основну роботу, яка є метою технологічної операції або переходу, і які повторюються з кожним виробом або через певну їх кількість (установлення і зняття виробу, вмикання та вимикання верстата, підведення і відведення інструменту або його переустановлення, якщо це виконується на кожний виріб або через певну їх кількість).

Допоміжний час зазвичай є ручним, але може бути і машинним.

Допоміжний час визначається підсумовуванням його складових елементів, наведених в таблицях нормативів з технічного нормування. При цьому до його складу входять затрати часу на встановлення і зняття заготовки, час, пов'язаний з переходом, час на переміщення частин верстата (супорта, каретки), час на зміну режиму роботи верстата та інструменту і час на контрольні вимірювання.

Час на встановлення і зняття заготовки дається в нормативних таблицях на весь комплекс “встановити і зняти заготовку” залежно від її ваги, типу пристрою, способу базування і закріплення.

Час, пов'язаний з переходом, містить час на підведення інструменту до заготовки, вмикання і вимикання подачі, відведення інструменту у вихідне положення. При цьому час на переміщення супорта в комплекс часу, пов'язаного з переходом, не входить і визначається залежно від довжини переміщення окремої складової допоміжного часу. Також до комплексу не входить час на перехід і час, що витрачається на зміну режиму роботи верстата та інструменту, який враховується окремою складовою допоміжного часу.

Час на контрольні вимірювання встановлюється на процес вимірювання, яке здійснюється після виконання верстатником переходу або операції і включається в норму тільки в тих випадках, коли воно не може бути перекрите машинним часом. Періодичність контрольних вимірювань залежить від стабільності отримуваних при обробленні розмірів, допуску і розмірів оброблення, конструкції різального інструменту і способу виконання оброблення. У нормативних таблицях наводяться відповідні рекомендації.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обс}$ являє собою частину штучного часу, що витрачається виконавцем на підтримання засобів технологічного оснащення в працездатному стані і догляду за ним і робочим місцем.

В умовах масового виробництва, машинних і автоматизованих операцій час обслуговування робочого місця поділяється на час технічного і організаційного обслуговування.

Час технічного обслуговування $T_{тех}$ – це час, що витрачається на догляд за робочим місцем (обладнанням) протягом конкретної роботи (зміна притуплених інструментів, регулювання інструментів і підналагодження обладнання під час роботи, змітання стружки тощо).

Час технічного обслуговування визначається у відсотках до основного часу.

Час організаційного обслуговування $T_{орг}$ – це час, що витрачається на догляд за робочим місцем протягом робочої зміни (час на розкладання і прибирання інструменту на початку і в кінці зміни, час на огляд і випробовування обладнання, час на його змащування і очищення тощо).

Час організаційного обслуговування визначається у відсотках до оперативного часу.

Час на особисті потреби $T_{відп}$ – це частина штучного часу, що витрачається людиною на особисті потреби і (при стомлюючих роботах) на додатковий відпочинок.

Він передбачається для всіх видів робіт (крім безперервних) і визначається у відсотках до оперативного часу. Зазвичай цей час не перевищує 2 % від тривалості робочої зміни. На роботах фізично важких,

особливо стомлюючих, які відрізняються великим вантажообігом або виконуються прискореним темпом, крім того, передбачається додатковий час на перерви для відпочинку.

Норма часу – це регламентований час на виконання деякого обсягу робіт у певних виробничих умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

У машинобудуванні норма часу зазвичай визначається на технологічну операцію.

Технічно обгрунтована норма часу $T_{ш-к}$ складається з норми підготовчо-заключного часу на партію оброблюваних заготовок і норми штучного часу $T_{ш}$, тобто

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з} / n,$$

де $T_{ш-к}$ – норма штучно-калькуляційного часу (норма часу);

$T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час на партію оброблюваних заготовок;

n – кількість заготовок в партії, що обробляється.

Норма штучного часу – це норма часу на виконання обсягу робіт, що дорівнює одиниці нормування.

Штучний час може бути визначений як інтервал часу, який дорівнює циклу виробів, що одночасно виготовляються або ремонтуються, або календарному часу складальної операції.

Цикл технологічної операції – це інтервал календарного часу від початку до кінця періодично повторюваної технологічної операції незалежно від кількості виробів, що одночасно виготовляються або ремонтуються.

При технічному нормуванні норму штучного часу $T_{ш}$ розраховують за формулою

$$T_{ш} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} = T_{оп} + T_{обс} + T_{відп}.$$

До норми штучного часу не входять затрати часу на роботи, які можуть бути виконані під час автоматичної роботи обладнання, тобто можуть бути перекриті машинним часом.

В умовах масового виробництва нормою часу вважають величину норми штучного часу, яка визначається формулою

$$T_{ш} = T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_{відп},$$

або

$$T_{ш} = T_o + T_d + \frac{a_{тех}}{100} T_o + \frac{a_{орг}}{100} (T_o + T_d) + \frac{a_{відп}}{100} (T_o + T_d),$$

де $a_{орг}$ – відсоток часу на організаційне обслуговування робочого місця;

$\mathbf{e_{tex}}$ – відсоток часу на технічне обслуговування робочого місця; $\mathbf{a_{відп}}$ – відсоток часу на відпочинок і особисті потреби.

У зв'язку з тим, що у одиничному та серійному виробництвах час на обслуговування робочого місця на організаційний і технічний не поділяється і час на відпочинок і особисті потреби робітника обчислюється у відсотках часу, формула для розрахунку штучного часу спрощується і набуває вигляду

$$T_{ш} = T_o + T_d(1 + \frac{K}{100}),$$

де $\mathbf{K}$ – відсоток оперативного часу на обслуговування робочого місця (технічне та організаційне) і на відпочинок та особисті потреби робітника.

Значення коефіцієнтів $\mathbf{a_{орг}}$, $\mathbf{a_{відп}}$, $\mathbf{e_{tex}}$ і $\mathbf{K}$ беруться згідно з нормативами.

Норма часу на партію заготовок визначають за формулою

$$T_{пар} = T_{п-з} + T_{ш}n,$$

де $\mathbf{n}$ – кількість заготовок в партії, шт.

Норма затрат робочого часу на виготовлення виробів може бути також виражена кількістю продукції, що виготовляється в одиницю часу (змін, годину). У цьому випадку вона називається *нормою виробітку* за певну одиницю робочого часу.

Норма виробітку визначається відношенням тривалості робочої зміни (або години) до норми штучного часу, тобто

$$H_e = T_{зм} / T_{ш} n,$$

де $\mathbf{H_e}$ – норма виробітку виробів, шт.;

$\mathbf{T_{зм}}$ – тривалість робочої зміни, хв (год).

Дослідно-статистичний метод нормування застосовується в умовах одиничного і дрібносерійного виробництв, на відміну від технічного нормування не передбачає аналітичного розрахунку трудомісткості окремих елементів виконуваної роботи та їх підсумовування. Норма часу визначається на всю операцію в цілому шляхом співставлення з нормами і фактичною трудомісткістю виконання в минулому аналогічної роботи. Статистичні дані про фактичну трудомісткість аналогічних операцій у минулому і власний досвід нормувальників і майстрів є основою цього методу нормування.

Унаслідок того, що фактичні затрати часу і фактичний виробіток у минулому відображають недоліки в технології та організації праці і виробництва, що існували в той час, досвідно-статистичні норми узаконюють їх на майбутнє. Ці норми не мають під собою технічної та

розрахункової бази і зазвичай є заниженими і не відповідають завданням виявлення резервів виробництва і підвищення продуктивності праці. У зв'язку з цим одним з найважливіших і невідкладних завдань машинобудівного виробництва є повсюдний перехід від досвідно-статистичного нормування до технічного.

На відміну від досвідно-статистичних норм технічні норми:

1) передбачають використання передового виробничого досвіду, можливо більш повного використання існуючих засобів виробництва і робочого часу, оскільки вони встановлені виходячи з раціонально побудованих технологічних і трудових процесів; вони визначають продуктивність праці вище середнього досягнутого рівня і тому є прогресивними, тобто такими, що підтягують відсталих робітників до передових;

2) при аналітичному методі нормування і використанні нормативів норми однорідні за жорсткістю, що виключає появу невиправдано високої або надто низької оплати праці, що в обох випадках призводить до дезорганізації виробництва;

3) уведення об'єктивних і технічно обґрунтованих розрахункових норм усуває конфлікти і суперечки про правильність норм, що має місце при досвідно-статистичному нормуванні.

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва економічно недоцільно поділяти операції на диференційовані елементи для визначення норм часу. У цьому випадку визначення норм часу виконується за збільшеними нормативами (на технологічні переходи) або за типовими нормами, складеними аналітичним методом для типових технологічних процесів. Методи збільшеного нормування, що базуються на нормативах і типових нормах і складені аналітичним методом, також є методами технічного нормування.

Вивчення використання робочого часу дає змогу отримати вихідні матеріали для раціоналізації трудового процесу шляхом поліпшення структури витрат та встановлення норм праці. У результаті вивчення витрат робочого часу виявляються резерви росту продуктивності праці й екстенсивного використання обладнання.

Робочий час і час використання обладнання вивчається методом безпосередніх вимірів (МНЗ) і методом моментних спостережень. МНЗ дає змогу найбільш повно вивчити достовірні дані про їх тривалості в абсолютному вираженні, відомості про послідовність виконання окремих елементів роботи.

Безпосередні вимірювання робочого часу виконуються шляхом суцільних (безперервних), вибірових і циклових вимірів. За допомогою суцільних вимірів отримують докладні відомості про фактичні витрати робочого часу, про втрати часу.

Вибіркові виміри застосовуються при вивченні окремих елементів операції, зокрема для визначення часу на допоміжні дії і прийоми в умовах

багатоверстатної роботи, в апаратурних процесах та ін.

Циклові виміри – це різновид вибірових спостережень. Вони використовуються для вивчення і вимірювання дій і рухів невеликої тривалості, тобто коли час на виконання тієї або іншої дії не можна визначити безпосередньо.

Нормативи для нормування праці являють собою довідково-розрахункові матеріали, призначені для розрахунку технічно обґрунтованих норм за певних організаційно-технічних умов. Для нормування праці застосовують:

- нормативи часу;
- нормативи кількості робітників або обслуговування виробничих процесів;
- нормативи режимів роботи обладнання.

Нормативи часу використовують для визначення тривалості виконання окремих типових елементів роботи залежно від факторів, що впливають на цю тривалість.

Нормативи містять вихідні величини для розрахунку складових частин норми часу і встановлюються на підставі аналізу відповідних витрат часу. Нормативи складаються також і на деякі види перерв (для відпочинку і особистих потреб).

Підставою для складання нормативів на оперативну роботу (допоміжний і основний час) є дані хронометражних спостережень, які систематично проводяться, після їх ретельної аналітичної обробки.

Основний (машинний) час має розраховуватися на основі даних паспортів обладнання.

Нормативи періодично переглядають і виправляють з урахуванням впровадження нової техніки, зростання культурно-технічного рівня робітників.

Нормативи оперативного часу розробляють на окремі елементи найбільш часто повторюваних операцій з виготовлення певних виробів, що виключає необхідність складання великої кількості окремих нормативів, які стають непридатними при переході заводів на виготовлення нових видів виробів.

Застосовується такий порядок розроблення нормативів ручного часу оперативної роботи:

- складається схема розроблення нормативів;
- виконується хронометраж операцій, що містять прийоми, передбачені зазначеною схемою;
- здійснюється аналітичне оброблення хронометражних спостережень;
- визначається закономірний зв'язок між тривалістю виготовлення елементів і визначальними факторами, і на цій основі складається таблиця нормативів часу;

– здійснюється систематична перевірка і виправлення нормативів.

Нормативи часу призначені для нормування ручних операцій, а також ручної роботи, пов'язаної з керуванням і обслуговуванням обладнання, на якому виконуються механізовані та автоматизовані процеси. У деяких випадках (наприклад, укрупнені нормативи, типові норми) нормативи часу мають містити також розрахункові величини основного машинного або машинно-ручного часу.

Нормативи кількості робітників, нормативи часу обслуговування застосовують для визначення кількості працівників, які виконують функції обслуговування виробничих процесів.

Нормативи містять регламентовану кількість працівників (або обсяг роботи) для виконання заданої функції у певних організаційно-технічних умовах. Нормативи розробляють на основі даних фотографії робочого часу, фотографії виробничого процесу.

Нормативи режимів роботи устаткування призначаються для нормування основного часу (машинного і машинно-ручного). Вони ґрунтуються на ретельних дослідженнях, проведених як в лабораторних, так і у виробничих умовах, та на вивченні досвіду роботи новаторів і виробничих можливостей устаткування.

Нормативи режимів роботи устаткування мають містити дані, що дають змогу призначати найкращі режими з урахуванням типу і виду устаткування, оброблюваних матеріалів, характеру оброблення, застосовуваних інструментів і особливостей оброблюваних деталей.

Нормативи за ступенем їх розчленування підрозділяють:

- на елементні (диференційовані);
- укрупнені.

Елементні (диференційовані) нормативи призначаються для встановлення технічно обґрунтованих норм переважно у масовому і великосерійному виробництвах.

За цими нормативами визначають розрахункову тривалість окремих елементів роботи (приймів, трудових дій) при виконанні різних технологічних операцій (виготовлення виливків, зварювання вузлів, верстатна і ручна обробка деталей, складання, фарбування та ін.).

Укрупнені нормативи призначаються для призначення технічно обґрунтованих норм способом технічного розрахунку на виконання різних технологічних операцій в умовах різних типів виробництва. Залежно від конкретних умов роботи можуть застосовуватися нормативи різного ступеня укрупнення.

Залежно від способу отримання норми часу укрупнені нормативи розробляють або на одиницю оброблюваної поверхні (одиницю довжини, одиницю площі), або на оброблення повної поверхні (неповний штучний час).

У масовому і великосерійному виробництвах при значній кількості однорідних операцій (наприклад, на інструментальних,

шарикопідшипникових заводах), які виконуються на однотипному обладнанні і розрізняються лише розміром оброблюваних поверхонь, для них слід установити типовий технологічний процес і типовий зміст трудових прийомів і на цій основі спростити розрахунок операційних норм.

У серійному виробництві укрупнені нормативи часу мають являти собою розрахункові тривалості комплексів прийомів, пов'язаних з виконанням окремих переходів, обробленням окремих поверхонь або в цілому з операцією. При цьому прийоми можна об'єднати в комплекси або за ознакою їх технологічної послідовності (технологічні комплекси), або за однорідністю факторів, що впливають на їхню тривалість (розрахункові комплекси).

У дрібносерійному та одиничному виробництвах мають застосовуватися укрупнені нормативи, за якими безпосередньо може бути встановлена розрахункова тривалість основного і допоміжного часу на окремі технологічні переходи, оброблювані поверхні і операції в цілому.

Нормативи для технічного нормування праці за своїм призначенням поділяють:

- на загальномашинобудівні;
- галузеві;
- заводські.

Загальномашинобудівні нормативи часу та нормативи режимів оброблення розраховують для робіт, які виконуються на більшості машинобудівних і металообробних підприємств. Ці нормативи розробляють і коригують (в міру необхідності) централізовано.

Галузеві нормативи встановлюють на роботи, специфічні тільки для певної галузі машинобудування. Ці нормативи розробляють у централізованому для галузі порядку галузеві науково-дослідницькі інститути та проєктно-технологічні інститути.

Заводські нормативи розробляють на специфічні для певного підприємства види робіт, які не охоплені міжгалузевими і галузевими нормативами. Ці нормативи складають органи нормування праці підприємств за методикою і річними планами, погодженими з організацією, що випускає галузеві нормативи.

Особливим різновидом нормативів є мікроелементні нормативи. Мікроелемент являє собою сукупність рухів для того, щоб взяти або перемістити який-небудь предмет, наприклад взятися за рукоятку, пересунути важіль і т. п.

Розчленовуючи операцію на прийоми, а останні – на мікроелементи і рухи і вибираючи їх тривалість з відповідних нормативних таблиць з урахуванням відстані, напруження (зусилля), темпу та ступеня точності, можна визначити тривалість цієї операції.

Нормативи режимів роботи устаткування призначаються для нормування основного часу (машинного і машинно-ручного). Вони ґрунтуються на ретельних дослідженнях, виконаних як в лабораторних, так

і виробничих умовах, та на вивченні досвіду роботи новаторів і виробничих можливостей устаткування.

Кожну технологічну операцію і технологічний процес в цілому можна розробити в декількох технічно рівноцінних варіантах. Вибирають варіант у результаті техніко-економічного порівняльного аналізу показників, що характеризують ефективність і рентабельність варіантів.

Операція – це основний розрахунковий елемент технологічного процесу. Час, що витрачається на операцію, є критерієм, який характеризує доцільність її виконання в умовах заданої виробничої програми.

Всі роботи, що виконуються на машинобудівному виробництві під час тієї чи іншої операції, поділяють на три види – основні, допоміжні та підготовчо-заклучні.

Основною роботою називають таку, що спрямована безпосередньо на зміну форми, розмірів, стану або положення певного предмета праці (виробу, заготовки, матеріалу), якщо ця зміна є метою цього виробничого процесу. Наприклад, у механічних цехах основна робота – зміна форми та розмірів деталі різанням, у ковальських – штампування і кування, у ливарних – лиття, тобто зміна стану матеріалу.

Допоміжною називають роботу, яка необхідна для виконання певного виробничого процесу, але не вносить у предмет праці змін, що є метою технологічного процесу. При механічному обробленні на верстатах допоміжними роботами є такі: встановлення деталі на верстат; вивірення, кріплення, вивільнення, знімання, переустановлення деталі; вмикання і вимикання верстата; зміна швидкостей різання і подач; встановлення і знімання інструменту.

Основна і допоміжна роботи повторюються регулярно при кожній операції над кожним виробом.

Підготовчо-заклучна робота виконується раз на всю партію і поділяється на підготовчу і заклучну. *Підготовча* робота містить отримання наряду, креслень та інструкцій, а також заготовки (матеріалу), пристроїв та інструменту, ознайомлення з кресленням, налагодженням і змащенням верстата. *Заклучною* називається робота, яку слід виконати по закінченні оброблення однієї деталі або партії деталей: здача роботи, знімання з верстата, здавання інструменту і пристроїв, прибирання верстата і т. д.

Якщо основна або допоміжна робота повністю виконується на верстатах-автоматах, то її називають *машинною*. За відсутності на верстаті автоматизації навантаження й керування основна робота вважається машинно-ручною, а допоміжна – ручною.

Час, який витрачається працюючими на виконання того чи іншого технологічного процесу або його частини, називається *трудомісткістю*. Одиницею трудомісткості є людино-година. Проміжок часу, протягом якого оброблювана деталь перебуває на верстаті, називають

верстатомісткістю.

Одиниця верстатомісткості – *верстатогодина*. Розрізняють верстатомісткості операції, деталі і виробу. Трудомісткість і верстатомісткість можуть бути фактичними і розрахунковими.

Для нормування праці та планування виробничого процесу використовується норма часу або норма виробітку. *Нормою часу* називають регламентований час виконання певного обсягу робіт у певних виробничих умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації. При встановленні норми часу на малотрудомісткі операції, що обчислюються хвилинами і навіть секундами, застосовують *норму виробітку* – регламентований обсяг роботи, яка має бути виконана за одиницю часу і за повних організаційно-технічних умов одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації. Норму часу вимірюють у годинах або хвилинах із указанням кваліфікації роботи, наприклад: 11 годин – робота 5-го розряду. Норма виробітку вимірюється кількістю виробів за одиницю часу із указанням кваліфікації роботи, наприклад: 980 шт./год, робота 4-го розряду.

Запитання для самоконтролю

1. Предмет і завдання технічного нормування.
2. Класифікація затрат робочого часу і структура норми часу.
3. Визначення робочого часу спостереженням.
4. Основи розроблення нормативів для нормування праці.
5. Організація техніко-нормувальної роботи.

2.21. Нормування робіт на металорізальних верстатах

Виробничий процес механічного оброблення металів на машинобудівних підприємствах дуже різноманітний і складається з токарних, стругальних, довбальних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних і багатьох інших операцій.

Залежно від обсягу однакових робіт нормування перелічених вище основних операцій виконується з більшою або меншою точністю. Точність нормування робіт на металорізальних верстатах визначається головним чином умовами розрахунку:

- а) на середні умови роботи всіх (наприклад, токарних) верстатів (одиничне виробництво);
- б) на середні умови роботи групи однакових (наприклад, певного типу малих токарних і т. п.) верстатів (серійне виробництво);
- в) на конкретні умови роботи кожного окремого верстата (масове виробництво).

Розрахунок норми основного машинного часу виконання робіт на металорізальних верстатах потребує правильного визначення режимів різання. Вибір режиму різання полягає у визначенні глибини різання, кількості проходів, подачі, швидкості і сили різання, а також потужності, необхідної для різання.

Основними видами *токарних робіт* є: зовнішнє поздовжнє обточування, торцеве обточування, відрізання та розточування внутрішніх отворів.

Нормування кожного виду робіт містить визначення:

- а) основного часу (машинного або машинно-ручного);
- б) допоміжного часу (на установлення, вимірювання і зняття деталі);
- в) додаткового часу (на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і природні потреби;
- г) підготовчо-заключного часу.

Розрахунок основного (машинного) часу виконується шляхом вибору найвигіднішого режиму роботи обладнання, тобто такого режиму, при якому забезпечується найбільш висока продуктивність при найбільш низькій собівартості оброблюваного предмета.

Загальна формула для визначення машинного часу T_m являє собою залежність тривалості оброблення деталі від її розмірів оброблення і від технологічного режиму роботи обладнання:

$$T_m = \frac{L}{n \cdot s} i, \text{ хв,}$$

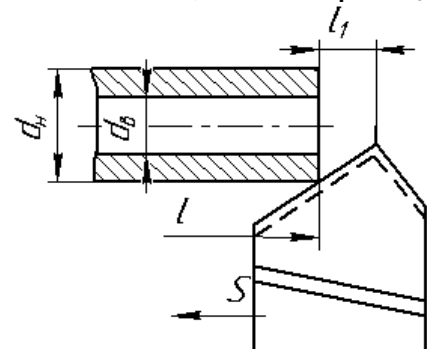
де L – розрахункова довжина оброблення, тобто шлях, який проходить різець у напрямку подачі, мм;

n – кількість обертів деталі за хвилину;

s – подача різця на один оберт, мм;

i – кількість проходів різця.

Розрахункова довжина оброблюваної деталі визначається як сума складових (рис. 2.80):



$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм,}$$

де l – довжина оброблюваної деталі в напрямку подачі (встановлюється за креслеником), мм;

l_1 і l_2 – відповідно довжина врізання й виведення інструменту, мм (від 0,5 до 5 мм);

l_3 – довжина проходів при знятті пробних стружок, мм (від 1 до 2 мм).

Кількість обертів деталі за хвилину знаходиться у такій залежності від швидкості різання:

Рис. 2.80. Схема підрізання деталі

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \text{ м/хв,}$$

де v – швидкість різання, м/хв;

d – діаметр оброблюваної деталі (заготовки), мм;

1000 – числовий множник для переведення метрів в міліметри.

Швидкість різання V визначають за нормативами режимів різання залежно від глибини різання, подачі, матеріалу різальної частини інструменту та ін.

Глибину різання t визначають залежно від величини припуску, необхідної якості поверхні та економічної доцільності зняття припуску на чорнову обробку за один прохід, тобто

$$t = \frac{d - (d_1 + 2t_1)}{2}, \text{ мм,}$$

де d – діаметр деталі до оброблення, мм;

d_1 – діаметр остаточно обробленої деталі (після чорнового і чистового проходів);

t_1 – припуск на чистове оброблення, мм.

Якщо зняти припуск за один прохід неможливо, оброблення виконують у кілька проходів. Кількість проходів i визначають за відношенням величини припуску h до глибини різання t , тобто

$$i = \frac{h}{t}.$$

Величину подачі інструменту (різця) на один оберт оброблюваної деталі встановлюють за нормативами залежно від глибини різання, якості оброблення і жорсткості системи ВПІД (верстат – пристрій – інструмент – деталь).

При обробленні на багаторізцевих, багатошпиндельних і багатопозиційних верстатах і на автоматичних лініях особливості операції накладають на режими різання певні обмеження:

1. Усі інструменти мають працювати з однаковою подачею в міліметрах на оберт шпинделя або за один подвійний хід.

2. Довжина ходу для всіх інструментів має бути однаковою (вказане обмеження характерне для верстатів, що працюють різцями, закріпленими на одному супорті).

3. Співвідношення між величинами подач окремих інструментів задане і не може бути змінене (наприклад, при роботі багатошпиндельної свердлильної головки співвідношення між подачами для окремих

шпинделів обов'язково має дорівнювати передаточному відношенню кінематичного ланцюга, що зв'язує ці шпинделі).

4. Усі інструменти мають працювати з однією і тією ж частотою обертання шпинделя (наприклад, робота багаторізцевих токарних верстатів, робота декількох фрез, закріплених на одній оправці).

5. Співвідношення частот обертання шпинделів і окремих інструментів задане і не може бути змінене.

6. Усі інструменти мають працювати з однаковою хвилинною подачею.

7. Усі інструменти мають працювати з однаковою швидкістю різання (наприклад, при роботі на поздовжньо-стругальних верстатах).

8. Машинний час інструментів (супортів, агрегатів тощо) має бути однаковий (при цьому частоти обертання шпинделів і подачі в міліметрах на оберт і в міліметрах за хвилину можуть бути різними, наприклад, нормування автоматичної лінії та багатопозиційних верстатів послідовної дії).

На свердлильних верстатах виконуються такі основні роботи: свердління і розсвердлення отвору, зенкерування, зенкування різноманітних фасонних отворів, підрізання бобишок та інших торцевих поверхонь, розгортання отвору циліндричними і конічними розвертками, нарізування різі машинними мітчиками.

Нормування робіт, які виконуються на свердлильних верстатах, здійснюється як за диференційованими нормативами режимів різання і часу, так і за укрупненими нормативами. При розрахунку норм за диференційованими нормативами одним з основних факторів є визначення оптимальних режимів різання, на підставі яких розраховується основний час.

Основний (машинний) час залежно від виду робіт, що виконуються, визначається формулами:

1) свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання і зенкування отвору, підрізання торця підрізною пластиною

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{L + l_1}{n \cdot S} \cdot i,$$

де L – розрахункова довжина оброблення (шлях, що проходить інструмент у напрямку подачі), мм;

l – довжина поверхні, що обробляється (при свердлінні, розсвердленні, зенкеруванні, зенкуванні, розгортанні – довжина отвору, при підрізанні торця – величина припуску, що знімається на цьому переході), мм;

l_1 – величина врізання і перебігання інструменту, мм;

S – подача інструменту, мм/об;

n – кількість обертів інструменту за хвилину.

Кількість обертів інструменту за хвилину визначається формулою

$$n = (1000 \cdot V) / \pi d,$$

де V – швидкість різання, м/хв;

d – діаметр отвору, що обробляється, мм.

Подачі при роботі на свердлильних верстатах розраховують виходячи з механічних властивостей матеріалу, що обробляється, необхідної точності і шорсткості поверхні інструменту, що застосовується, жорсткості і кріплення деталі та ін.

Подача має задовольняти умову

$$P_x < P_e,$$

де P_x – осьова сила різання (сила подачі), кг;

P_e – осьова сила, що допускається механізмом подачі верстата (визначається за паспортом верстата), кг.

При роботі мітчиками величина подачі дорівнює кроку мітчика. Глибина різання визначається формулами:

1) при свердленні в суцільному матеріалі

$$t = D_H / 2,$$

де D_H – діаметр свердла, мм;

2) при розсвердленні, зенкеруванні, розгортанні

$$t = (D_H - d_e) / 2,$$

де D_H – діаметр свердла, зенкера, розгортки, мм; d_e – початковий діаметр отвору, мм.

Швидкість різання визначається залежно від виду робіт, глибини різання і подачі, матеріалу різальної частини інструменту, довжини отвору та ін.

Вибраний режим різання для свердління, розсвердлення і зенкерування перевіряється за потужністю, а також за крутним моментом і має відповідати таким умовам:

$$N_{piz} < N_e \text{ або } 2M_{кр} < 2M.$$

Розрахунок допоміжного часу, часу на обслуговування робочого місця і підготовчо-заключного не відрізняється від розрахунку при роботі на токарних верстатах. Винятком є призначення часу, пов'язаного з переходом (проходом). У цьому випадку до нього необхідно додавати час на введення і виведення свердла для видалення стружки (свердління і розсвердлення).

Матеріал різальної частини інструментів – Р6М5.



2. Розрахунок штучного часу на операцію:

$$T_{\text{ш1}} = T_{\partial} + T_{\text{н.ш}}, \text{XB,}$$

3. Розрахунок штучного часу на операцію з урахуванням поправкового коефіцієнта залежно від розміру партії деталей:

$$T_{\psi} = T_{\psi 1} K, \text{ XB,}$$

$$H_y = T_{\text{ш}} + (T_{\text{п-3}}/q),$$

де $T_{ш}$ – норма штучного часу, хв;

$T_{п-з}$ – підготовчо-завершальний час, хв;

q – кількість деталей у партії, шт.

Головним рухом на верстатах *фрезерної групи*, як видно з рис. 2.82, є обертання фрез, а допоміжними рухами є поздовжня, поперечна й вертикальна подачі стола. При цьому використовують циліндричні, торцеві, дискові та інші фрези.

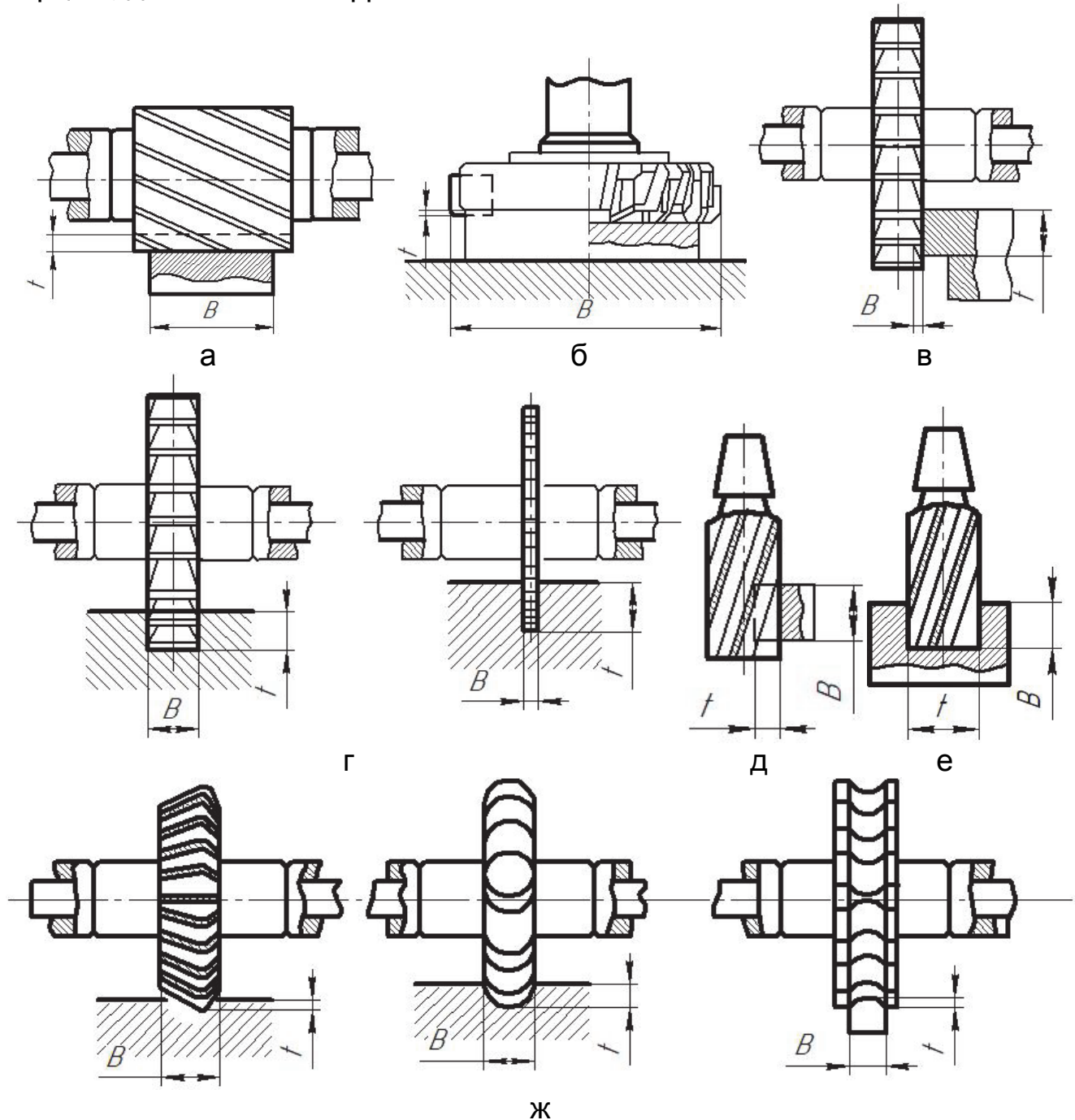


Рис. 2.82. Основні схеми при фрезерних роботах: а – оброблення площини циліндричною фрезою; б – те ж саме торцевою фрезою; в – те ж саме дисковою фрезою; г – фрезерування пазів дисковою фрезою; д – оброблення площини кінцевою фрезою; е – фрезерування пазів кінцевою фрезою; ж – фрезерування фасонними фрезами

Загальна методика розрахунку й послідовність визначення режимів різання і норм часу при фрезеруванні залишаються такими, як викладено вище.

Особливостями визначення режимів різання є:

L_{px} – довжину робочого ходу визначають за формулою

$$L_{px} = l + l_1 + l_2 + L_{доd}, \text{ мм},$$

де l – довжина різання, що дорівнює довжині оброблення, яку вимірюють в напрямку різання, мм;

l_1, l_2 – довжина врізання і довжина перебігання інструменту, які визначають за нормативами, мм;

$L_{доd}$ – додаткова довжина ходу, що спричинена особливостями налагодження і конфігурації деталі, мм;

t – глибину фрезерування визначають як величину, яку необхідно зняти за один прохід інструменту;

B – середню ширину фрезерування визначають за допомогою виразу

$$B = F/l, \text{ мм},$$

де F – площа фрезерованої поверхні, мм² (зазвичай ширину фрезерування вимірюють в напрямку, паралельному до осі обертання фрези, а глибину фрезерування – у перпендикулярному напрямку до цієї осі обертання; при фрезеруванні торцевими фрезами ширину і глибину фрезерування вимірюють навпаки);

S_z – подачу на зуб визначають за нормативами на її матеріал.

Хвилинну подачу S_m , визначають за формулою з наступним уточненням за паспортними даними верстата:

$$S_m = S_z n_{\phi}, \text{ мм/хв},$$

де Z – кількість зубців фрези.

Основний час усіх видів фрезерування визначають за формулою

$$T_o = L_{px} i / S_m, \text{ хв}.$$

При *нарізанні зубчастих коліс* модулем до 2,5 мм оброблення виконується за один прохід при глибині різання $t = 2,2m$.

При нарізанні зубчастих коліс модулем 2,5 мм і більше оброблення виконується за два проходи. Глибина різання: для першого проходу $t = 1,4m$; для другого – $t = 0,7m$.

Чистове оброблення зазвичай виконується за один прохід.

Зубодовбання дисковими довбачами коліс модулем 3 мм і більше та високої точності виконується за два проходи. Глибина різання: для

першого проходу $t = 1,4m$; для другого – $t = 0,7m$.

Частоту обертання фрези (шевера) або кількість подвійних ходів довбача визначають для зубофрезерування і шевінгування:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\phi}}, \text{ хв}^{-1},$$

для зубодовбання

$$n = \frac{1000V}{2L}, \text{ подв. хід/хв},$$

де D_{ϕ} – діаметр фрези (шевера), мм;

L – довжина ходу довбача:

$$L = l + l_1, \text{ мм.}$$

Тут l – довжина зуба, мм;

l_1 – величина перебігання довбача.

Дійсну швидкість різання визначають при зубофрезеруванні і шевінгуванні:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{\phi} n_{\partial}}{1000}, \text{ м/хв},$$

при зубодовбанні $V_{\partial} = \frac{2nL}{1000}, \text{ м/хв}.$

Визначається потужність, яка витрачається на різання та зв'язується з потужністю двигуна верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\partial\partial} \cdot \eta,$$

$$N_e \leq N_{\text{шп}}.$$

Коефіцієнт корисної дії зуборізних верстатів $\eta = 0,5 \dots 0,6$.

Основний час визначається при зубофрезеруванні циліндричних коліс черв'ячними фрезами:

$$T_0 = \frac{Lz}{nS_o K} i, \text{ хв},$$

при зубофрезеруванні циліндричних коліс дисковими модульними фрезами

$$T_0 = \frac{Lz}{nS_o} i, \text{ хв},$$

при зубодовбанні $T_0 = \frac{\pi m z}{n S} i + \frac{h}{n S_{\text{рад}}}$, хв,

при шевінгуванні

$$T_0 = \frac{l z}{n S_o z_u} i, \text{ хв,}$$

де $L = l + l_1$;

l_1 – довжина врізання та перебігання інструменту, мм;

l – довжина зуба, мм;

i – кількість проходів;

$S_{\text{хв}}$ – хвилинна подача, мм/хв;

z – кількість зубів деталі;

h – висота зуба, мм;

n – частота обертання (кількість подвійних ходів) інструменту;

S_o – подача на оберт колеса, що нарізується, мм/об;

m – модуль колеса, мм;

K – кількість заходів фрези;

S – подача на подвійний хід інструменту, мм/подв. хід;

$S_{\text{рад}}$ – радіальна подача, мм/подв. хід;

z_u – кількість зубів інструменту.

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = \sum T_o + \sum T_d, \text{ хв,}$$

Норма штучного часу

$$T_{\text{шт}} = (T_o + K_{\text{мс}} \sum T_d) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{відп}}}{100} \right), \text{ хв,}$$

де $K_{\text{мс}}$ – поправковий коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт і розмірів обладнання.

Для призначення $K_{\text{мс}}$ необхідно визначити сумарну тривалість оброблення партії деталей

$$T_{\text{пр}} = T_o n n_{\text{зм}} / 480, \text{ хв,}$$

де n – кількість деталей в партії;

$n_{\text{зм}}$ – кількість змін.

Визначення норми штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \text{ хв.}$$

Запитання для самоконтролю

1. Особливості нормування токарно-гвинторізних робіт.
2. Особливості нормування токарної багатоінструментної операції.
3. Свердлильні роботи. Нормування робіт на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах.
4. Особливості нормування багатоінструментних робіт на свердлильних верстатах.
5. Фрезерні роботи. Особливості нормування робіт на фрезерних верстатах.
6. Зубонарізні роботи. Призначення і класифікація зубообробних робіт.
7. Нормування зубофрезерних робіт.
8. Нормування зубодовбальних і зубошевінгувальних робіт.
9. Особливості визначення режимів різання за загальнотехнічними нормативами на зубофрезерну операцію.
10. Особливості визначення режимів різання та норм часу за загальнотехнічними нормативами на зубодовбальну операцію.

2.22. Металорізальні верстати, класифікація і формоутворювальні рухи

Металорізальні верстати є основним видом заводського обладнання, яке використовується для виробництва всіх сучасних машин, приборів, інструментів та інших видів виробів, тому кількість верстатів, їх технічний рівень значною мірою характеризує виробничу міцність держави.

Металорізальні верстати забезпечують виготовлення деталей різної форми з високим ступенем точності розмірів та заданою шорсткістю поверхонь. Залежно від характеру виконуваних робіт верстати поділяють на групи, які в свою чергу розбиваються на типи.

До характеристик верстатів входять такі основні признаки:

- вид оброблення;
- вид різального інструменту;
- ступінь автоматизації;
- клас точності роботи;
- кількість робочих органів верстата;
- конструктивні особливості.

Верстати класифікуються:

- за признаком універсальності;
- видами виконуваних робіт;
- масою;
- ступенем точності.

За признаком універсальності бувають:

- універсальні верстати, на яких виконують різні операції при

обробленні різноманітних деталей за формою, розмірами (наприклад, токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62);

- спеціалізовані верстати, на яких обробляють деталі, схожі за конфігурацією, але мають різноманітні розміри (наприклад, баторізцеві; зубообробні; різенарізні);

- спеціальні верстати, призначені для однієї окремої деталі або деталей одного типорозміру.

За масою верстати поділяють на легкі (до 1 тонни); середні (до 10 тонн); важкі (більше ніж 10 тонн).

Важкі у свою чергу поділяють на великі (10...30 тонн); особливо важкі (30...100 тонн); унікальні (більше ніж 100 тонн).

За ступенем точності верстати поділяють на п'ять класів:

I клас **Н** – верстати нормального ступеня точності, до нього належить більшість універсальних верстатів;

II клас **П** – верстати підвищеної точності;

III клас **В** – верстати високої точності, прецизійні;

IV клас **А** – верстати особливо високої точності;

V клас **С** – особливо точні або майстер-верстати, призначені для виготовлення деталей, які визначають точність верстатів **А** і **В**.

За видами виконуваних робіт верстати бувають:

- токарні;
- свердлильні;
- шліфувальні;
- зубо- та різеобробні;
- фрезерувальні;
- довбальні і т. п.

Усі верстати поділяють на дев'ять груп:

- токарні;
- свердлильні;
- шліфувальні, полірувальні і довідні;
- комбіновані;
- зубо- і різеобробні;
- фрезерні;
- стругальні, довбальні, протягувальні;
- розрізні;
- різні верстати.

Групи та типи металорізальних верстатів. Класифікація за видами виконуваних робіт верстати бувають:

- токарні;
- свердлильні;
- шліфувальні;
- зубо- та різеобробні;
- фрезерувальні;
- довбальні і т. п.

Така класифікація дає змогу присвоїти кожному верстату шифр (індекс, модель) – умовне позначення типу та моделі. Індекс складається з 3 – 4 цифр:

- перша вказує групу верстата;
- друга – тип;
- третя та четверта – характеризують один з найважливіших розмірів верстата або оброблюваної деталі.

При модернізації до індексу додають літеру між першою та другою цифрою.

Наприклад: верстат мод. 1730 означає багаторізцевий токарний верстат з найбільшим оброблюваним діаметром 300 мм.

Модифікацію верстата позначають буквою в кінці шифру, наприклад: 6Н12 – вертикально-фрезерний верстат; 6Н12К – копіювально-фрезерний верстат.

Всі рухи у верстатах, у тому кількості і формоутворювальні, називаються виконавчими. За цільовою ознакою їх можна поділити на рухи: формоутворення **Φ** , установні **B_{ycm}** , ділення **D** , керування ***Кер***, допоміжні ***Доп*** (визначення формоутворювальних рухів наведено вище).

Установними рухами заготовки та інструменту називають таке відносне положення, при якому стає можливим за допомогою формоутворювальних рухів отримувати поверхні необхідного розміру. Прикладом установного руху є поперечний рух різця, положення якого дає змогу отримати круговий циліндр необхідного діаметра. Установний рух, при якому відсутнє різання, називають *налагоджувальним*.

Якщо при установному русі відбувається різання матеріалу, то такий рух називають *рухом різання*. Поперечне переміщення різця для утворення канавки необхідного діаметра **d** називають *рухом врізання* **Bp** (**Π**). Іноді рух врізання за своєю структурою може збігатися з рухом формоутворення або здійснюватися одночасно з ним.

Ділильними називають рухи, необхідні для забезпечення рівномірного розташування на заготовці однакових утворених поверхонь. Наприклад, при нарізуванні двозахідної різі фасонним різцем після нарізання однієї гвинтової канавки потрібно повернути заготовку на 180° для нарізання другої гвинтової канавки. Поворот заготовки на 180° і буде ділильним рухом. Рухом ділення буде також рух повороту дискової фрези на кут α при затилуванні її зубів. Ділильні рухи можуть бути періодичними або безперервними, що залежить в основному від конструкції різального інструменту. Безперервні ділильні рухи за своєю структурою збігаються з одним із формоутворювальних рухів, які виконують одночасно процеси формоутворення і ділення.

До допоміжних рухів належать рухи, що забезпечують установлення, затискання, звільнення, транспортування, швидке переміщення заготовки й різального інструменту або заготовки в зону різання, охолодження, змащення, видалення стружки, правку інструменту, вимірювання і т. п.

До рухів керування належать ті, які здійснюють органи керування, регулювання і координування всіх інших виконавчих рухів верстата. До таких органів належать муфти, реверсивні пристрої, кулачки, обмежувачі ходу та ін.

Визначальну роль у формуванні кінематичної структури верстата відіграють рухи формоутворення, установні (врізання) і ділення.

Будь-який виконавчий рух у верстаті можна охарактеризувати п'ятьма просторовими параметрами: *траєкторією, швидкістю, напрямком, шляхом, вихідною точкою*. Найбільш важливими параметрами будь-якого руху є траєкторія і швидкість. Залежно від характеру виконавчого руху, форми його траєкторії, схеми різання, виду і конструкції різального інструменту рух теоретично можна налаштовувати за двома, трьома, чотирма або п'ятьма параметрами. Найбільшої кількості параметрів установки може знадобитися лише для складного руху з незамкненою траєкторією. За чотирма параметрами (за винятком налаштування на траєкторію) здійснюється налаштування простого руху з незамкненою траєкторією, за трьома параметрами (на траєкторію, швидкість і напрямком) – складний рух з замкнутою траєкторією.

Щоб відповісти на головні запитання, необхідно відновити основні поняття процесу різання і особливості роботи верстатів. Знання процесів різання відіграють важливу роль при розробленні технологічних процесів механічної обробки деталей.

Розглянемо питання процесів різання, які впливають на основні показники якості деталей, які виготовляють.

Головне завдання, що вирішується при розробленні технологічного процесу виготовлення деталі, полягає в забезпеченні заданої якості деталі: точність форми, розмірів і взаємного положення поверхонь, а також властивості її основного матеріалу поверхневого шару.

Крім необхідності забезпечення заданої якості деталі технологічний процес її виготовлення має бути економічним, безпечним та екологічно чистим (у межах установлених норм).

Формоутворення деталей під час механічної обробки заготовок може здійснюватися: з видаленням матеріалу із заготовки; без видалення матеріалу із заготовки; з нанесенням матеріалу на заготовку; комбінованими способами.

Під час різання виділяють такі види обробки: точіння, стругання, довбання, свердління, зенкерування, розгортання, фрезерування, різенарізання, зубонарізання, протягування, шліфування.

Просторову форму деталі визначає поєднання різних поверхонь, які можна звести до простих геометричних поверхонь:

- плоских;
- тіл обертання (циліндричних, конічних, кульових, торцевих і т. п.);
- гвинтових та ін.

Геометричну поверхню можна подати сукупністю послідовних

положень слідів однієї твірної лінії, яка рухається по іншій напрямній лінії. Наприклад, для утворення кругової циліндричної поверхні твірною є пряма лінія. Її переміщують по колу, яке є напрямною лінією.

Усі рухи в металорізальних верстатах називаються виконавчими і за їх цільовим призначенням поділяються:

- на формотвірний;
- установний;
- ділильний;
- керувальний;
- допоміжний.

Формотвірні рухи одночасно є рухами різання. Розрізняють такі рухи різання:

1. *Головний рух (рух різання)* – це рух, який забезпечує відділення припуску і виконується з більшою швидкістю. Якщо у верстаті тільки один формоутворювальний рух, то це рух різання. Цей рух може бути як обертальним так і поступальним.

2. *Рух подачі* – це рух, що забезпечує процес зняття шару металу з ділянок заготовки. Якщо у верстаті два формотвірних рухи, то один з них виконується з меншою швидкістю, який є рухом подачі. Рухів подачі у верстаті може не бути зовсім, у цьому випадку цей рух реалізується інструментом, а може бути декілька, це буває у тому випадку, якщо для формоутворення використовуються два методи формоутворення.

3. *Ділильні формотвірні рухи* – це рухи, які здійснюють безперервний поділ поверхні заготовки в процесі різання. Ділильні рухи можуть бути періодичними або безперервними, що залежить в основному від конструкції різального інструменту. Безперервні ділильні рухи за своєю структурою збігаються з одним із формотвірних рухів, який виконує одночасно процеси формоутворення і ділення.

4. *Установними* називають рухи заготовки та інструменту, що необхідні для переміщення їх у таке відносне положення, при якому стає можливим за допомогою формотвірних рухів отримувати поверхні необхідного розміру. Прикладом установного руху є поперечний рух різця для встановлення його у положення, що дає змогу отримати круговий циліндр необхідного діаметра **D**.

5. До допоміжних рухів належать рухи, що забезпечують установлення, затиск, звільнення, транспортування, швидке переміщення заготовки і різального інструменту в зону різання, змащування, видалення стружки, правку інструменту і т. п.

При обробленні (формоутворенні) на металорізальних верстатах твірні і напрямні лінії відтворюються комбінацією рухів заготовки та інструменту, швидкості яких узгоджені між собою. Формоутворення на металорізальних верстатах може бути реалізовано чотирма основними методами: копіювання, сліду, дотику і обкату. Залежно від характеру руху їх налаштовують за одним або декількома параметрами. Найбільш

важливим параметром є швидкість. Кожен з методів формоутворення поверхонь потребує цілком певної кількості рухів.

Для метода копіювання характерно, що форма різальної кромки інструменту відповідає формі твірної лінії оброблюваної поверхні деталі (рис. 2.83, а). Напрямна лінія 2 відтворюється обертанням заготовки (головний рух), який є формотвірним. Завдяки руху подачі отримують геометричну поверхню заданого розміру.

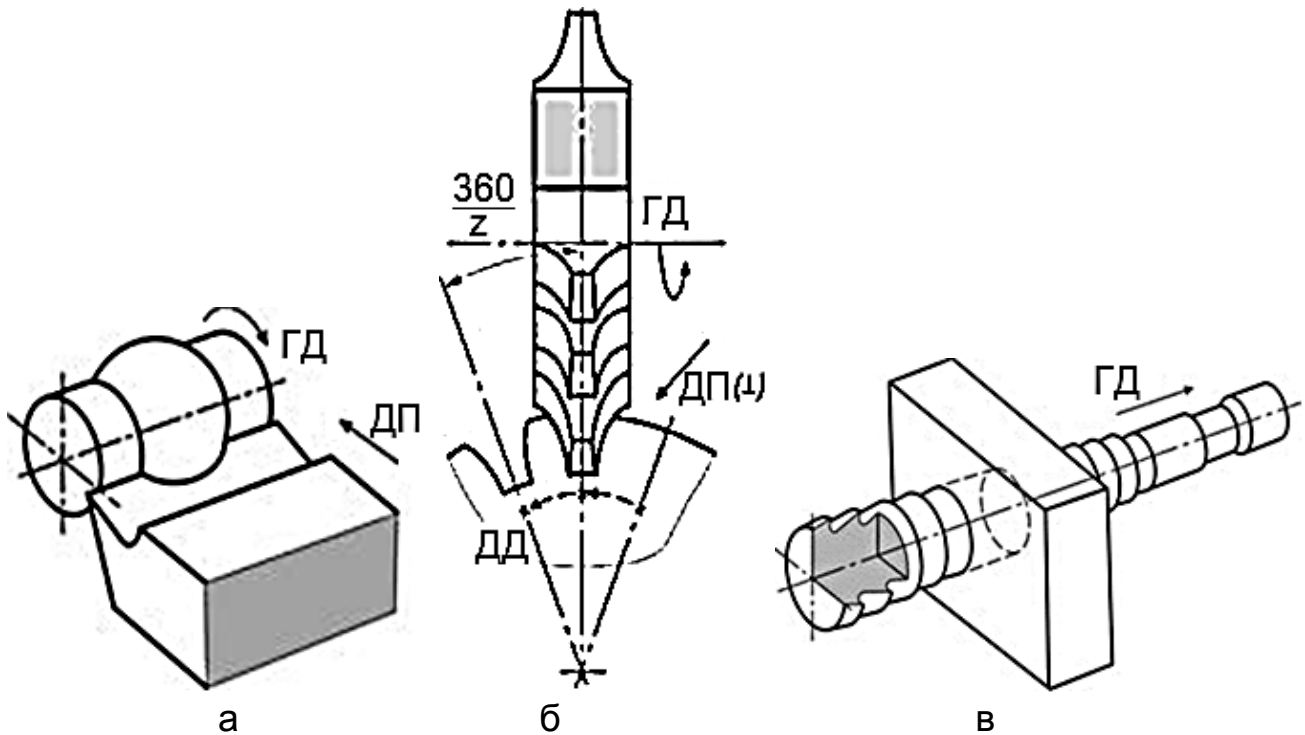


Рис. 2.83. Схеми оброблення поверхонь за методом копіювання

Для методу слідів твірна лінія головного руху є траєкторією руху точки вершини різальної кромки інструменту, а напрямна лінія руху подачі – траєкторією руху точки заготовки (рис. 2.84). Формотвірними є головний рух різання і рух подачі, які мають бути взаємозв'язані.

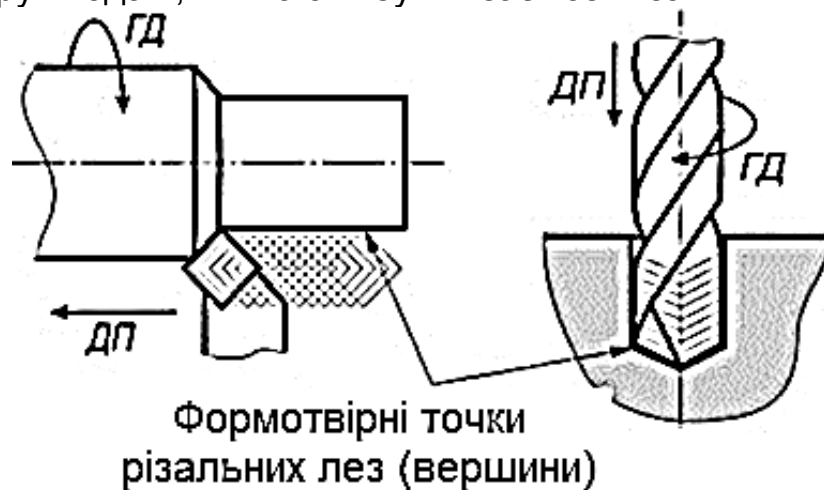


Рис. 2.84. Схеми оброблення поверхонь за методом слідів

Для методу дотику твірною лінією рухом подачі є різальна кромка інструменту (рис. 2.85), а напрямною лінією головного руху — дотична до низки геометричних допоміжних ліній — траєкторій точок різальної кромки інструменту. Формотвірними є тільки рухи подач.

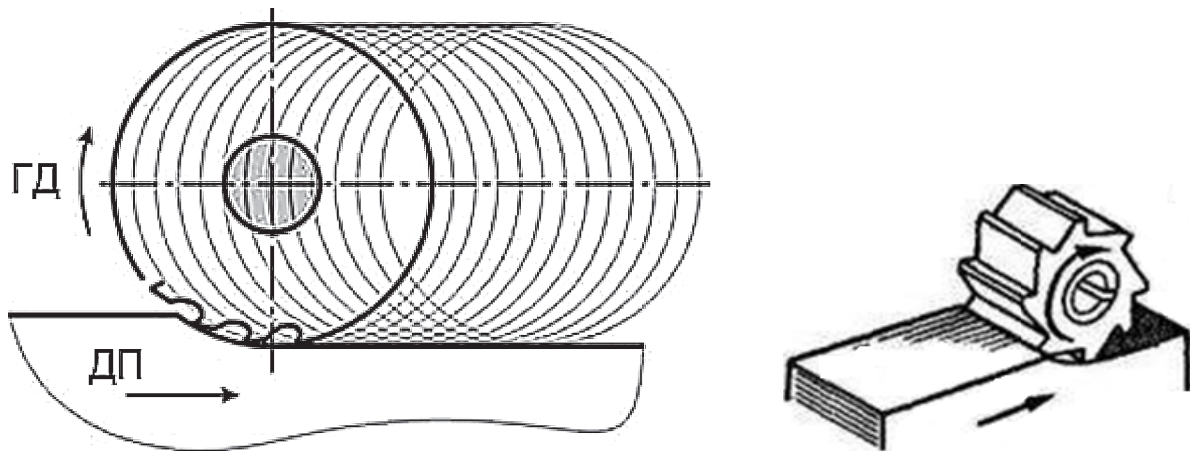


Рис. 2.85. Схема оброблення поверхні за методом дотику

Метод обкату (огинання). При обробленні заготовок за методом обкату (рис. 2.86) твірна лінія здійснює огинання низки послідовних положень різальної кромки інструменту, в результаті чого спостерігається імітоване зубчасте зачеплення, одним зубчастим колесом є різальний інструмент, а іншим – оброблювана заготовка. Рух різання і рух подачі при цьому мають бути певним чином узгоджені між собою. При узгодженому русі обертового різального інструменту уздовж осі заготовки, яка обертається, прямолінійні різальні кромки займають послідовно положення, які створюють евольвентну формотвірну лінію зуба (рис. 2.86).

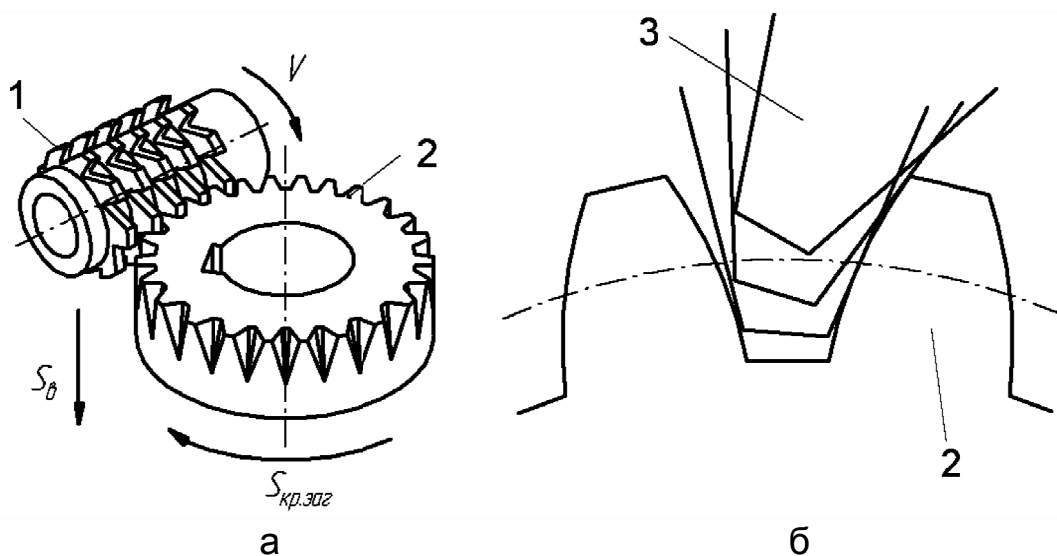


Рис. 2.86. Схеми оброблення поверхонь 2 за методом обкату (огинання): а – черв'ячною фрезой 1; б – рейкою або гребінкою 3

При обробленні за методом обкату всі рухи формує зуб. Отже, один з робочих рухів формоутворення є складним і складається з погоджених між собою переміщень заготовки та інструменту і називається рухом обкату (огинання).

На відміну від копіювання точки виходять послідовно під час складного руху.

Характерним прикладом оброблення (формоутворення) за методом обкату є нарізування зубчастих коліс черв'ячною фрезой або гребінкою або зубчастим довбачем, при якому обертання фрези (довбача) і заготовки (кругова подача) строго узгоджені між собою, а форма різальної частини інструменту (форма зуба) визначається формою зуба колеса, який нарізається.

Вибір технологічного обладнання в умовах одиничного, серійного і масового виробництва починають з аналізу формування технологічних переходів при обробленні окремих поверхонь деталі. Розробляючи технологічний маршрут виготовлення деталі при формуванні окремих операцій, вибирають тип устаткування (токарне, фрезерне і т. д.), уточнюють модель устаткування з урахуванням вимог, які мають бути забезпечені при виконанні певної операції (за паспортами різних моделей устаткування, в яких містяться їхні повні характеристики). При розробленні проєктної технології вибір технологічного обладнання обмежується економічними міркуваннями.

Попередньо обладнання вибирають паралельно з розробленням МОП і МОД відповідно до типу виробництва.

Згідно з класифікацією верстатне обладнання поділяють на такі види: верстати широкого або загального призначення (універсальні), верстати високої продуктивності, верстати спеціалізовані та спеціальні.

Верстати широкого або загального призначення застосовують у серійному та одиничному виробництвах.

Верстати високої продуктивності мають обмежені технологічні можливості. Проте завдяки підвищеній потужності та жорсткості на них можна виконувати оброблення на більш високих режимах різання і більш концентрованими методами. До верстатів цього типу належать: токарні багаторізцеві, гідрокopіювальні, одно- і багатошпиндельні автомати і напівавтомати, круглошліфувальні, що працюють за методом поперечної подачі, безцентрово-шліфувальні, барабанно- й карусельно-фрезерні та ін. Такі верстати призначено для великосерійного та масового виробництва.

Спеціалізовані верстати створюють на базі верстатів високої продуктивності встановленням додаткових шпинделів та інших вузлів, за допомогою яких вони можуть бути пристосовані для виконання конкретних операцій при обробленні конкретних деталей в умовах масового виробництва.

Спеціальні верстати проєктують і виготовляють на особливе замовлення та використовують для виконання певної операції.

Проектування та виготовлення верстатів цієї групи є дуже дорогим. Тому вони виправдовують себе лише у масовому виробництві. Особливі групи складають агрегатні верстати, що застосовуються в серійному та масовому виробництвах, та верстати з числовим програмним керуванням, які використовують в умовах дрібно- та середньосерійного виробництва.

Вибір технологічного обладнання має базуватись на аналізі витрат на реалізацію технологічного процесу в межах життєвого циклу виробів при заданій їх якості. Результати аналізу подають відношенням основних часів, штучних часів, зведених затрат при виконанні робіт на різних верстатах.

Обладнання вибирають за головним критерієм, що найбільше виявляє його функціональне призначення і технологічні можливості. Таким критерієм є вид оброблення, на який розраховано верстат відповідно до його службового призначення (токарний – для точіння, фрезерний – для фрезерування та ін.). Другим за важливістю критерієм є габаритні розміри робочої зони верстата, які мають відповідати габаритним розмірам заготовки з урахуванням розмірів пристрою. Третім критерієм є відповідність верстата необхідній точності оброблення.

Забезпечивши дотримання цих трьох основних вимог, подальший аналіз виконують у напрямку виявлення можливості роботи на оптимальних режимах, відповідності верстата за потужністю, продуктивністю, можливості його механізації та автоматизації. Аналіз має виходити з того, що зведені витрати на виконання операції мають бути мінімальними, а період окупності меншим, ніж життєвий цикл виробів, що виготовляються. При цьому враховують також зручність обслуговування, можливість багатOVERSTATного обслуговування, вимоги техніки безпеки та промислової санітарії. Річні зведені витрати на використання обладнання визначають за розмірами витрат на його придбання (виготовлення) та експлуатацію. Продуктивність обладнання визначають на базі аналізу життєвого циклу виробів.

При виборі обладнання користуються паспортами верстатів, а за їх відсутності – каталогами металорізального та іншого обладнання.

При виборі устаткування враховують такі чинники:

1) розміри робочої зони верстата, які мають відповідати габаритам оброблюваної деталі або декількох оброблюваних деталей;

2) можливість досягнення при обробленні необхідної точності і шорсткості поверхні (ці чинники особливо слід враховувати при чистовій і остаточній обробках);

3) відповідність потужності, жорсткості і кінематичних даних устаткування раціональним режимам виконання операції;

4) забезпечення необхідної продуктивності відповідно до заданої програми випуску деталей (продуктивність устаткування визначається на основі аналізу часу виготовлення деталі заданої якості);

5) відповідність устаткування при виконанні певного технологічного

процесу вимогам техніки безпеки і промислової санітарії;

б) відповідність устаткування заданій програмі за критерієм собівартості виготовлення деталі.

Якщо для операції, що розробляється, можна застосувати верстати двох різних моделей, які забезпечують однакові вимоги якості оброблення, то вирішальним при виборі моделі буде забезпечення економічності оброблення.

Запитання для самоконтролю

1. Які рухи називають установними?
2. Які рухи називають ділильними?
3. Які рухи належать до допоміжних?
4. Які рухи належать до рухів керування?
5. Яка кількість параметрів налагодження верстата?
6. Які рухи верстатів беруть участь у формоутворенні поверхонь?
7. Який рух різання називають головним?
8. Який рух забезпечує безперервне підведення різального інструменту до заготовки?
9. Розкрийте суть методу копіювання.
10. Розкрийте суть методу сліду.
11. Розкрийте суть методу дотику.
12. Розкрийте суть методу обкату.

2.23. Проектування промислового підприємства

Первинним документом, на підставі якого виконується подальше докладне розроблення робочих креслень будинків і споруд є генеральний план.

Генеральним планом заводу називається креслення, на якому нанесено розташування всіх його будинків і споруд, рейкових і безрейкових доріг, підземних і наземних мереж, пов'язаних з рельєфом і благоустроєм території.

Склад цехів підприємства можна визначити виходячи з такого виробничого поділу заводів:

Перший вид – машинобудівні заводи з повним виробничим циклом, що містять усі етапи виготовлення машини; такі заводи мають усі три основні групи цехів – заготівельні, оброблювальні і складальні.

Другий вид – машинобудівні заводи, що випускають тільки заготовки для різних деталей машин, тобто виливки, поковки, штамповки, які вони постачають іншим машинобудівним заводам. Основні цехи – великі ливарні й ковальські, крім того, у деяких випадках на таких підприємствах виконується попереднє механічне оброблення (обдирання) для виявлення поверхневих дефектів, а також для зниження обсягу металу, що

транспортується.

Третій вид – заводи, які виконують механічне оброблення заготовок, отриманих з інших підприємств, і складання машин, а також заводи, що виконують тільки складання машин з деталей, вузлів і агрегатів, отриманих з інших заводів («викруткове складання» – часто застосовується при початку просування продукції на новому ринку. Мається на увазі збирання виробів без засобів автоматизації). До складу таких заводів входять обробні (механічні) і складальні цехи, в іншому випадку – тільки складальні.

Вибір виду заводу здійснюється на основі аналізу різних економічних факторів, таких як:

- розташування джерел сировини й енергоносіїв;
- розвиток транспортної інфраструктури (залізниці, авто, річкового й морського транспорту);
- наявність робочої сили й можливостей її залучення;
- далекість від основних ринків збуту;
- наявність вільних земельних ресурсів.

Компонування – це схематичний план будинку із зображенням на ньому цехів, дільниць, допоміжних і службово-побутових приміщень. Воно може складатися окремо стосовно великого механічного або складального цеху.

Призначення компонувального плану – взаємне ув'язування цехів, відділень і дільниць, що входять до складу корпусу, вибір оптимального напрямку виробничого процесу, внутрішнього цехового транспорту, вантажних потоків і напрямку руху людей, раціонального розміщення допоміжних і службово-побутових приміщень.

При розробленні компонувального плану необхідно врахувати такі загальні вимоги: прямотечійність виробничого процесу від складу або місця надходження заготовок до відправлення готової продукції; найкоротші шляхи руху продукції протягом усього процесу виробництва тощо.

На компонувальному плані також зазначають взаємне розміщення окремих цехів, відділень і дільниць, магістральні й цехові проїзди і проходи, залізничні колії, в'їзди для безрейкового транспорту, основні технологічні розміри: ширину прольотів, крок колон, їх кількість, висоту прольотів на поперечних перерізах до підкранових колій або до несучих конструкцій перекриттів для безкранових будинків, кількість і вантажопідйомність кранів, кран-балок та інших транспортних засобів.

Крім того, на компонувальному плані цеху необхідно позначати всі поздовжні і поперечні розбивні осі. При цьому поздовжні осі позначаються великими літерами українського алфавіту, а поперечні – арабськими цифрами.

Компонувальні плани механічних і складальних цехів виконують у масштабі 1:200; 1:400; 1:500 або 1:800 залежно від розмірів цеху. Перевагу

необхідно віддавати масштабу 1:400 або 1:500 і лише для дуже великих за площею цехів можна використовувати масштаб 1:800. Поперечні перерізи прольоту цеху треба виконувати у масштабі 1:100.

За наявності підвальних, других, третіх або наступних поверхів будівлі їхні схеми оформляють на тому самому аркуші, що й основний план.

При розробленні компонування суміжні цехи й відділення, що пов'язані з виділенням шкідливих відходів, розміщують окремо уздовж зовнішніх стін.

У цілому компонування нерозривно пов'язане із прийнятою формою організації виробництва. Розміщення автоматичних ліній і гнучких автоматизованих виробництв має бути узгоджено із загальним потоком технологічного процесу в цеху.

В умовах ринкової економіки ця дисципліна також не втратила своєї актуальності. Досягнення максимальної ефективності машинобудівного виробництва, можливість випуску конкурентоспроможної продукції, гнучке реагування на ринкову кон'юнктуру неможливі без раціонального підходу до проєктування підприємств. Досягнення максимальної ефективності багато в чому залежить від раціонального вибору:

- складу цехів (підрозділів);
- номенклатури устаткування;
- організації транспортного й енергетичного господарства підприємства.

Крім того, забезпечення екологічної безпеки виробництва й відповідності ТП нормам техніки безпеки також багато в чому закладається на стадії проєктування підприємства.

При класифікації механічних цехів враховують такі ознаки, які суттєво впливають на структуру цеху:

1. Тип (характер) виробництва.
 2. Характер конструкції й вага виробу (чотири класи цехів).
 3. Розмір цеху (за умовною кількістю металорізальних верстатів).
- Класифікацію за типом виробництва наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристика типів виробництва

Вид (тип) виробництва	Кількість оброблюваних за рік деталей одного найменування й типорозміру		
	Великих (>2 т)	Середніх (від 100 кг до 2 т)	Легких (менші 100 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Серійне	5 – 1000	10 – 5000	100 – 50000
Масове	Понад 1000	Понад 5000	Понад 50000

Для кожного типу виробництва характерні свої особливості технологічного процесу і форма організації виробництва.

Одиничне виробництво: (характерне для важкого машинобудування, суднобудування, хімічного машинобудування, ремонтних і інструментальних цехів):

- вироби виготовляються в малих кількостях, з невеликою повторюваністю або взагалі без повторюваності;
- використовуються універсальні верстати, оснащення й інструмент.

Серійне виробництво: (найпоширеніший тип виробництва):

- виготовлення деталей виконується партіями. Залежно від типорозміру деталі й розміру партій виробництва поділяють на дрібно-, середньо- і великосерійне. У серійному виробництві технологічний процес розділений на окремі операції, закріплені за певними верстатами;
- застосовується найрізноманітніше устаткування від універсального до спеціалізованого й агрегатних верстатів.

Масове виробництво – подальший розвиток серійного способу виробництва (найбільш досконала організація виробничого процесу). Виготовлення виробів відбувається шляхом безперервного виконання на робочих місцях тих самих постійно повторюваних операцій.

Класифікація цехів за характером конструкції й вагою виробів.

I клас – вироби із чорною вагою до 100 кг:

- металорізальні верстати для годинникової промисловості й інструментального виробництва;
- нормальний металорізальний і вимірювальний інструмент;
- підшипники кочення;
- спеціальні прилади.

II клас – вироби з чорною вагою до 2 т:

- металорізальні й деревообробні верстати;
- двигуни, дизелі, компресори;
- сільськогосподарські машини, електродвигуни середньої потужності.

III клас – вироби із чорною вагою до 15 т (вироби важкого машинобудування):

- важкі металорізальні й деревообробні верстати;
- ковальські молоти, преси;
- водяні й парові турбіни;
- дорожні машини.

IV клас – вироби особливо важкого машинобудування (чорна вага – більше 15 т).

Класифікацію цехів за кількістю металорізальних верстатів подано в табл. 2.3.

При проектуванні машинобудівних заводів розрізняють календарний, номінальний і дійсний фонди часу роботи устаткування й робітників.

Календарний річний фонд часу: $24 \cdot 365 = 8760$ годин.

Таблиця 2.3

Кількість металорізальних верстатів залежно від класу цеху

Клас цеху	I	II	III	IV
Малий цех	До 150	До 125	До 75	До 40
Середній цех	150 – 300	125 – 250	75 – 125	40 – 75
Великий цех	Понад 300	Понад 250	Понад 125	Понад 75

Номінальний річний фонд часу роботи (41 робоча година в тиждень):

- робітників $\Phi_{кр} = 2070$ годин;
- устаткування: однозмінна робота – 2070 годин; двозмінна – 4140 годин; тризмінна – 6210 годин.

Дійсний річний фонд часу складається з номінального фонду часу за винятком неминучих втрат (відпустки, хвороби, декретні відпустки і т. д.):

- 15 днів відпустки $\Phi_{др} = 1860$ годин;
- 18 днів відпустки $\Phi_{др} = 1840$ годин;
- 24 дні відпустки $\Phi_{др} = 1820$ годин.

Дійсний фонд робочого часу устаткування, включаючи втрати від простою устаткування в планово-попереджувальному ремонті (3...4 %), становить 4029 – 4015 годин для звичайного устаткування і 3904 (6 % втрат) – для унікального устаткування.

У серійному виробництві запуск і випуск готової продукції відбувається партіями:

$$n = \frac{Qa}{F},$$

де F – кількість робочих днів у році (254 дні).

a – кількість днів, на яке необхідно мати запас деталей.

Основою для проєктування цеху є його виробнича програма, складена на основі виробничої програми заводу. Залежно від типу виробництва, характеру продукції, що випускається, і стадії проєктування виробнича програма може бути точною, зведеною й умовною.

Виробнича програма називається точною, коли номенклатура всіх виробів і деталей (включаючи запчастини), які підлягають виготовленню, точно визначена й забезпечена робочими кресленнями, специфікаціями, технічними умовами (ТУ). Проєктування передбачає докладне розроблення технологічних процесів, маршрутних, операційних карт, ескізів і схем, технічного контролю, нормування операцій. Цей вид проєктування застосовується для масового й великосерійного виробництв, де потрібна більша точність.

Для одиничного, дрібносерійного й серійного виробництв програма складається у вигляді переліку виготовлених у цеху виробів або вузлів із зазначенням їх кількості й маси. При цьому подетальна відомість

складається тільки для типового виробу. Усі інші вироби, що входять у програму, зводяться до типових. У цьому випадку немає необхідності мати повний перелік оброблюваних деталей. Креслення зазвичай є тільки на вироби-представники, за якими виконуються розрахунки. Така виробнича програма називається зведеною.

При проєктуванні цехів для оброблення деталей виробів, конструкції яких ще не розроблені і точна номенклатура виготовлених цехом виробів невідома (експериментальні цехи), вибираються умовні представники, за якими можна з достатнім наближенням одержати необхідні вихідні дані. За взятими умовними представниками і виконується проєктування. У цьому випадку програма є умовною.

Зведена програма визначається у такий спосіб:

- уся номенклатура виробів поділяється на групи, до кожної з яких входять вироби, подібні за конструкцією і технологією виготовлення;
- у кожній групі вибирається типовий виріб-представник, за яким виконуються всі розрахунки;
- усі інші вироби групи зводяться за трудомісткістю до виробу-представника з урахуванням їх відмінності в масі, серійності програми й складності механічної обробки. Ці відмінності оцінюються коефіцієнтом зведення

$$K_o = K_M \cdot K_{сер} \cdot K_{скл},$$

де K_M – коефіцієнт зведення за масою;

$K_{сер}$ – коефіцієнт зведення за серійністю;

$K_{скл}$ – коефіцієнт зведення за складністю.

Коефіцієнт зведення за масою

$$K_M = \sqrt[3]{\left(\frac{M_x}{M}\right)^2},$$

де M_x – маса зведеного виробу;

M – маса виробу-представника.

$$K_{сер} = \left(\frac{Q}{Q_x}\right)^{0.15+0.2},$$

де Q – річний випуск виробу-представника;

Q_x – річний випуск зведеного виробу.

Показник степеня вибирається таким, що дорівнює 0,15 для середнього й дрібного машинобудування, і 0,2 – для важкого.

$K_{скл}$ враховує відмінність у складності конструкцій виробів і є значною мірою суб'єктивним. Для механічних цехів при визначенні $K_{скл}$ враховують головним чином відмінність у точності й чистоті оброблення.

У проєктних організаціях

$$K_{скл} = \left(\frac{H_x}{H} \right)^{0,5},$$

де H_x – кількість оригінальних деталей у зведеному виробі;

H – кількість оригінальних деталей у виробі-представнику.

Склад виробничих відділень і ділянок механічних цехів визначається характером виготовлених виробів, технологічним процесом, обсягом і організацією виробництва.

У поточно-масовому виробництві, наприклад в автотракторному, цех називається за найменуванням вузла, що випускається, або агрегату. Наприклад, цех двигунів має ділянки: «Блок циліндрів», «Колінчаті й кулачкові вали», «Шатуни» і т. п. Ділянка розбивається на верстатні лінії за найменуванням деталей, наприклад, ділянка «Блок циліндрів» має лінії «Блок», «Напрямні втулки клапана», «Кришки корінних підшипників» і т. д.

У серійному виробництві механічний цех розбивається на ділянки (або прольоти) за розмірами деталей (ділянка великих деталей, ділянка дрібних деталей, ділянка середніх деталей) або за характером і типом деталей (ділянка валів, ділянка зубчастих коліс і т. д.).

Прольотом називається частина будинку, обмежена в поздовжньому напрямку двома паралельними рядами колон. Металорізальні верстати ділянок і ліній механічного цеху розташовують у цеху за одним із двох способів:

- за типами устаткування;
- у порядку технологічних операцій.

За типами устаткування цей спосіб характерний для одиничного, дрібносерійного й окремих деталей серійного виробництва. Створюються ділянки верстатів: токарських, фрезерних, шліфувальних. Послідовність розташування подібних ділянок однорідних верстатів на площі цеху визначається послідовністю оброблення більшості типових деталей.

Так, по ходу технологічного процесу оброблення деталей типу шків, муфта, фланці, диски, зубчасті колеса, втулки і т. д. ділянки верстатів розташовуються у такій послідовності:

1. Токарські верстати.
2. Фрезерні.
3. Стругальні.
4. Радіально- й вертикально-свердлильні.
5. Шліфувальні (круглошліфувальні).

При обробленні площинних деталей (плита, рама, станина й т. п.) послідовність розташування устаткування буде такою:

1. Розмічальні плити.
2. Поздовжньо-стругальні.
3. Поздовжньо-фрезерні.
4. Розточувальні.
5. Свердлильні.
6. Плоскошліфувальні.

При розміщенні верстатів необхідно прагнути до досягнення прямоточності виробництва й до найкращого використання підкранових площ. Дрібні верстати розташовують на площах, що не обслуговуються кранами.

Відповідно до технологічних операцій цей спосіб характерний для цехів серійного й масового виробництв. Верстати розташовуються відповідно до технологічних операцій для оброблення однойменних або декількох різнойменних деталей, що мають схожий порядок операцій. У дрібносерійному й середньосерійному виробництвах кожна група верстатів виконує оброблення декількох деталей, що мають аналогічний порядок операцій, оскільки завантажити повністю всі верстати лінії однієї деталлю не завжди можливо.

Необхідно передбачати найкоротші шляхи руху кожної деталі, не допускати зворотних, кільцевих або петлеподібних рухів, що створюють зустрічні потоки або що утруднюють транспортування.

Основні принципи при розміщенні верстатів:

1. Ділянки, зайняті верстатами, мають бути по можливості найбільш короткими. У машинобудуванні довжина ділянки становить 40...80 м.

2. Верстати уздовж ділянки можуть розташовуватися в два, три і більше рядів. При розташуванні верстатів у два ряди між ними залишається прохід (проїзд) для транспорту. При трирядному розташуванні верстатів може бути два або один прохід. В останньому випадку поздовжній прохід утворюється між одинарним і здвоєним рядами верстатів. Для підходу до верстатів здвоєного ряду (верстати розташовані один до одного тильними сторонами), розташованих біля колон, між верстатами залишають поперечні проходи. При чотирирядному розташуванні влаштовують два проходи: біля колон верстати розташовують в один ряд, а здвоєний ряд – посередині (рис. 2.87).

3. Верстати можуть розташовуватися відносно проїзду уздовж, поперек і під кутом. При поперечному розташуванні верстатів утруднюється їх обслуговування, оскільки потрібно передбачати поперечні проїзди. Завантажувальна сторона пруткових верстатів має бути повернена до проїзду, в інших же верстатів сторона із приводом повернена до стіни або колон. Для кращого використання площі револьверні верстати, автомати, протяжні, розточувальні, поздовжньо-фрезерні й поздовжньо-шліфувальні розташовують під кутом.

4. У потокових лініях верстати також можуть установлюватися в один або у два ряди. В останньому випадку деталь під час оброблення

переходить із одного ряду на іншій. У поточкових лініях із застосуванням рольгангів або інших конвеєрів верстати можуть устатковуватися відносно них паралельно, перпендикулярно, а також можуть бути вбудовані в лінію.

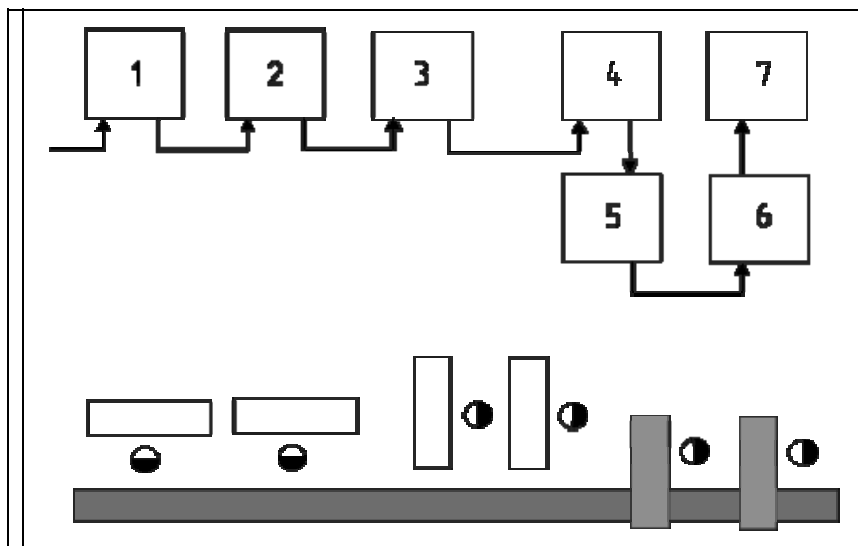


Рис. 2.87. Схема можливого розташування верстатів на дільниці

5. Відстань між верстатами, а також між верстатами й елементами будинків для різних варіантів розташування устаткування, а також ширина проїздів залежно від різних видів транспорту регламентована нормами технологічного проектування.

7. Ширина магістральних проїздів (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Параметри магістральних проїздів

Вид транспорту	Ширина проїзду	Відстань між верстатами
Електрокари (1 – 5 т)	3000 – 4000	3400 – 4500
Електронавантажувачі (0,5 – 3 т)	3500 – 5000	4000 – 5500
Вантажні автомашины (1 – 5 т)	4500 – 5500	5000 - 6000

8. Ширина проїздів при різному транспорті (габарити вантажу до 800...1500 мм).

При кресленні габаритів верстата ухвалюється його контур по крайніх виступаючих частинах, причому до габариту входять крайні положення частин, що рухаються, верстата. Для кожного типу верстата дається умовне графічне зображення в М 1:100 або 1:200.

Планування цеху – це план розташування виробничого, транспортного, підйомно-транспортного та іншого устаткування, інженерних мереж, робочих місць, проїздів, проходів та ін.

Розроблення плану є найбільш відповідальним і складним етапом проектування, коли одночасно мають бути вирішені питання технології, економіки, організації виробництва, техніки безпеки, вибору транспортних засобів, механізації й автоматизації виробництва, наукової організації праці і виробничої естетики.

При розробленні планування мають враховуватися такі основні вимоги:

1. Устаткування в цеху має розміщатися відповідно до прийнятої форми організації технологічних процесів. Необхідно прагнути до розташування виробничого устаткування в послідовності технологічного процесу, контролю й здачі виробів або деталей.

2. Розташування устаткування, проходів і проїздів повинне гарантувати зручність і безпеку роботи, можливість монтажу й демонтажу, ремонту устаткування; зручність подачі заготовок та інструменту; зручність збирання відходів.

3. Планування має бути пов'язане із застосовуванням транспортних, підйомно-транспортних засобів.

4. У плануваннях мають бути передбачені найкоротші шляхи переміщення заготовок, деталей, вузлів у процесі виробництва. Вантажопотоки не мають перетинатися між собою, а також не перетинати й не перекривати основні проїзди, проходи й дороги, призначені для руху людей.

5. На плані викреслюється все устаткування й усі пристрої, що розташовуються на робочих місцях, а саме:

- металорізальні верстати, автоматичні лінії та інше виробниче устаткування;

- місце розташування робочого місця біля верстата під час роботи;

- верстати, робочі столи, підставки;

- місця біля верстатів для оброблених деталей, заготовок і матеріалів;

- транспортні пристрої, що розташовуються на робочих місцях;

- майданчики для контролю й тимчасового зберігання деталей;

- місця для майстрів;

- усі види устаткування нумеруються наскрізною нумерацією ліворуч або праворуч зверху вниз;

- нумерація підйомно-транспортного устаткування дається після технологічного й продовжує нумерацію останнього;

- виробничий реманент (плити розмічальні, верстати, столи, стелажі) зображуються на плані по контуру габариту із проставлянням усередині контуру умовних позначок;

- до плану додається специфікація;

- позначаються найменування відділень, ділянок, допоміжних приміщень.

6. При розробленні плану має бути раціонально використана не тільки площа, але й увесь об'єм цеху. Висота будинку використовується для розміщення підвісних транспортних пристроїв, інженерних комунікацій, розміщення механізованих складів.

7. План цеху виконується в масштабі 1:100. Для більших цехів (до 250 верстатів) його можна виконувати в М 1:200.

8. У будівельній частині зображуються:

- колони з осями й позначенням номера колони (горизонтальні розбивні осі будівлі позначають знизу вверху по осі ординат великими літерами кирилиці; вертикальні осі нумерують ліворуч або праворуч арабськими цифрами);

- зовнішні та внутрішні стіни (капітальні й легкі), а також перегородки, вікна, ворота, двері;

- на плані указуються всі необхідні розміри;

- ширина прольоту, крок колон, загальна ширина цеху, загальна довжина прольотів і всього цеху, ширина поперечних і поздовжніх проходів і проїздів;

- довжина й ширина кожного допоміжного приміщення;

- тунелі, канали, люки та інші прорізи в підлогах;

- прив'язка устаткування.

Усі верстати, автоматичні лінії та інше устаткування, складські й контрольні майданчики, вантажопідйомні й транспортні пристрої, зображені на плані, позначаються порядковими номерами й вносяться в специфікацію.

Технологічне планування цеху виконується при проектуванні (реконструкції) цехів (ділянок) або корінній перебудові технологічного процесу на вже діючих підприємствах.

Усі відділення цеху на плані необхідно розташовувати по ходу загального виробничого процесу в такому порядку:

1. При одиничному і серійному виробництві цеховий склад металу і заготовок разом або суміжно із заготовчим відділенням розміщують на початку цеху (уперек прольотів цеху або в окремому прольоті, перпендикулярному до прольотів цеху); при потоковому виробництві складські майданчики для заготовок знаходяться на початку кожної потокової лінії.

2. Уздовж складу або складських майданчиків уперек прольотів цеху влаштовують проїзд шириною від 4 м і більше залежно від вживаних транспортних засобів.

3. Верстатне відділення розташовують на основній площі цеху; при значній довжині технологічної лінії влаштовують поперечні проходи шириною не менше 4 м.

4. У кінці верстатного відділення уперек всіх прольотів влаштовують поперечний проїзд шириною не менше 4 м залежно від вживаних засобів транспорту.

5. Далі в зручних місцях розміщують контрольне відділення цеху або контрольні пункти (при потоковому виробництві).

6. В одиничному і серійному виробництвах паралельно до контрольного відділення, упоперек прольотів, розміщують склад готових деталей і суміжно з ними – міжопераційний, якщо він передбачений; у поточковому виробництві для готових деталей передбачають майданчики під склади або підвісні або підлогові конвейєри.

Залежно від номенклатури і обсягу випуску виробів технологічне обладнання ділянок і ліній механічного цеху розташовують або по ходу технологічного процесу (лінійний і предметний принципи), або за типами обладнання (груповий принцип).

Лінійний принцип застосовується при потоковому виробництві і характеризується певною послідовністю виконання операцій технологічного процесу в кожен момент часу. У цьому випадку обладнання розташовується по ходу технологічного процесу.

Предметний принцип застосовується при розширенні номенклатури виробів в умовах серійного виробництва, оснований на застосуванні однотипних технологічних процесів.

Груповий принцип застосовується при великій номенклатурі виробів в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва, а також для оброблення окремих деталей у серійному виробництві.

Основні принципи розміщення верстатів:

1. Довжина ділянки в машинобудуванні зазвичай становить 40...80 м. Зони зберігання заготовок і готових деталей включаються в довжину ділянки.

2. Технологічні лінії можуть розташовуватися як уздовж прольотів, так і поперек.

3. Верстати вздовж ділянки можуть розташовуватися в два, три і більше рядів. При розташуванні верстатів у два ряди між ними має бути передбачено прохід (проїзд) для транспорту. При трирядному розміщенні верстатів можливі або два (рис. 2.88, а), або один прохід, який знаходиться між одинарними і здвоєними рядами верстатів (рис. 2.88, б). Для підходу до верстатів здвоєного ряду (верстати при цьому розташовані один до одного тильними сторонами), розташованого біля колон, між верстатами залишають поперечні проходи. При чотирирядному розташуванні влаштовують два проходи: біля колон верстати розташовують в один ряд, а здвоєний ряд – посередині (рис. 2.88, в).

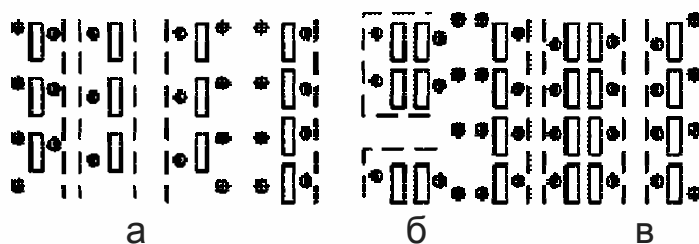


Рис. 2.88. Розташування верстатів: а – трирядне з двома проходами;

б – трирядне з одним проходом; в – чотирирядне з двома проходами

4. Верстати відносно проїзду можуть розташовуватися вздовж, поперек (рис. 2.89, а) і під кутом (рис. 2.89, б). Найбільш зручно розташовувати верстати вздовж проїзду, при цьому вони мають бути фронтальною стороною до проїзду. При поперечному розташуванні верстатів утруднюється їх обслуговування, тому потрібно передбачати поперечні проїзди. Завантажувальна сторона верстатів, у яких як заготовки використовують прутки, має бути повернена до проїзду, в інших верстатах сторона з приводом повернена до стіни або колон.

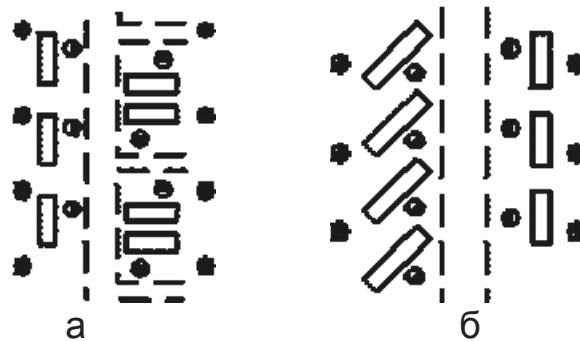


Рис. 2.89. Розташування верстатів відносно проїзду: а – вздовж і поперек, б – під кутом

5. Для кращого використання площі револьверні верстати, пруткові автомати, протяжні, розточувальні, поздовжньо-фрезерні та поздовжньо-шліфувальні верстати розташовують під кутом (рис. 2.90, а) або в шаховому порядку (рис. 2.90, б).

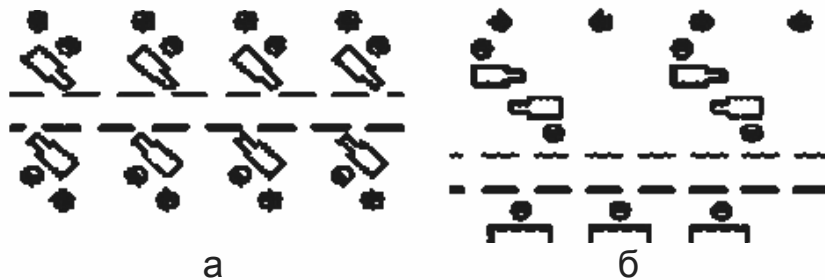


Рис. 2.90. Розташування верстатів відносно проїзду: а – під кутом; б – в шаховому порядку

6. Великі верстати не слід розміщувати біля вікон, щоб уникнути затемнення цеху.

7. Верстати відносно один одного можуть розташовуватися фронтально, «в затилок» або тильними сторонами (рис. 2.91).

8. Верстати у поточкових лініях із застосуванням рольгангів або інших конвеєрів можуть установлюватися відносно них паралельно (рис. 2.92, а), перпендикулярно (рис. 2.92, б) або можуть бути вбудовані в лінію рольганга або конвеєра.

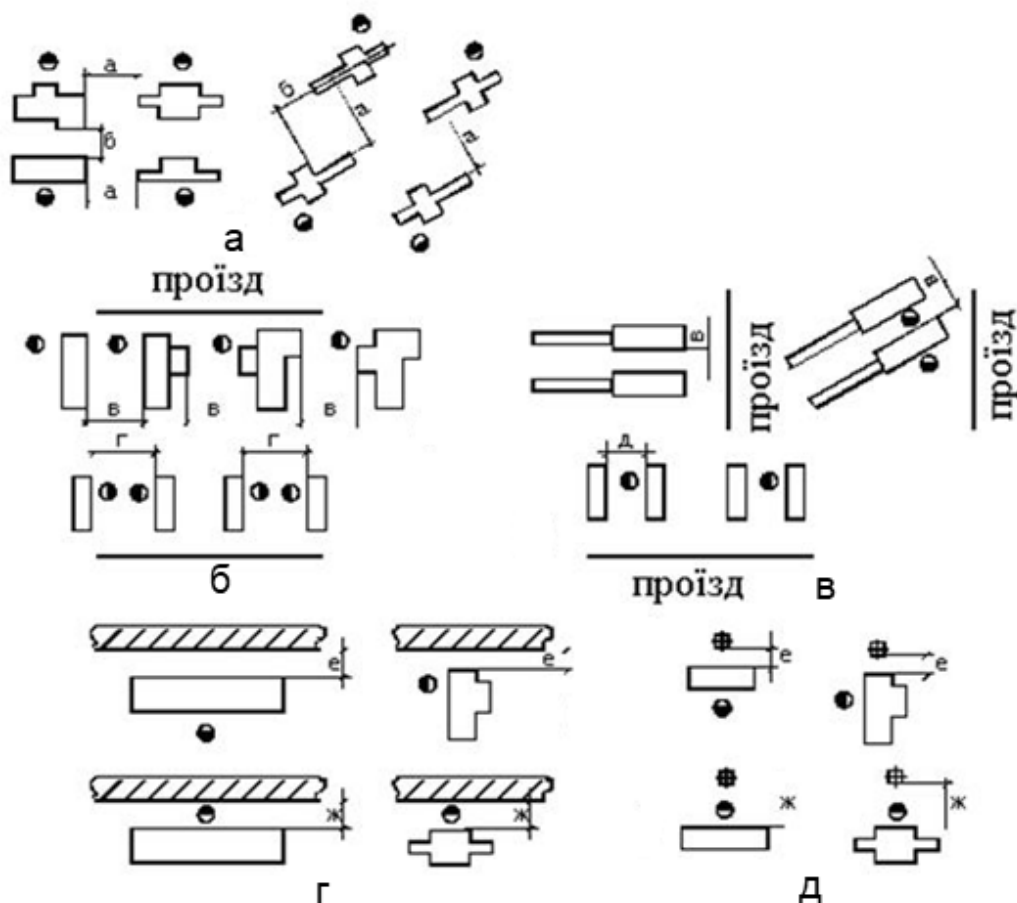


Рис. 2.91. Розташування верстатів з урахуванням нормованих відстаней

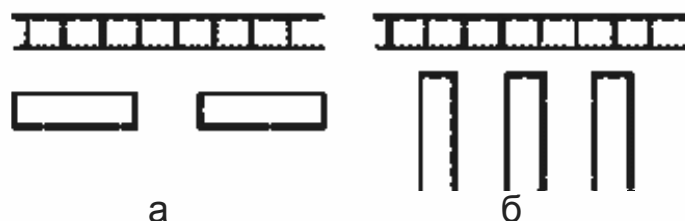


Рис. 2.92. Розташування верстатів у конвеєрних поточкових лініях

Відстань між верстатами, а також між верстатами і елементами будівель для різних варіантів розташування обладнання, а також ширина проїздів залежно від різних видів транспорту регламентована нормами технологічного проектування.

При визначенні відстаней між верстатами, від верстатів до стін і колон потрібно враховувати таке:

- відстані беруться від зовнішніх габаритних розмірів верстатів, що включають крайні положення рухомих частин, що відкриваються, – дверцят і постійних огорож верстатів;
- для важких і унікальних верстатів необхідні відстані встановлюються стосовно до кожного конкретного випадку;
- при установленні верстатів на індивідуальні фундаменти відстань верстатів від колон, стін і між верстатами беруться з урахуванням конфігурації і глибини фундаментів верстатів, колон і стін;

– при різних розмірах двох поруч розташованих верстатів відстань між ними береться за найбільшим з цих верстатів;

– при монтажі верстати встановлюють в лінію по виступаючих деталях, що полегшує прибирання приміщення і доступ до верстатів для обслуговування, а також вивезення будь-якого верстата з дільниці.

Завданням організації робочого місця є створення такої конструкції оснащення і такого розташування обладнання, заготовок, готових деталей, при яких відсутні зайві й нераціональні рухи і прийоми, а також максимально скорочуються відстані для переміщення робітника (рис. 2.93).

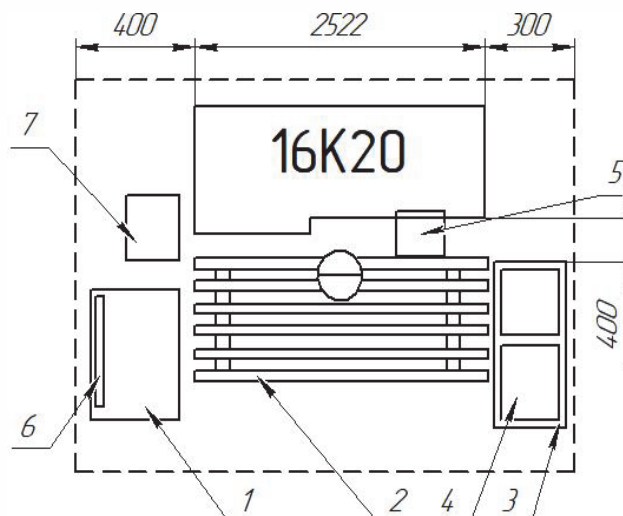


Рис. 2.93. Робоче місце токаря в серійному виробництві:

- 1 – інструментальний столик; 2 – решітка під ноги; 3 – приймальний стіл;
4 – тара з робочими деталями; 5 – планшет для вимірювального інструменту; 6 – підставка для креслень; 7 – урна для сміття

Робоче місце багатOVERстатника має відповідати таким вимогам:

– забезпечення найбільш зручного для верстатника розташування органів керування всіх обслуговуваних верстатів;

– наглядність усіх рухомих частин верстатів з будь-якої точки маршруту;

– зручна доставка заготовок і пристроїв на робоче місце;

– мінімальні витрати часу на переходи між верстатами.

Варіанти раціонального розташування верстатів при їх обслуговуванні одним робітником подано на рис. 2.94.

Частина будівлі, обмежена в поздовжньому напрямі двома паралельними рядами колон, називається прольотом. Машино- та приладобудівне виробництво зазвичай розміщується в будинках, що мають кілька прольотів.

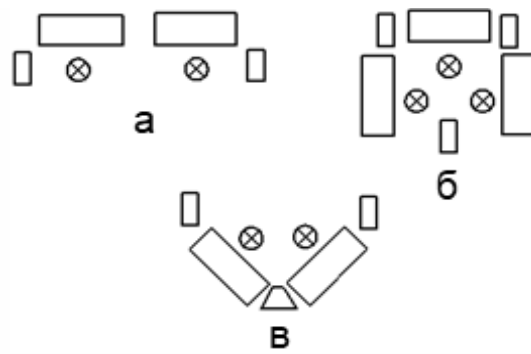


Рис. 2.94. Схеми розміщення верстатів під час багатOVERстатного обслуговування: а – лінійне; б – п-подібне; в – кутове

Ширина прольоту – відстань між осями колон у поперечному напрямку прольоту – вибирається з уніфікованої низки величин і береться однаковою для всіх прольотів цеху і достатньою для раціонального розміщення кратної кількості верстатів (зазвичай 2 – 4). Залежно від габаритних розмірів обладнання і використовуваних транспортних засобів ширина прольоту становить: для легкого машинобудування (приладобудування) – 18 м, для середнього – 18 і 24 м, для важкого – 24, 30 і 36 м.

Крок колон – відстань між осями колон у поздовжньому напрямку – залежить від виду застосовуваного матеріалу для будівель, його конструкції і навантажень і дорівнює 6, 9, 12 м. Відстань між осями колон у поперечному та поздовжньому напрямках утворює сітку колон (рис. 2.95).

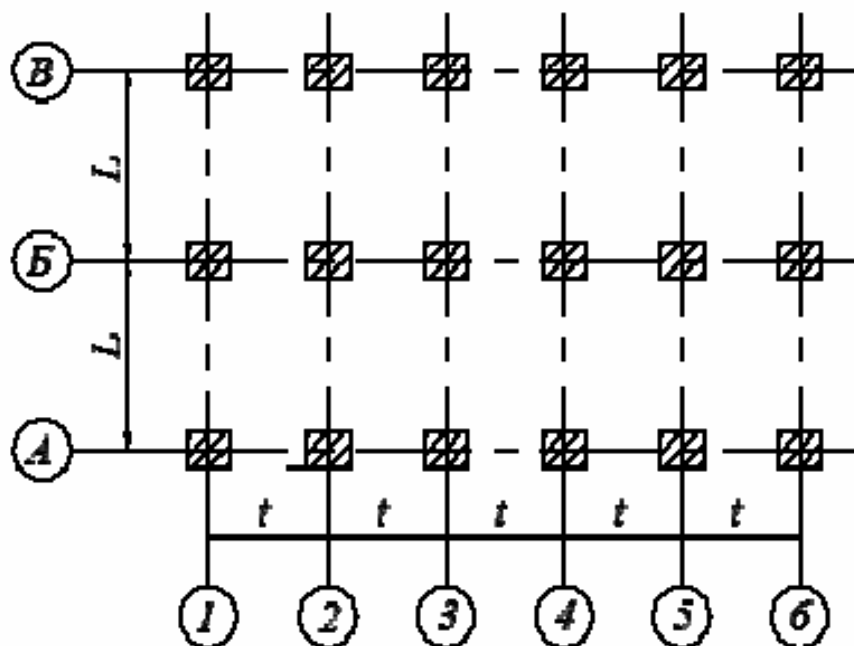


Рис. 2.95. Сітка колон (план прольоту)

У механічних цехах найбільш часто застосовуються сітки 18х6 м, 24х6 м, 18х12 м, 24х12 м.

У важкому машинобудуванні застосовуються сітки 30х6 м, 36х6 м.

При розробленні плану крім зображень верстатів використовуються також умовні зображення, наведені в табл. 2.5.

Залежно від габаритів використовуваного обладнання та транспортних засобів, що визначають ширину проїздів, питомі площі вважаються такими:

– для малих верстатів з габаритами до 1800х800 мм $S_{\text{пум}} = 10...12 \text{ м}^2$;

– для середніх верстатів з габаритами до 4000х2000 мм $S_{\text{пум}} = 15...25 \text{ м}^2$;

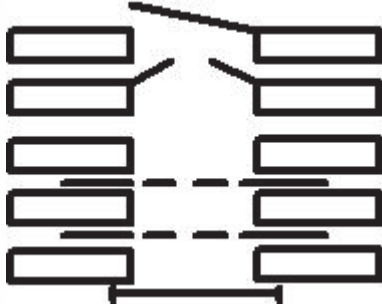
– для великих верстатів з габаритами до 8000х4000 мм $S_{\text{пум}} = 30...50 \text{ м}^2$;

– для особливо великих верстатів з габаритами до 16000х6000 мм $S_{\text{пум}} = 70...150 \text{ м}^2$.

Таблиця 2.5

Умовні зображення елементів будівель, споруд, конструкцій, обладнання та транспортних засобів

Назва зображеного елемента	Умовне зображення елемента
1. Стіна, перегородка	
2. Отвір в стіні або перегородці:	
– який не доходить до підлоги;	
– який доходить до підлоги	
3. Отвір віконний	
4. Шлях підкрановий	
5. Монорельс с талю	
6. Кран мостовий	
7. Кран консольний	

Назва зображеного елемента	Умовне зображення елемента
8. Двері (ворота):	
9. Колона: залізобетонна; металева	
10. Канал для транспортування стружки	
11. Автоматична лінія	
12. Технологічне обладнання	
13. Місце обслуговуючого персоналу	
14. Стелаж багатоярусний однорядний	
15. Промисловий робот	
16. Проходи, проїзди	
17. Возик рельсовий	
18. Огородження майданчиків	
19. Місце складування	

Приклад планування механічної ділянки подано на рис. 2.96.

Запитання для самоконтролю

1. Які основні вимоги мають враховуватися при розробленні плану?
2. Що таке планування цеху?
3. Які основні принципи розташування обладнання на ділянці?
4. Поясніть, які дані впливають на проектування ділянки.
5. Поясніть, чи впливає тип виробництва на проектування ділянки.
6. Перелічіть класифікаційні ознаки механічних цехів.
7. Перелічіть існуючі форми організації виробництва і дайте їх коротку характеристику.
8. Які початкові дані потрібні для проектування механічного цеху?
9. Які види виробничої програми використовуються при проектуванні цехів?
10. У якому випадку при проектуванні механічного цеху використовується зведена виробнича програма?
11. Перелічіть етапи розроблення проекту механічного цеху.
12. У якій послідовності виконується процес проектування механоскладального виробництва?
13. Що розуміють під трудомісткістю і верстатомісткістю? Як вони пов'язані між собою?
14. Як визначається трудомісткість при проектуванні за точною програмою; за зведеною програмою; під час розроблення проектів реконструкції?
15. Як визначається кількість основного технологічного устаткування при детальному способі розрахунку; при укрупненому способі розрахунку?
16. Як визначається кількість верстатників за загальним нормувальним часом; за заданою кількістю верстатів?
17. Як визначається кількість допоміжних робітників; службовців; інженерно-технічного персоналу?
18. Який принцип розташування технологічного обладнання слід застосувати в масовому виробництві; в серійному; в одиничному і дрібносерійному?
19. Як слід розташовувати довгомірні верстати відносно один одного?
20. У чому полягає відмінність стосовно організації робочого місця в масовому і одиничному виробництвах?
21. За якої умови можливе багатостанковий обслуговування? Які вимоги ставляться у цьому випадку до організації робочого місця?
22. У яких масштабах виконується план і що має бути на ньому зображено?
23. Що є основним показником загальної площі цеху?

2.24. Верстатні пристрої та їх конструкції

Пристроями називають допоміжні приладдя, що розміщуються на

верстаті і слугують для установлення і затискання оброблюваної деталі, правильного її базування відносно різального інструменту, складання і контролю виробів.

Усі деталі в пристрої поділяють на групи, які виконують одні і ті ж функції. Проведена стандартизація в області оснащення зменшила різноманітність цих деталей і об'єднала їх у такі групи: встановлювальні елементи; затискні; встановлювально-затискні; силові приводи; пристрої, які координують положення різального інструменту; ділильні пристрої; корпуси пристроїв; допоміжні елементи.

Пристрій, робочі та контрольні інструменти разом узяті називають *технологічним оснащенням*, причому пристрій є найбільш складною і трудомісткою його частиною.

У великосерійному і масовому виробництвах на кожну оброблювану деталь у середньому припадає 10 пристроїв. Значну їх частку (80...90 % загального парку) становлять верстатні пристрої, які застосовуються для установлення і закріплення оброблюваних заготовок.

Використання технологічного оснащення сприяє :

- підвищенню продуктивності;
- точності оброблення, збирання і контролю;
- полегшенню умов праці;
- скороченню кількості та зниженню кваліфікації робітників;
- суворій регламентації тривалості виконуваних операцій;
- розширенню технологічних можливостей устаткування;
- підвищенню безпеки робітників і зниженню аварійності і т. п.

За призначенням пристрої поділяють на п'ять видів:

1. *Верстатні пристрої* – для установлення та закріплення оброблюваних деталей на верстатах. У загальній кількості існуючих у машинобудуванні пристроїв верстатні становлять 80...90 %.

2. Пристрої для установлення і закріплення робочого інструменту, за допомогою яких здійснюється зв'язок між інструментом і верстатом, їх називають *допоміжним інструментом*. Це такі пристрої, як, наприклад, різцетримачі до револьверних верстатів, перехідні втулки та ін.

3. *Складальні пристрої* – для з'єднання сполучних деталей у вузли та вироби, кріплення базових деталей або вузлів виробу, забезпечення правильного установлення з'єднуваних елементів виробу, а також для попереднього складання пружних елементів (пружин, розрізних кілець тощо) і виконання з'єднань із натягом.

4. Контрольні пристрої застосовуються для проміжного і остаточного контролю деталей при механічній обробці, а також для контролю складених вузлів машини.

5. Пристрої для захоплення, переміщення і перевертання оброблюваних заготовок, деталей та вузлів використовуються при обробленні та складанні важких деталей.

За технологічною ознакою всі пристрої розрізняють згідно з

призначенням для застосування на верстатах токарних, свердлильних, розточувальних, фрезерних, стругальних та ін.

За ступенем спеціалізації розрізняють універсальні, спеціалізовані і спеціальні пристрої.

Універсальні застосовують при обробленні різноманітних заготовок. Це такі пристрої, як патрони і планшайби токарних верстатів, ділильні головки, поворотні столи, машинні та ручні лещата тощо. Універсальні пристрої (УП) дають змогу з незначним переналагодженням обробляти за конфігурацією деталі обмежених розмірів. *Спеціалізовані* пристрої призначено для оброблення певних заготовок.

Спеціальні пристрої допомагають виконувати певні операції механічної оброблення кожної конкретної деталі. Спеціальні пристрої застосовують у масовому і багатосерійному виробництвах, де за умовами роботи металорізальні верстати значний час використовуються на одній операції.

У практиці сучасного машинобудівного виробництва склалися системи спеціальних пристроїв: СРП – спеціальні складально-розбірні пристрої; НСП – нерозбірні спеціальні пристрої; УБП – універсальні безналагоджувальні пристрої для закріплення заготовок широкої номенклатури; СНП – спеціальні налагоджувані пристрої, технічні можливості яких значно ширші, ніж можливості УБП.

До спеціальних належать і універсально-складальні пристрої (УСП). На відміну від звичайних спеціальних вони оборотні, оскільки складаються із стандартизованих взаємозамінних деталей і вузлів, розрахованих на багаторазове застосування.

На складання одного УСП для верстатного оброблення потрібно не більше двох-трьох годин. Однак для складання пристроїв усіх потрібних конструкцій завод повинен мати велику кількість деталей і вузлів відповідних найменувань. Вважається, що для одночасного складання 200 – 250 різних УСП необхідний комплект із 20000 готових деталей і вузлів. Універсально-складальні пристрої призначаються головним чином для короткочасного або разового використання.

Характер пристрою залежить від конструктивних форм оброблюваної деталі і застосовуваного устаткування, але значною мірою – від виду виробництва. В одиничному та дрібносерійному виробництвах використання спеціальних пристроїв є нерентабельним. Оброблення в таких випадках зазвичай виконується з допомогою універсальних пристроїв або найпростіших встановлювальних і затискних засобів (прихватів, підкладок, призм, стандартних болтів із гайками і т. п.). Установлення інструменту на розмір здійснюється за розміткою або зніманням пробних стружок. Багатосерійне і масове виробництва характеризуються широким використанням спеціальних швидкодіючих пристроїв. Висока вартість останніх окуповується економією, отриманою від підвищення продуктивності праці завдяки їх застосуванню.

Відповідно до цього поділу розрізняють такі деталі пристроїв: корпусні деталі, опорні деталі, напрямні деталі, затискні деталі і деталі конструктивного характеру.

Використавши це загальне в конструкції пристроїв, розрізняють такі типи пристроїв:

- за конструкцією корпусу, що зв'язує деталь з тим чи іншим верстатом: токарні, свердлильні, розточувальні фрезерні, довбальні, протяжні, шліфувальні та інші пристрої.

- за положенням деталі в пристрої або навпаки, за положенням пристрою відносно деталі:

- а) пристрої стаціонарні, в яких положення деталі під час оброблення залишається незмінним до повного закінчення операції;

- б) пристрої накладні, встановлюються не на столі або планшайбі верстата, а на деталі;

- в) пристрої Канта, тобто такі, що змінюють разом з деталями своє положення відносно верстата та інструменту під час виконання операцій;

- г) пристрої ділильні, в яких деталь під час виконання певної операції змінює положення відносно рухів верстата та інструменту, а корпус пристрою залишається нерухомим.

За кількістю деталей, одночасно оброблюваних у пристрої, він може бути одномісним або багатомісним.

За характером зв'язку інструменту з деталлю можна розрізняти:

- а) пристрої кріпильні, якщо їх конструкція не визначає положення інструменту відносно деталі;

- б) пристрої з установами, якщо їх влаштування визначає тільки первісне положення інструменту відносно деталі;

- в) кондукторні пристрої, або кондуктори, якщо пристрій гарантує збіг осі оброблюваного елемента деталі з віссю обробного інструменту;

- г) копірні або копіювальні, якщо конструкція пристрою зумовлює рух різальної кромки інструменту за заданою профільною поверхнею.

Устрої затискних елементів бувають з індивідуальним або з груповим, тобто з багаторазовим, затискачем деталей. Затискання в обох пристроях можуть виконуватися:

- а) від м'язового зусилля робітника, і тоді пристрій називають з *ручним затиском*;

- б) від зусилля різання, і тоді їх називають пристроями *самозатискного типу*;

- в) від тиску повітря або рідини, і тоді пристрої відповідно називають пристроями з *пневматичним або гідравлічним затиском*.

Класифікація елементів пристроїв:

- 1) встановлювальні – для устанавлення деталей у потрібному положенні;

- 2) затискні – для міцного і надійного закріплення деталей;

- 3) напрямні – для спрямування інструментів при обробленні деталі;

4) корпусні – для складання всіх елементів пристрою в єдину конструкцію;

5) базові – для правильного орієнтування пристрою відносно верстата та інструменту.

Іноді до конструкції пристрою включають також елементи автоматики, копії, ділильні головки та інші механізми. Деталі і вузли пристрою, які називаються установлювальними, виконують у вигляді опорних точок, стичних із установлювальними поверхнями оброблюваної заготовки. Опори поділяють на основні та допоміжні.

Основні опори (див. рис. 2.97) надають деталі потрібного положення. Притиснута до них деталь позбавляється шести ступенів вільності.

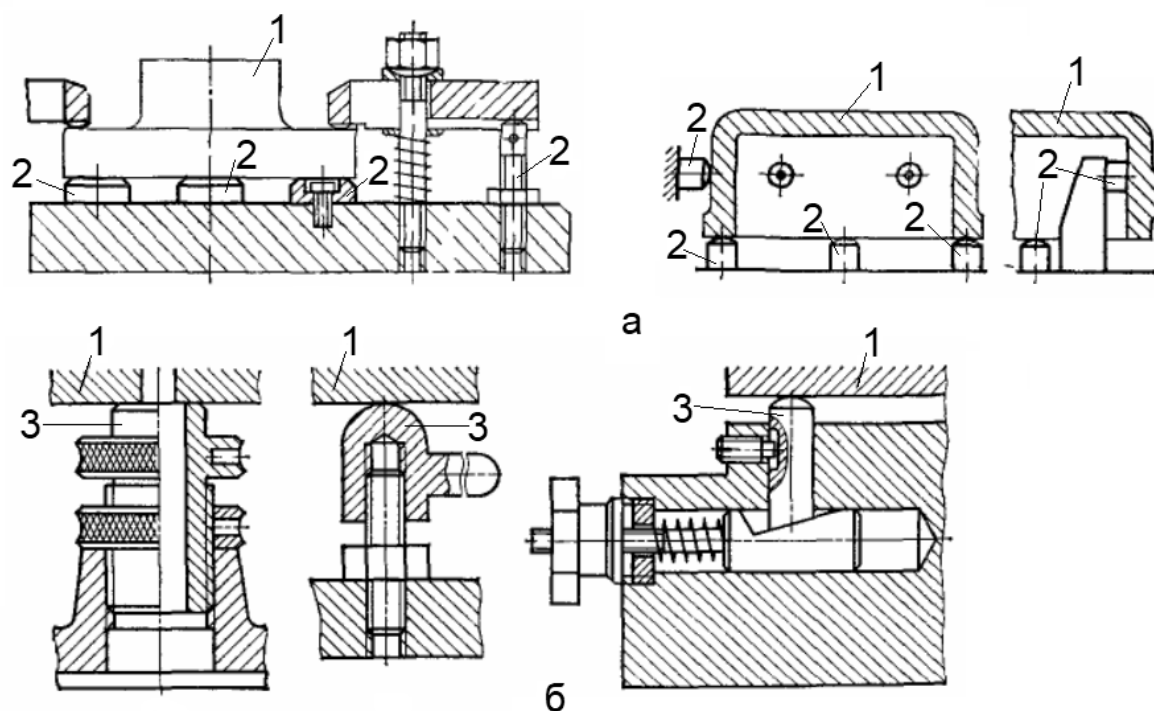


Рис. 2.97. Опори: а – постійні жорсткі 2; б – регульовані 3; 1 – заготовка

Допоміжні опори виконують жорсткими, якщо технологічні бази оброблені, і регульованими.

Для установлення деталей з циліндричними базами застосовують жорсткі (рис. 2.98), регульовані та самоустановлювальні призми, установлювальні конуси, втулки і вкладиші, установлювальні пальці та інші подібні елементи.

До простих затискних пристроїв належать гвинтові (2.99), клинові (рис. 2.100), ексцентрикові (рис. 2.101). Як механізми-підсилювачі використовують механічні, пневматичні, гідравлічні, електромагнітні та гідропластикові затискачі. Ці механізми можуть діяти від рукоятки або спеціального приводу, вбудованого у корпус.

Клинові затискачі (рис. 2.100) застосовують для збільшення зусилля затиснення, що передається приводом, або зміни його напрямку.

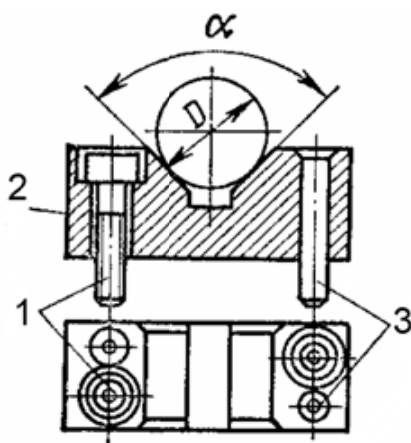


Рис. 2.98.

Установлювальні призми:
1 – гвинт; 2 – призма;
3 – штифт

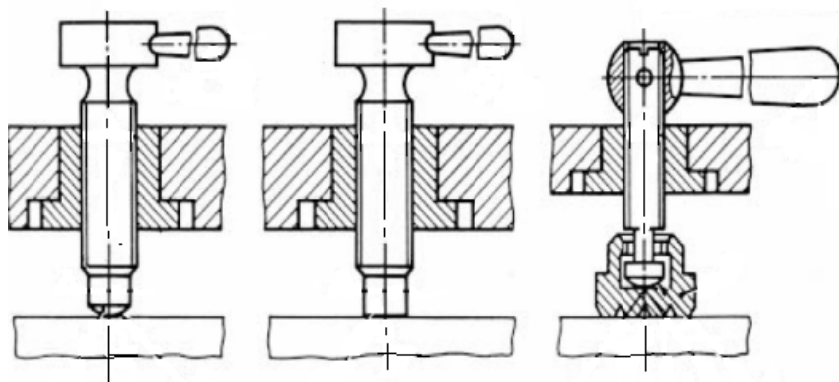


Рис. 2.99. Гвинтові затискачі

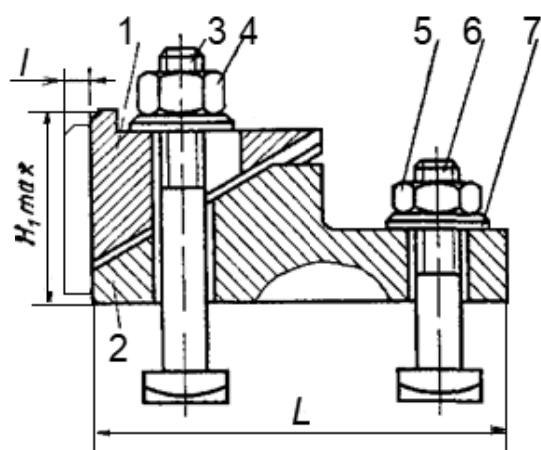


Рис. 2.100. Клиновий затискач:
1 – клин; 2 – корпус; 3, 6 – болт;
4, 5 – гайка; 7 – шайба;
8 – шпилька

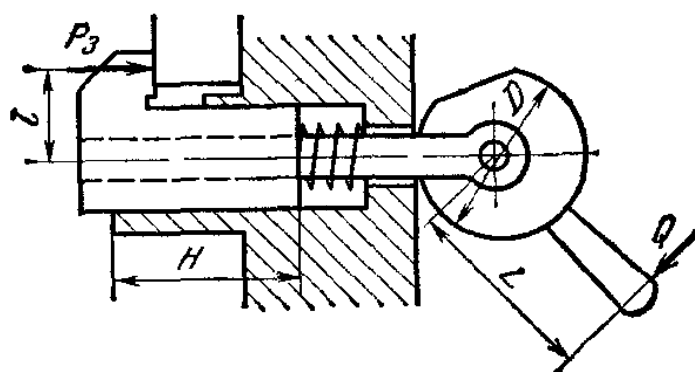


Рис. 2.101. Коловий ексцентриковий затискач

Ексцентрикові затискачі (рис. 2.101) відрізняються швидкістю дії.

Недолік колового ексцентрика – непостійність його гальмівних властивостей і малий робочий хід.

У затискачах механічної дії привід (пневматичний, гідравлічний та ін.), керований робітником або автоматично, впливає на пристрій, що затискає оброблювану деталь. Такі затискачі широко використовуються в масовому виробництві, у серійному – на 30...40 %. Пневматичні затискачі скорочують допоміжний час закріплення деталі порівняно з ручними у п'ять разів.

Точність оброблення забезпечується певним положенням заготовок відносно різального інструменту. Положення заготовки при обробленні характеризується шістьма ступенями свободи, які визначають можливість переміщення і повороту заготовки відносно трьох координатних осей. При повній орієнтації заготовка позбавляється всіх ступенів свободи; при

неповній – кількість ступенів свободи менше шести.

Позбавлення деталі ступенів свободи досягається накладенням зв'язків. Під зв'язками розуміють обмеження позиційного характеру, що накладаються на рухи точок розглянутого тіла. Для орієнтування призматичного тіла в просторі (рис. 2.102) необхідно з'єднати три точки його нижньої поверхні двосторонніми позиційними зв'язками з площиною XOY прямокутної системи координат. Ці двосторонні зв'язки мають вигляд недеформівних стрижнів, що зберігають здатність ковзати вздовж осей OX і OY не відриваючись від площини XOY , тобто тіло позбавляється трьох ступенів свободи: поступального руху вздовж осі OZ і обертального навколо OX і OY не відриваючись від площини XOY . Тобто тіло позбавляється трьох ступенів свободи: поступального уздовж осі OZ і обертального навколо OX і OY . Площина Y сполучається двома зв'язками або опорними точками з площиною ZOY . Вони позбавляють її двох ступенів свободи: переміщення вздовж осі OX і обертання навколо OZ . Опорна точка позбавляє деталь одного ступеня свободи – переміщення уздовж осі OY . Шість накладених двосторонніх позиційних зв'язків забезпечують задане орієнтування тіла відносно системи координат $OXYZ$ і фіксування тіла у цьому положенні.

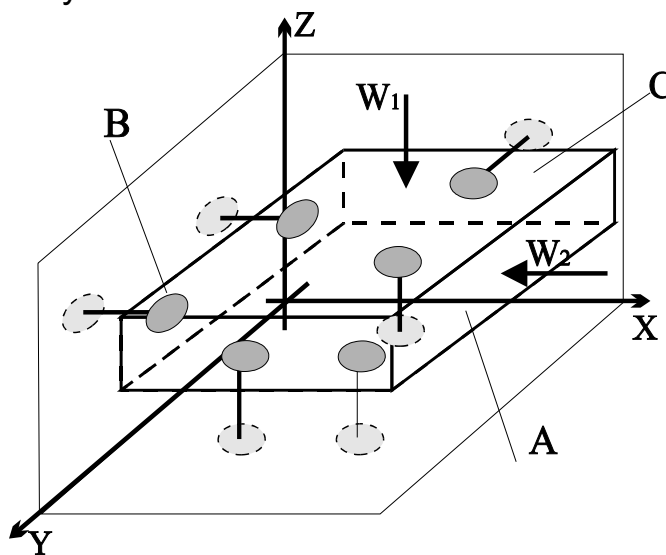


Рис. 2.102. Схема базування призматичної заготовки

При установленні заготовки на опорні точки пристрою кожна з них реалізує один двосторонній зв'язок.

Під «опорною точкою» розуміють ідеальну точку контакту поверхні заготовки і пристрою, що позбавляє заготовку одного ступеня свободи, роблячи неможливим її переміщення у напрямку, перпендикулярному до опорної поверхні. Кількість опор, на які встановлюють заготовку, не повинно бути більше шести.

Правило шести точок: для повного базування заготовки в пристрої необхідно і достатньо створити в ньому шість опорних точок, розташованих певним чином відносно базових поверхонь.

Розглядаючи питання про встановлення деталі, вирішують, яких ступенів свободи треба позбавити деталь за допомогою установлювальних елементів пристрою для одержання заданих кресленням розмірів.

Для забезпечення стійкого положення заготовки в пристрої:

1. Відстань між опорами слід вибирати більшою, оскільки в цьому випадку зменшується вплив похибки форми базових поверхонь на положення заготовки в пристрої.

2. При встановленні заготовки на опори не має виникати перекидний момент.

Закріплення заготовки здійснюється однією силою (наприклад, W), яка спричиняє виникнення сили тертя між нижньою базою і опорами, що перешкоджає зсуву заготовки в інших напрямках. Опори мають обмежену поверхню контакту і жорстко закріплені в корпусі пристрою.

Для того щоб визначити положення валика в просторі (рис. 2.103), необхідно задати п'ять жорстких зв'язків, які позбавляють його п'яти ступенів свободи: можливості переміщатися в напрямку осей OX , OY і OZ і обертатися навколо осей OX і OZ . Шостий ступінь свободи – обертання навколо власної осі – залишається вільним.

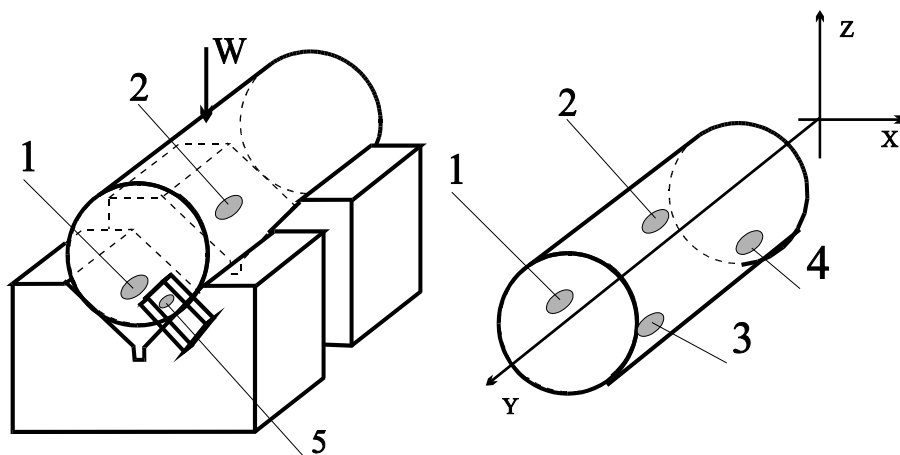


Рис. 2.103. Схема базування циліндричної заготовки

Поверхня деталі, яка несе три опорні точки, називається головною базовою поверхнею; бокова поверхня з двома опорними точками – напрямною, торцева з однією опорною точкою – опорною.

Циліндрична поверхня валика, яка несе чотири опорні точки, називається подвійною напрямною поверхнею. Торцева поверхня валика є опорною базою.

При обробленні недостатньо жорстких заготовок виникає необхідність у збільшенні кількості опорних точок понад шести. При установленні прямокутної заготовки з довгим кронштейном (рис. 2.104), у якого обробляються торці бобишок, застосовується індивідуальна регульована опора 1, до якої заготовка притискається силою W' . Це підвищує жорсткість технологічної системи, даючи змогу використовувати

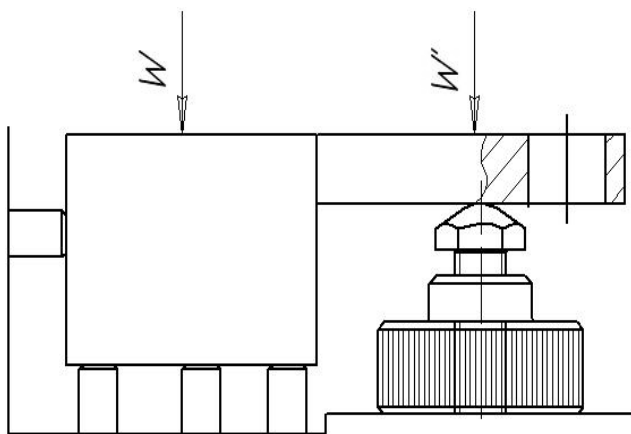


Рис. 2.104. Додаткова опора при базуванні кронштейна

більш продуктивні режими різання.

Додаткові опори виконують тільки регульованими або самоустановлювальними. При встановленні заготовки опори індивідуально підводяться до поверхні заготовки, а потім стопоряться, перетворюючись на час виконання цієї операції на жорсткі опори. Кількість додаткових опор не обмежена, однак для спрощення конструкції пристрою їх кількість слід брати мінімальною.

Одночасно з вибором устаткування вибирають верстатні пристрої, різальний і вимірювальний інструмент. При виборі технологічного оснащення слід враховувати тип виробництва, вид виробу і програму його випуску, характер наміченої технології, змogu максимального застосування наявного стандартного оснащення.

Вибір пристроїв значною мірою залежить від програми випуску деталей. В одиничному і дрібносерійному виробництвах широко використовують пристрої універсального типу (лещата, кулачкові патрони, ділильні головки та ін.), у серійному – універсальні переналагоджувані пристрої і пристрої для групової обробки, а в масовому виробництві економічно виправдовують себе високопродуктивні спеціальні пристрої, що дають змогу різко скоротити час на установлення і закріплення заготовки перед обробленням і на зняття заготовки після закінчення виконання операції.

Вибір різального інструменту здійснюють з урахуванням методу оброблення, матеріалу оброблюваної деталі, її розміру і конфігурації, необхідної якості оброблюваної поверхні, програми випуску деталей. При виборі різального інструменту у першу чергу орієнтуються на застосування стандартного інструменту, проте на окремих операціях, особливо в умовах серійного і масового виробництва, передбачають спеціальний інструмент. Для різальної частини інструменту широко використовують тверді сплави, що забезпечують високі швидкості різання.

Вибір вимірювальних засобів здійснюють з урахуванням відповідності точнісних характеристик інструменту точності виконуваного розміру, виду вимірюваної поверхні, а також масштабу випуску деталей. В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва застосовують в основному універсальні інструменти: штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, універсальні індикаторні прилади та ін. Із збільшенням масштабу випуску деталей зростає застосування граничних калібрів, шаблонів, різних контрольних пристроїв і автоматичних засобів.

3. ОСОБЛИВОСТІ ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

3.1. Правила і послідовність заповнення бланків технологічної документації

Розроблення технологічного процесу складається з комплексу взаємозв'язаних робіт, передбачених єдиною системою технологічної підготовки виробництва (ЄСТПП).

Залежно від річного обсягу випуску виробів і прийнятого типу виробництва вирішення технологічних завдань здійснюється по-різному.

Для дрібносерійного виробництва розробляється одиничний технологічний процес, що дає змогу скорочувати час на підготовку виробництва, ефективно застосовувати універсальне обладнання та універсально-налагоджувальні пристрої.

Для серійного виробництва слід прагнути будувати технологічний процес, орієнтуючись на використання змінно-потоккових ліній, коли послідовно виготовляються партії деталей одних найменувань або розмірів, або групових потоккових ліній, коли паралельно виготовляються партії деталей різних найменувань.

Для масового виробництва необхідно передбачати можливість організації безперервної потокової лінії з використанням спеціальних агрегатних верстатів, спеціальної переналагоджуваної технологічної оснастки і максимальної механізації і автоматизації виробничих процесів.

При розробленні технологічного процесу керуються такими правилами:

- у першу чергу обробляють ті поверхні, які є базовими при подальшому обробленні;
- після цього обробляють поверхні з найбільшим припуском;
- далі виконують оброблення поверхонь, зняття металу з яких найменшою мірою впливає на жорсткість заготовки;
- на початку технологічного процесу слід виконувати ті операції, на яких можна очікувати появу браку через приховані дефекти металу (тріщин, раковин, волосовин і т. п.);
- поверхні, оброблення яких пов'язане з точністю і допусками відносного розташування поверхонь (співвісності, перпендикулярності і т. п.), виготовляють при одному установленні;
- суміщення чорнової і чистової обробок в одній операції і на одному і тому ж обладнанні не бажано – таке поєднання допускається при обробленні жорстких заготовок з невеликими припусками;
- при виборі установних (технологічних) баз слід прагнути до дотримання двох основних умов: суміщенню технологічних баз з конструкторськими (наприклад, отвір в корпусі насадної циліндричної фрези одночасно є посадковим місцем для оправки в процесі експлуатації і базою для більшості операцій); сталості баз, тобто вибору такої бази,

орієнтуючись на яку, можна виконати все або майже все оброблення (наприклад, центрові отвори вала, осі або хвостовики різального інструменту). Принцип базування заготовок має строго відповідати ДСТУ 2232 – 93.

Попереднє розроблення технологічного процесу оброблення заданої деталі закінчується складанням і оформленням комплекту документів технологічного процесу.

Склад і форми карт, що входять до комплекту документів, залежать від виду технологічного процесу (одиничний, типовий або груповий), типу виробництва і ступеня використання розробником (підприємством, навчальним закладом) засобів обчислювальної техніки та автоматизованої системи керування виробництвом (АСКВ).

За ступенем деталізації опису повноти інформації кожен із зазначених видів технологічних процесів передбачає різний виклад змісту операції і комплектність документації.

У маршрутному технологічному процесі зміст операцій викладається тільки в маршрутній карті без указання переходів (допускається включати режими оброблення, тобто рядок зі службовим символом – Р). Застосовується в одиничному і дрібносерійному типах виробництва.

В операційному технологічному процесі маршрутна карта містить тільки найменування всіх операцій в технологічній послідовності, включаючи контроль і переміщення, перелік документів, що застосовуються при виконанні операції, технологічне обладнання та трудовитрати. Самі операції розробляються на операційних картах.

Види документів для різних технологічних процесів виготовлення чи ремонту виробів машинобудування встановлені стандартами, а їх комплектність залежить від виду опису технологічного процесу.

Вид опису технологічного процесу визначається типом і характером виробництва, а також стадією розроблення. Розрізняють такі види опису технологічних процесів:

- маршрутний;
- маршрутно-операційний;
- операційний.

Для серійного і великосерійного виробництв застосовується операційний опис. До комплекту документації для операційного опису технологічних процесів, що розробляються при курсовому і дипломному проектуванні, входять:

- титульний аркуш (ТЛ), форма 2;
- маршрутна карта (МК), форма 1 та 1б;
- операційна карта (ОК), форма 2, 3 і 2а;
- карта ескізів (КЕ), форма 7;
- операційна карта технічного контролю (КТК), форма 2 і 2а.

На розсуд розробника і керівника проєкту можуть оформлятися також інші види технологічних документів, передбачених ЄСТД.

Основний напис вказує призначення і область застосування документа. Він дає інформацію про найменування оброблюваної деталі та її номер, вигляд технологічного документа, найменування організації-розробника. В ній зазначаються особи, які брали участь у розробленні.

Основний напис охоплює графи: 1 – 37. Основний напис однаковий для всіх видів технологічних документів комплекту.

Маршрутна карта (МК) є основним і обов'язковим документом будь-якого технологічного процесу. Форми і правила оформлення маршрутних карт, що застосовуються при відпрацюванні технологічних процесів виготовлення або ремонту виробів в основному і допоміжному виробництвах, регламентовано згідно зі стандартом.

До заповнення граф технологічних документів ставляться такі вимоги:

1. Кожен рядок подумки поділяють по горизонталі навпіл, інформацію записують у нижній її частині, залишаючи верхню частину вільною для внесення змін.

2. Для граф, виділених потовщеними лініями, існує три варіанти заповнення:

а) графи заповнюються кодами і позначеннями за відповідними класифікаторами і стандартами. Варіант використовується розробниками, які впровадили автоматизовану систему керування виробництвом;

б) інформація записується в розкодованому вигляді;

в) інформація дається у вигляді кодів з їх розшифруванням; при курсовому проєктуванні рекомендується цей варіант заповнення.

Для викладу технологічних процесів у маршрутній карті використовують спосіб заповнення, при якому інформацію вносять построчно декількома типами рядків. Кожному типу рядка відповідає свій службовий символ. Службові символи умовно виражають склад інформації, що розміщується в графах певного типу рядка форми документа, і призначені для оброблення, яке містить інформацію про засоби механізації і автоматизації. Простановка службових символів є обов'язковим у будь-якому випадку. Для позначення службових символів використовують великі літери алфавіту, що проставляються перед номером відповідного рядка. Зазначення відповідних службових символів (для типів рядків залежно від розміщуваного складу інформації) в графах маршрутної карти слід виконувати відповідно до існуючих нормативів.

При заповненні інформації на рядках, що мають службовий символ "О", слід керуватися вимогами, які встановлюють правила запису операцій і переходів.

При операційному описі технологічного процесу на маршрутній карті номер переходу слід проставляти на початку рядка.

При заповненні інформації на рядках, що мають службовий символ "Т", слід керуватися вимогами відповідних класифікаторів, державних і галузевих стандартів на кодування (позначення) і найменування

технологічної оснастки.

Інформацію про застосовувану на операції технологічну оснастку записують у такій послідовності: 1) пристрій; 2) допоміжний інструмент; 3) різальний інструмент; 4) слюсарно-монтажний інструмент; 5) спеціальний інструмент; 6) засоби вимірювання.

Перші дві цифри – вид документації: 01 – комплект технологічної документації; 10 – маршрутна карта; 20 – карта ескізів; 42 – відомість оснастки; 44 – відомість деталей до типового (групового) технологічного процесу (операції); 60 – операційна карта; 62 – карта налагодження; 67 – карта кодування інформації.

Третя цифра – вид технологічного процесу (операції) по організації: 0 – без указання; 1 – одиничний процес (операція); 2 – типовий процес (операція); 3 – груповий процес (операція).

Останні дві цифри – вид технологічного процесу за методом виконання: 00 – без указання; 02, 03 – технічний контроль; 04 – переміщення; 21 – оброблення тиском; 41, 42 – оброблення різанням; 50, 51 – термооброблення.

Приклад. Маршрутна карта одиничного процесу оброблення різанням – 10141.XXXX. Останні чотири розряди (XXXX) – резерв додаткового позначення за галузевим класифікатором.

Найменування операції оброблення різанням має відображати застосовуваний вид обладнання і записуватися ім'ям прикметником в називному відмінку (за винятком операції «Галтовка») відповідно до дод. 1.

Структура побудови операційної карти (ОК) – ідентична маршрутній. Запис інформації виконується порядково з прив'язкою до відповідних службових символів.

Указувати одиниці величини слід в заголовках або підзаголовках відповідних граф. Допускається вказувати одиниці величини параметрів технологічних режимів після їх числових значень, наприклад, 40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/хв.

Зазначення даних за технологічними режимами слід виконувати після запису складу застосовуваної технологічної оснастки.

При указанні даних за технологічним оснащенням інформацію слід записувати в такій послідовності: 1) пристрій; 2) допоміжний інструмент; 3) різальний інструмент; 4) засоби вимірювання.

Для поділу інформації по групах технологічної оснастки і пошуку необхідної інформації допускається перед указанням складу застосовувати умовне позначення видів: пристосовний – «**ПР**»; допоміжний інструмент – «**ДІ**»; різальний інструмент – «**РІ**»; засоби вимірювання – «**ЗВ**».

Наприклад, ЗВ. АВВХХХ. Пробка 024 Р7-пр.

При описі змісту переходу необхідно вказувати дані за T_o і T_d . Це слід виконувати на рівні рядка, де закінчується опис змісту переходу під службовим символом «**О**».

Більшість граф операційної карти відповідає аналогічним графам маршрутної карти. Інформацію за додатковими графами слід вносити відповідно до дод. 1.

Запис змісту переходу слід виконувати відповідно до рекомендацій дод. 1.

Повний запис роблять за необхідності перелічити всі витримувані розміри.

Скорочений запис використовується при посиланні на умовне позначення конструктивного елемента оброблюваного виробу. Цей запис виконується при достатній графічній інформації, для проміжних переходів, що не мають графічних ілюстрацій, в змісті слід вказувати виконавчі розміри з їх граничними відхиленнями і за необхідності шорсткості обробленої поверхні та інші технічні вимоги.

Наприклад, «точити поверхню 3, витримуючи $d = 40_{-0,34}^{+0,4}$ і $l = 100 \pm 0,4$ ».

Переходи (основні і допоміжні) нумеруються арабськими цифрами 1, 2, 3... У загальному випадку в зміст переходу включаються:

1) ключове слово, що характеризує метод оброблення, виражене дієсловом в невизначеній формі (дод. 1);

2) найменування (іменник у знахідному відмінку) оброблюваної поверхні, конструктивних елементів або предметів виробництва, наприклад, «отвір», «фаску», «канавку», «заготовку» і т. п.;

3) інформація про розміри оброблення різанням або їх умовних позначеннях, наведених на операційних ескізах і зазначених там арабськими цифрами у колі діаметром 6...8 мм (дод. 1);

4) додаткова інформація, що характеризує кількість одночасно або послідовно оброблюваних поверхонь, характер оброблення, наприклад «попередньо», «послідовно», «за копіром».

Параметри шорсткості оброблюваної поверхні вказуються тільки позначеннями на операційному ескізі. Допускається вказувати в тексті змісту операції інформацію про параметр шорсткості попередньо оброблюваних поверхонь (проміжних переходів), якщо це не можна вказати на операційному ескізі, наприклад, «фрезерувати попередньо поверхню 1, витримуючи висоту $70 \pm 0,5$, $Rz = 50$ ».

У змісті операції мають бути відображені всі необхідні дії, що виконуються в технологічній послідовності виконавцем або виконавцями, щодо обробки заготовки на одному робочому місці.

Якщо частину переходів виконують інші виконавці (контролери, наладники, такелажники), їх дії також слід відобразити в змісті операції, наприклад:

«025. Карусельно-фрезерна.

1. Установити і закріпити заготовку.

2. Перевірити виконання пер. 1, ВТК.

3. Фрезерувати поверхні 1 і 2.

4.

5.

6. Контроль, ВТК».

Карта ескізів (КЕ) – основний графічний документ, що дає наочну інформацію про виконувану технологічну операцію.

Ескізи слід виконувати з дотриманням масштабу або без дотримання масштабу, але з приблизним дотриманням пропорцій.

При розробленні технологічної операції необхідно пам'ятати, що спочатку розробляється і повністю оформляється ескіз на карті ескізів, а тільки потім заповнюється текстова операційна карта.

На кожному ескізі необхідно показати:

1. Заготовку в робочому положенні, причому її контур зображується в такому вигляді, в якому вона виходить в кінці певної операції або установу.

Якщо операція виконується за кілька установів, то ескіз оформляється на кожен установ. У цьому випадку кожному ескізу присвоюється номер операції і через риску – номер допоміжного переходу на перезакріплення заготовки.

Наприклад, 020-1, 065-2 і т. п.

2. Поверхні, які оброблюються на певній операції, виділяються потовщеними чорними лініями. У навчальних цілях допускається виділяти оброблювані поверхні червоним кольором.

3. Умовне позначення опор, затискачів, установних пристроїв виконується згідно зі стандартом (дод. 2).

4. Розміри, які одержують на певній операції із зазначенням допусків і шорсткості поверхні. При цьому необхідно врахувати, що на ескізі проставляються тільки ті розміри, які забезпечуються тільки на певній операції. Проставляти розміри слід таким чином, щоб не з'явилася необхідність у переліченні номінальних значень і допусків на них, тобто простановка розміру має враховувати спосіб його отримання (технологічна база має бути суміщена з вимірювальною).

5. Габаритні розміри заготовки (як довідкові дані).

6. Допуски на похибки форми, взаємного розташування поверхонь, якщо це необхідно забезпечити на певній операції.

7. Різальний інструмент показується в міру необхідності, переважно в кінці робочого ходу (якщо інструмент затемнює ескіз, то його можна зобразити відведеним від заготовки). Нумерація оброблюваних поверхонь або розмірів оброблення проставляється в кружечках, починається з цифри 1. Послідовність простановки номерів в кружечках рекомендується виконувати за годинниковою стрілкою.

На наступних операціях (установах) нумерація знову починається з цифри 1. При цьому, природно, одна і та ж поверхня заготовки на різних операціях (установах) може мати різний номер.

При заповненні основного напису на карті ескізів (у верхній частині) необхідно пам'ятати, що середня графа з трьох граф, обведених жирною лінією, не заповнюється.

Для більшої наочності в курсових і дипломних проєктах деякі ескізи за погодженням з керівником оформляються на аркуші форматом А1 в напівконструктивному вигляді (ескізи налагодження). При цьому на одному аркуші форматом А1 можна розмістити від двох до чотирьох ескізів.

На ескізі налагодження показується все те ж, що й на карті ескізів, і додаткова інформація:

- теоретична схема базування заготовки; при цьому опорні точки рекомендується виконати кольоровим олівцем (червоним, зеленим), щоб відрізнити їх від умовних знаків опор, затискачів пристроїв;
- різальний інструмент;
- траєкторія руху різального інструменту для верстатів з ЧПК (у міру необхідності);
- таблиця з режимами різання (виконується в довільній формі);
- деякі елементи конструкції верстатного пристрою (у міру необхідності).

Над кожним ескізом налагодження вказується найменування операції та її номер згідно з маршрутною картою.

При виконанні курсового і дипломного проєктування як основний документ технічного контролю слід використовувати операційну карту технічного контролю (форма 2).

Інші графи заповнюються за аналогією з маршрутною і операційною картами. При описі операцій технічного контролю слід брати повну або коротку форму запису змісту переходів.

Повну форму запису слід виконувати на всю довжину рядка з включенням граф «обсяг і ПК» і «**То/Тв**» з можливістю перенесення інформації на такі рядки. Дані щодо застосовуваних засобів вимірювань слід записувати завжди з нового рядка.

Коротку форму запису треба застосовувати тільки при перевірці контрольованих розмірів та інших даних, виражених числовими значеннями. У цьому випадку текстовий запис застосовувати не слід, необхідно вказати тільки відповідні параметри, наприклад, **Ø 47 ±0,039**.

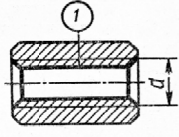
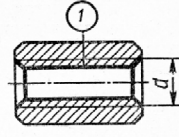
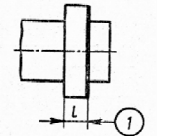
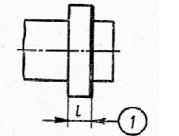
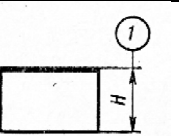
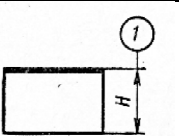
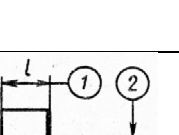
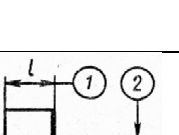
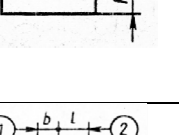
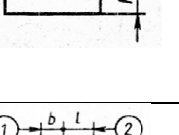
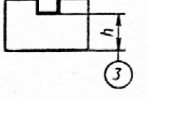
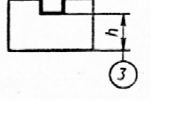
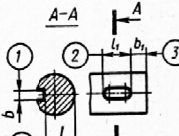
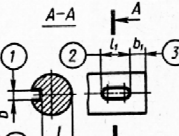
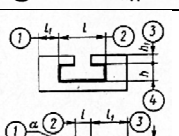
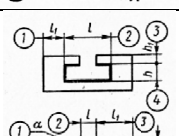
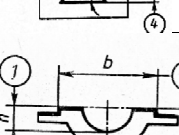
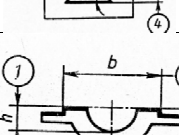
Дані щодо застосовуваних засобів технологічного оснащення слід записувати виходячи з їх можливостей, тобто до кожного контрольованого розміру (параметра) або до групи контрольованих розмірів (параметрів).

ДОВІДКОВІ ДАНІ ДЛЯ ЗАПОВНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

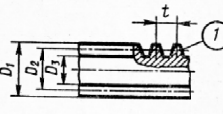
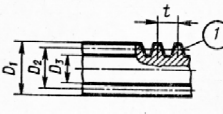
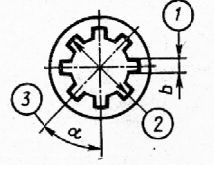
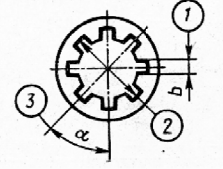
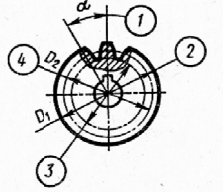
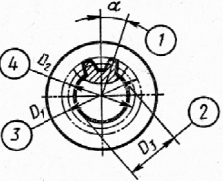
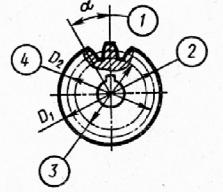
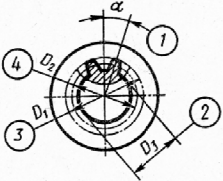
Таблиця Д.1.1

Приклади повного і скороченого запису змісту переходів і графічного зображення оброблюваних поверхонь

Повний запис переходу	Ескіз	Скорочений запис переходу	Ескіз
Точити (шліфувати, полірувати і т. п.) канавку, витримуючи розміри 1 – 3		Точити (шліфувати, полірувати і т. п.) канавку 1	
Точити (шліфувати, полірувати і т. п.) виточку, витримуючи розміри 1 – 4		Точити (шліфувати, полірувати і т. п.) виточку 1	
Точити (шліфувати, притерти і т. п.) конус, витримуючи розміри 1 і 2		Точити (шліфувати, притерти і т. п.) конус 1	
Нарізати (фрезерувати, накатати, шліфувати і т. п.) різі, витримуючи розміри 1 і 2		Нарізати (фрезерувати, накатати, шліфувати і т. п.) різь 1	
Центрувати торець, витримуючи розміри 1 – 4		Центрувати торець 1	
Розточити (зенкерувати, шліфувати і т. п.) отвір, витримуючи розміри 1 і 2		Розточити (зенкерувати, шліфувати і т. п.) отвір 1	
Розгорнути (розточити, зенкерувати і т. п.) конічний отвір, витримуючи розміри 1 – 3		Розгорнути (розточити, зенкерувати і т. п.) конічний отвір 1	

Повний запис переходу	Ескіз	Скорочений запис переходу	Ескіз
Нарізати (шліфувати, довести і т. п.) різь, витримуючи розмір 1		Нарізати (шліфувати, довести і т. п.) різь 1	
Підрізати (шліфувати, полірувати і т. п.) торець буртика, витримуючи розмір 1		Підрізати (шліфувати, полірувати і т. п.) торець буртика 1	
Стругати (фрезерувати, шліфувати і т. п.) поверхню, витримуючи розмір 1		Стругати (фрезерувати, шліфувати і т. п.) поверхню 1	
Шліфувати (фрезерувати, стругати і т. п.) поверхню, витримуючи розміри 1 і 2		Шліфувати (фрезерувати, стругати і т. п.) поверхню 1	
Протягнути (стругати, фрезерувати, шліфувати і т. п.) поверхню, витримуючи розміри 1 – 3		Протягнути (стругати, фрезерувати, шліфувати і т. п.) поверхню 1	
Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри 1 – 4		Фрезерувати шпонковий паз 1	
Протягнути (фрезерувати) паз, витримуючи розміри 1 – 4		Протягнути (фрезерувати) паз 1	
Фрезерувати (шліфувати, полірувати і т. п.) поверхні, витримуючи розміри 1 – 3		Фрезерувати (шліфувати, полірувати і т. п.) поверхні 1 і 2	
Фрезерувати (шліфувати, полірувати і т. п.) бічні поверхні шліців, витримуючи розміри 1 – 3		Фрезерувати (шліфувати, полірувати і т. п.) бічні поверхні шліців 1	

Закінчення табл. Д.1.1

Повний запис переходу	Ескіз	Скорочений запис переходу	Ескіз
Нарізати (фрезерувати, шліфувати і т. п.) черв'як, витримуючи розміри 1 – 4		Нарізати (фрезерувати, шліфувати і т. п.) черв'як 1	
Протягнути (довбати) шліци, витримуючи розміри 1 – 3		Протягнути (довбати) шліци 1	
Фрезерувати (довбати, стругати, протягнути, закруглити, шевінгувати і т. п.) зуби, витримуючи розміри 1 – 4	 	Фрезерувати (довбати, стругати, протягнути, закруглити, шевінгувати і т. п.) зуби 1	 

Таблиця Д.1.2

Найменування технологічних операцій і переходів.
Операції оброблення різанням

Номер операції	Найменування операції	Номер операції	Найменування операції
01	Автоматно-лінійна	28	Суперфінішна
02	Агрегатна	29	Хонінгувальна
03	Довбальна	30	Абразивно-відрізна
04	Зубодовбальна	31	Стрічково-відрізна
05	Зубозакруглювальна	32	Ножовочно-відрізна
06	Зубонакатна	33	Пиловідрізна
07	Зубообкочувальна	34	Токарно-відрізна
08	Зубоприпрацювальна	35	Фрезерно-відрізна
09	Зубопритирочна	36	Розточувальна з ЧПК
10	Зубопротяжна	37	Свердлильна з ЧПК
11	Зубостругальна	38	Токарна з ЧПК
12	Зуботокарна	39	Фрезерна з ЧПК
13	Зубофрезерна	40	Шліфувальна з ЧПК
14	Зубохонінгувальна	41	Вертикально-протяжна
15	Зубошевінгувальна	42	Горизонтально-протяжна
16	Зубошліфувальна	43	Алмазно-розточувальна
17	Спеціальна зубооброблювальна	44	Вертикально-розточувальна

Номер операції	Найменування операції	Номер операції	Найменування операції
18	Шліценакатна	45	Горизонтально-розточувальна
19	Шліцестругальна	46	Координатно-розточувальна
20	Шліцефрезерна	47	Болтонарізна
21	Комбінована	48	Гайконарізна
22	Віброобразивна	49	Різенакатна
23	Галтувальна	50	Вертикально-свердлильна
24	Довідна	51	Горизонтально-свердлильна
25	Опиловочна	52	Координатно-свердлильна
26	Полірувальна	53	Радіально-свердлильна
27	Притиральна	54	Свердлильно-центрувальна
55	Поперечно-стругальна	75	Поздовжньо-фрезерна
56	Поздовжньо-стругальна	76	Різефрезерна
57	Автоматна токарна	77	Спеціальна
58	Вальцетокарна	78	Універсально-фрезерна
59	Лоботокарна	79	Фрезерно-центрувальна
60	Різетокарна	80	Шпоночно-фрезерна
61	Спеціальна токарна	81	Бесцентрово-шліфувальна
62	Токарно-безцентрова	82	Вальцешліфувальна
63	Токарно-гвинторізна	83	Внутрішньошліфувальна
64	Токарно-затилювальна	84	Заточувальна
65	Токарно-карусельна	85	Карусельно-шліфувальна
66	Токарно-копіювальна	86	Координатно-шліфувальна
67	Токарно-револьверна	87	Круглошліфувальна
68	Торцепідрізна центрувальна	88	Стрічково-шліфувальна
69	Барабанно-фрезерна	89	Обдирно-шліфувальна
70	Вертикально-фрезерна	90	Плоскошліфувальна
71	Горизонтально-фрезерна	91	Різешліфувальна
72	Гравірувально-фрезерна	92	Торцешліфувальна
73	Карусельно-фрезерна	94	Шліфувальна спеціальна
74	Копіювально-фрезерна	95	Шліфувально-затилювальна
		96	Шлицьошліфувальна

Таблиця Д.1.3

Ключові слова технологічних переходів та їх умовні коди

Код	Ключове слово при обробленні різанням	Код	Ключове слово при обробленні різанням
01	Вальцювати	14	Обкатати
02	Врізатися	15	Обпиляти
03	Галтувати	16	Відрізати
04	Гравірувати	17	Підрізати
05	Довести	18	Полірувати
06	Довбати	19	Притерти
07	Закруглити	20	Приробити
08	Заточити	21	Простягати
09	Затилувати	22	Розгорнути
10	Зенкерувати, зенкувати	23	Развальцювати
11	Навити (на верстаті)	24	Розкатати
12	Накатати	25	Розсвердлити
13	Нарізати	26	Разточити
27	Свердлити	83	Переустановити
28	Стругати	84	Переустановити і закріпити
29	Суперфінішувати	85	Переустановити, вивірити і закріпити
30	Точити	86	Перемістити
31	Хонінгувати	87	Піджати
32	Шевінгувати	88	Перевірити
33	Шліфувати	89	Змастити
34	Цекувати	90	Зняти
35	Центрувати	91	Установити
36	Фрезерувати	92	Установити і вивірити
80	Вивірити	93	Установити і закріпити
81	Закріпити	94	Установити
82	Налагодити		

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Таблиця Д.2.1

Умовні позначення опор

№ п/п	Найменування опори	Позначення опори на виглядах		
		спереду, ззаду	зверху	знизу
1	Нерухома			
2	Рухома			
3	Плаваюча			
4	Регульована			

Примітка. Для цангових оправок (патрона) слід застосовувати позначення

Таблиця Д.2.2

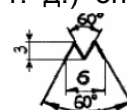
Позначення затискача

№ п/п	Найменування затискача	Позначення затискача на виглядах		
		спереду, ззаду	зверху	знизу
1	Одиночний			
2	Подвійний			

Примітка. Для подвійних затискачів довжина плеча визначається розробником залежно від відстані між точками прикладання сил. Допускається спрощене, графічне позначення

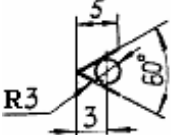
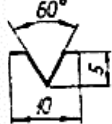
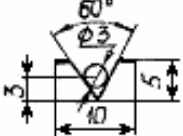
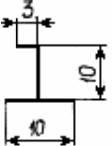
подвійного затискача

Для указання рельєфу робочих поверхонь (рифлена, нарізна, шліцьова і т. д.) опор, затискачів і установних пристроїв слід використовувати позначення відповідно до креслення.



Таблиця Д.2.3

Позначення установного пристрою на виглядах

№ п/п	Найменування установного пристрою	Позначення установного пристрою на виглядах		
		спереду, ззаду, зверху, знизу	зліва	справа
1	Центр нерухомий		Без позначення	Без позначення
2	Центр обертальний		— " —	— " —
3	Центр плаваючий		— " —	— " —
4	Оправка циліндрична			
5	Оправка шарикова (роликова)			
6	Патрон повідковий			

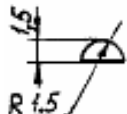
Примітка: 1. Позначення зворотних центрів слід виконати у дзеркальному відображенні.

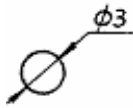
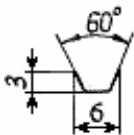
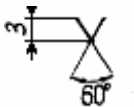
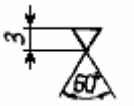
2. Для базових установних поверхонь допускається використовувати позначення



Таблиця Д.2.4

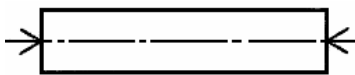
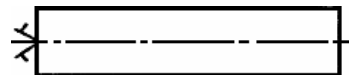
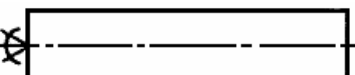
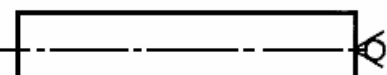
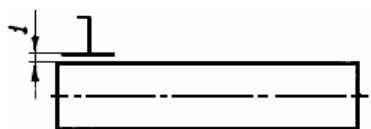
Найменування форми робочої поверхні

№ п/п	Найменування форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на всіх виглядах
1	Плоска	
2	Сферична	

№ п/п	Найменування форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на всіх виглядах
3	Циліндрична (кулькова)	
4	Призматична	
5	Конічна	
6	Ромбічна	
7	Тригранна	

Таблиця Д.2.5

Приклади нанесення позначень опор, затискачів і установних пристроїв на схемах

№ п/п	Найменування	Приклади нанесення позначення опор, затискачів і установних пристроїв
1	Центр нерухомий (гладкий)	
2	Центр рифлений	
3	Центр плаваючий	
4	Центр обертальний	
5	Патрон повідковий	

№ п/п	Найменування	Приклади нанесення позначення опор, затискачів і установних пристроїв
6	Люнет рухомий	
7	Люнет нерухомий	
8	Оправка циліндрична	
9	Оправка конічна, роликова	
10	Оправка нарізна, циліндрична з зовнішньою різью	
11	Оправка шліцьова	
12	Оправка цангова	
13	Опора регульована зі сферичною випуклою робочою поверхнею	
14	Затискач пневматичний з циліндричною рифленою поверхнею	

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Основний

- Бондаренко, С. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
- Гевко, Б. М. Технологія оброблення на верстатах з ЧПК : навч. посіб. / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – 131 с.
- Дерібо, О. В. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Ч. 1 / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
- Дерібо, О. В. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Ч. 2 / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
- Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування : підруч. для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
- Кирилович, В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; за заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.
- Копей, В. Технологія машинобудування : навч. посіб. Ч. 1 / В. Копей, З. Одосій, О. Онисько. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. – 217 с.
- Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник для вищ. навч. закладів / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, А. І. Грабченко, В. Л. Доброскок, В. О. Залога, Ю. К. Новосьолов, Ф. Я. Якубов ; за заг. ред. М.П. Мазура. – 3-тє вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ – 2000, 2018. – 471 с.
- Попович, В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
- Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні : підручник / А. І. Грабченко, М. В. Вerezуб, Ю. М. Внуков та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2003. – 455 с.
- Руденко, П. О. Проєктування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко – Київ : Вища шк., 1993. – 414 с.
- Рудь, В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, Т. П. Маркова. – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. – 344 с.
- Сторож, Б. Д. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. / Б. Д. Сторож, М. П. Мазур, Р. Т. Карпик, В. Д. Каразей. – Івано-Франківськ – Хмельницький : ТУП, 2003. – 153 с.
- Сторож, Б. Д. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. / Б. Д. Сторож, Р. Т. Карпик. – Івано-Франківськ : Факел, 2002. – 182 с.
- Технологія конструкційних матеріалів : підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. / за ред. М. А. Сологуба. – Київ : Вища шк., 2002. – 374 с.
- Технологія машинобудування : підручник / П. П. Мельничук,

А. І. Боровик, П. А. Лінчевський. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 884 с.

Технологія машинобудівних підприємств : підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін. ; за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків : УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: навч. посіб. / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський ; за ред. І. І. Юрчишина. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2009. – 528 с.

Технологія машинобудування : навч. посіб. / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Львів : Новий Світ-2000, 2012. – 358 с.

Чумак, М. Г. Матеріали та технологія машинобудування / М. Г. Чумак. – Київ : Либідь, 2000. – 368 с.

Якімов, О. В. Технологія машино- та приладобудування : навч. посіб. / О. В. Якімов. – Луцьк : Вид-во ЛДТУ, 2005. – 712 с.

Якімов, О. В. Технологія автоматизованого машинобудування : підручник / О. В. Якімов та ін. – Одеса : ОНПУ, 2005. – 410 с.

Додатковий

Дідик, Р. П. Технологія виробництва і ремонт гірничих машин / Р. П. Дідик, В. М. Забара, П. М. Шилов. – Дніпропетровськ : Наука і освіта 1999. – 470 с.

ДСТУ 2232–93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1993. – 35 с.

Чумак, М. Г. Фрезерна справа : підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл. / М. Г. Чумак, А. В. Мохорт, В. А. Мохорт. – Київ : Либідь, 2004. – 438 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	5
1.1. Історія розвитку. Роль і місце машинобудування в житті країни.....	5
1.2. Службове призначення деталі.....	8
1.3. Якість виробу: геометрична точність деталі і якість поверхневого шару деталі.....	11
1.4. Вибір методів оброблення поверхонь в залежності від точності і якості оброблюваної поверхні.....	15
1.5. Виробничий процес на машинобудівному підприємстві. Структура виробничого процесу.....	20
1.6. Складові частини і структура технологічних процесів.....	23
1.7. Типи виробництва і їх техніко-економічна характеристика.....	26
1.8. Технічна підготовка виробництва.....	31
1.9. Технологічна підготовка виробництва, її завдання.....	33
1.10. Структура технологічного процесу.....	35
1.11. Основні положення єдиної системи технологічної підготовки виробництва.....	38
1.12. Система автоматизованого проєктування технологічної підготовки виробництва деталей.....	40
1.13. Види заготовок для деталей машин.....	43
1.14. Вибір методу отримання заготовки.....	45
1.15. Основні вимоги до заготовок.....	49
1.16. Методи визначення припусків на оброблення.....	54
1.17. Засоби визначення припусків на оброблення заготовки за таблицями.....	59
1.18. Контроль деталей.....	63
1.19. Вибір методу вимірювання.....	66
1.20. Технологічність конструкції.....	87
1.21. Базування деталей при обробленні.....	100
1.22. Теорія розмірних зв'язків у виробках машинобудування. Побудова, розрахунок та аналіз розмірних ланцюгів.....	115
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	126
2.1. Методи оброблення основних поверхонь деталей машин.....	126
2.2. Оброблення циліндричних зовнішніх поверхонь методом точіння.....	128
2.3. Оброблення конічних зовнішніх поверхонь методом точіння.....	137
2.4. Оброблення внутрішніх поверхонь деталей тіл обертання (отворів).....	139
2.5. Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання.....	145
2.6. Оброблення деталей на токарних напівавтоматах і автоматах....	159
2.7. Оброблення деталей на одношпиндельних токарно-багаторізцевих автоматах і напівавтоматах.....	162

2.8. Оброблення деталей на багатошпиндельних напівавтоматах і автоматах.....	167
2.9. Оброблення деталей на токарно-карусельних і токарно-револьверних верстатах.....	171
2.10. Оброблення нарізних і фасонних поверхонь.....	173
2.11. Оброблення плоских поверхонь струганням, фрезеруванням, шліфуванням.....	189
2.12. Протягування пазів і отворів.....	196
2.13. Оброблення зубчастих коліс, шліцьових поверхонь і шпонкових пазів.....	199
2.14. Особливі методи оброблення деталей.....	210
2.15. Оброблення легкооброблюваних матеріалів.....	218
2.16. Комплексна технологія механічного оброблення типових деталей. Оброблення деталей типу «вал».....	220
2.17. Оброблення деталей типу «втулка» та «диск».....	225
2.18. Оброблення корпусних деталей.....	231
2.19. Технологія складальних процесів машин.....	235
2.20. Основи технічного нормування робіт на металорізальних верстатах.....	243
2.21. Нормування робіт на металорізальних верстатах.....	256
2.22. Металорізальні верстати, класифікація і формоутворювальні рухи.....	266
2.23. Проектування промислового підприємства.....	275
2.24. Верстатні пристрої та їх конструкції	294
3. ОСОБЛИВОСТІ ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ....	303
3.1. Правила і послідовність заповнення бланків технологічної документації.....	303
Додаток 1. ДОВІДКОВІ ДАНІ ДЛЯ ЗАПОВНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	310
Додаток 2. УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	315
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	319

Для нотаток

Навчальне видання

**Федіна Лідія Василівна
Гнисько Олександр Миколайович
Кузнецова Анна Вадимівна
Бреус Андрій Олександрович
Косенко Оксана Валеріївна**

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Редактор Н. М. Сікульська

Зв. план, 2024

Підписано до друку 31.12.2024

Формат 60x84 1/8. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 18. Обл.-вид. арк. 20,25 Наклад 50 пр.

Замовлення 171-24. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
[http:// www.khai.edu](http://www.khai.edu)
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001