

2020



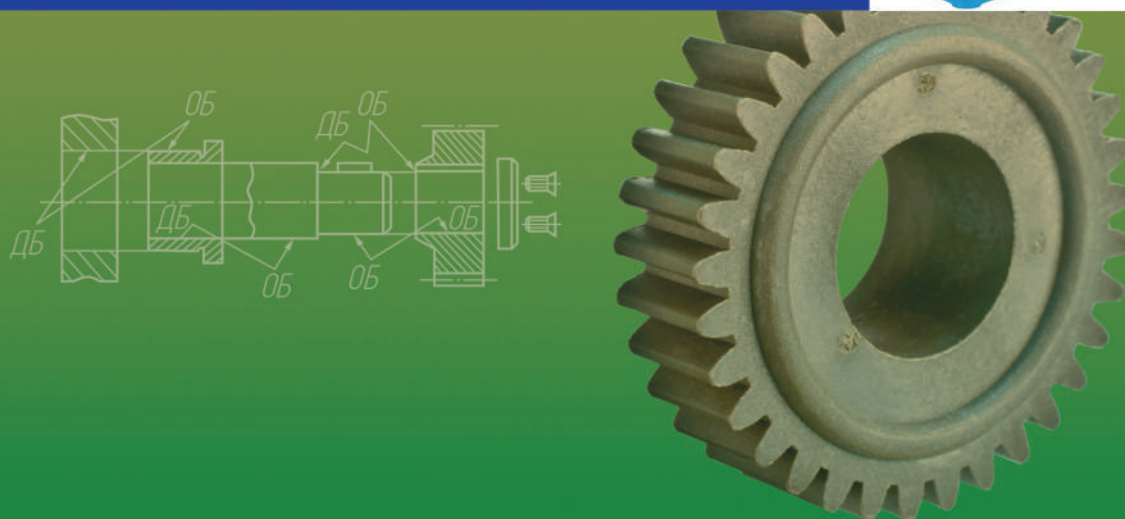
І. В. ГУМЕНЮК  
О. В. ГУМЕНЮК  
В. В. ПАРЖНИЦЬКИЙ

ТЕХНОЛОГІЯ  
МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

# ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ



І. В. ГУМЕНЮК  
О. В. ГУМЕНЮК  
В. В. ПАРЖНИЦЬКИЙ



**І. В. Гуменюк, О. В. Гуменюк, В. В. Паржницький**

# **ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ**

Підручник для здобувачів професійної  
(професійно-технічної) освіти

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

Київ  
«Грамота»  
2020

УДК 683(07)  
Г94

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(наказ Міністерства освіти і науки України від 26. 05. 2020 № 697)*

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.**

Рецензенти:

**А. Г. Кононенко** — кандидат педагогічних наук, завідувач науково-організаційного відділу Інституту професійно-технічної освіти НАПН України;

**В. Н. Волошин** — кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з навчальної роботи Технічного коледжу Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

**В. Т. Басарабчук** — методист навчально-методичного центру професійно-технічної освіти в Тернопільській області;

**Я. Ю. Вовк** — заступник генерального директора з науково-технічного розвитку ТОВ «ОСП Корпорація "Ватра"».

**Гуменюк І. В.**

Г94 Технологія механоскладальних робіт : підруч. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти / І. В. Гуменюк, О. В. Гуменюк, В. В. Паржницький. — Київ : Грамота, 2020. — 256 с.: іл.

ISBN 978-966-349-831-7

Матеріал підручника відповідає навчальній програмі та переліку професійних компетентностей Стандарту професійної (професійно-технічної) освіти (СП(ПТ)О 7233.DJ.28.74-2019) з підготовки, перепідготовки та підвищення професійної кваліфікації робітників із професії 7233 «Слюсар з механоскладальних робіт» 2–6 розрядів.

У підручнику розглянуто технологічні питання механоскладальних робіт, організації складального виробництва, контролю якості виробів, способи складання рознімних і нерознімних з'єднань деталей, механізмів передачі й перетворення руху. Описано інструменти, пристрої та обладнання, які використовують під час виконання механоскладальних робіт. Наведено дані про засоби вимірювання і контролю, механізацію та автоматизацію процесів складання.

Для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти та викладачів, а також фахівців інших професій, де застосовують механоскладальні й ремонтні роботи.

**УДК 683(07)**

ISBN 978-966-349-831-7

© Гуменюк І. В., Гуменюк О. В., Паржницький В. В., 2020  
© Видавництво «Грамота», 2020

## ПЕРЕДМОВА

Сучасне виробництво висуває не тільки жорсткі технологічні вимоги до виробів і технологій, а й професійні вимоги до людей, які створюють і використовують їх. Робітник нового типу повинен володіти глибокими професійними знаннями та майстерністю із знанням політехнічних основ сучасного виробництва, а також має швидко освоювати новітні техніку й технології.

Складання — визначальний етап виробничого процесу, який практично є заключним процесом створення готового виробу. Від якості складання значною мірою залежить якість готової продукції. У загальному обсязі часу виготовлення виробів на складання припадає майже 30 %, а вартість складальних робіт досягає 50 % і посідає друге місце після механічної обробки.

Слюсарі-складальники закінчують роботу, розпочату розмітниками, ливарниками, штампувальниками, токарями, фрезерувальниками й іншими спеціалістами. Вони повинні знати виріб у цілому та його складальні одиниці, уміти правильно підбирати інструменти, пристрої та обладнання, а також володіти прийомами виконання механоскладальних операцій.

Щоб зібрати готовий виріб, треба спочатку вивчити креслення, підготувати деталі, потім скласти окремі вузли, відрегулювати, тобто перевірити правильність взаємодії зібраних деталей та вузлів, і провести випробування виробу. Іноді підготовка деталей потребує підгинки їхніх розмірів до потрібних. Слюсарю-складальнику доводиться за допомогою спеціальних слюсарних інструментів здійснювати доведення деталей. Підгинка деталей вимагає від слюсаря знань властивостей металів і сплавів, а також володіння всіма видами слюсарних робіт, пов'язаних з обробкою деталі. З'єднання деталей у вузли й надалі в конструкції відбувається шляхом запресовування, паяння та зварювання, з використанням болтів, шпонок, різьби, заклепок та інших способів кріплення залежно від виробу, що складається.

Мета цього підручника — надати молодим слюсарям-механоскладальникам необхідні знання та рекомендації щодо прогресивних і раціональних способів складання виробів.

Матеріал, уміщений у підручнику, допоможе здобувачам професійної (професійно-технічної) освіти оволодіти теоретичними основами механоскладальних робіт, отримати виробничі навички, засвоїти способи й прийоми роботи, ефективніше й раціональніше використовувати навчальний та виробничий час, розвивати здатність до аналізу й уміння визначати найважливіше та необхідне в роботі.

*Автори*



## ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВИРОБНИЧИЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ

---

---

### 1.1. Загальні дані про вироби та їхні складові частини

**Виріб** є кінцевим результатом виробничого процесу. Розрізняють вироби таких видів: деталі, складальні одиниці (вузли), комплекси й комплекти.

**Деталь** — виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій (гайка, гвинт, вал, втулка тощо).

**Складальна одиниця (вузол)** — виріб, складові частини якого з'єднані між собою паянням, клепаанням, склеюванням, різьбовим з'єднанням (муфта, редуктор, коробка швидкостей та ін.).

**Комплекс** — два або більше виробів, не з'єднаних між собою складальними операціями, але призначених для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій (поточкова лінія верстатів, бурильна установка тощо).

**Комплект** — два або більше виробів, які мають загальні експлуатаційні функції допоміжного характеру (комплект інструментів, комплект запасних частин та ін.).

**Механізм** — сукупність рухомо з'єднаних деталей та складальних одиниць, що здійснюють певні види рухів (кулачковий, гвинтовий, кривошипно-шатунний, зубчастий тощо).

**Машина** — механічний або електричний пристрій, призначений для перетворення енергії, матеріалів або інформації. Залежно від характеру робочого процесу машини поділяють на п'ять видів.

**Двигуни** — пристрої, призначені для перетворення енергії одного виду на інший (електродвигуни, двигуни внутрішнього згоряння).

**Генератори** — пристрої, що перетворюють механічну роботу в енергію іншого виду (електричні генератори, компресори, повітряні та гідравлічні насоси).

**Технологічні машини** — пристрої, які використовують механічну роботу двигунів для виконання технологічних операцій (верстати, преси, молоти, сільськогосподарські машини).

**Транспортні машини** — пристрої, що перетворюють роботу двигунів на механічну роботу переміщення вантажів (автомобілі, трактори, крани, конвеєри).

**Інформаційні машини** — пристрої, що призначені для перетворення та подання інформації (електронно-обчислювальні машини).

### 1.2. Виробничий процес та його види

**Виробничий процес** — це процес перетворення сировини на готову продукцію або ремонт виробів. Готовою продукцією можуть бути машини, механізми, прилади, а також окремі деталі та складальні одиниці.

*Виробничий процес охоплює кілька стадій:*

- підготовку засобів виробництва;
- одержання і зберігання матеріалів (сировини);
- усі стадії виготовлення деталей;
- складання виробів;

- технічний контроль;
- транспортування деталей та виробів.

Залежно від кількості однакової продукції, що виготовляється, розрізняють одиничне, серійне та масове виробництво.

**Одиничне (індивідуальне) виробництво** — це випуск невеликої кількості (часто одиниці) виробів, виготовлення яких може повторюватися через певний час або взагалі не повторюватися. Для цього виду виробництва є характерним використання універсального обладнання, пристосувань та інструментів, значні затрати ручної праці, висока собівартість виробів і низька продуктивність. До одиничного виробництва належать підприємства важкого машинобудування (гідротурбіни, прокатні стани), суднобудівні заводи, експериментальні цехи тощо.

**Серійне виробництво** — це випуск продукції серіями або партіями, що можуть повторюватися через певні проміжки часу. У серійному виробництві використовують високопродуктивне спеціальне обладнання, пристосування та інструменти. Складні операції поділяють на прості, застосовуючи незначну кількість ручної праці, залучаючи фахівців вузької спеціалізації. Це сприяє підвищенню продуктивності праці. Залежно від розмірів партії (серії) розрізняють три види серійного виробництва: велико-, середньо- й дрібносерійне (подібне до одиничного виробництва). Серійне виробництво здійснюють підприємства з випуску верстатів, тепловозів тощо.

**Масове виробництво** — це випуск великої кількості однакових виробів протягом тривалого часу, вузька спеціалізація робочих місць, використання високотехнологічного обладнання, спеціальних пристосувань та інструментів, широка взаємозамінність деталей, висока автоматизація виробничих процесів. До масового виробництва належать заводи з випуску автомобілів, тракторів, поршнів тощо.

### 1.3. Технологічний процес та його елементи

**Технологічний процес** — це сукупність операцій із послідовного виготовлення, складання або ремонту виробів. Він є складником виробничого. Розрізняють такі технологічні процеси: механічної обробки, термічної обробки, складання, ремонту та ін.

Технологічний процес складання містить операції з утворення з'єднань складових частин виробів. Складання виконують у певній техніко-економічній послідовності для одержання виробів, які повністю відповідають установленим для них технічним вимогам.

Технологічний процес утворюють окремі елементи: операція, перехід, установка, позиція, прохід і робочий прийом.

**Технологічною операцією** називають частину технологічного процесу, що виконується на окремому робочому місці одним інструментом та одним або кількома робітниками. Залежно від обсягу виконуваної роботи операції бувають прості й складні. Складні операції поділяють на окремі складові частини: переходи, установки, позиції тощо.

**Перехід** — це частина операції, що виконується за незмінних режимів обладнання та інструментів. Наприклад, складання зубчастого колеса з валом є операцією, що містить два переходи: напресовування колеса на вал і перевірку складання на биття.

**Установкою** називають частину операції, що виконується за незмінного кріплення виробу, який складається або ремонтується.

**Позиція** — частина операції, що виконується при одному незмінному кріпленні виробу щодо інструмента (не враховуючи перемішень, спричинених робочими рухами виробу або інструмента).

**Прохід** — це частина переходу, під час якого знімається один шар матеріалу.

**Робочий прийом** — частина переходу, що складається з одноразового переміщення інструмента (закріплення деталі, зняття виробу тощо).

Технологічний процес виготовлення виробів має бути побудований із найповнішим використанням технічних можливостей засобів виробництва за найменших витрат часу й найменшої собівартості виробів.

#### 1.4. Проектування технологічних процесів складання

Основою виробничого процесу є технологічний. Тому складання технологічних процесів є важливим заходом для виконання відповідальних завдань: виробляти більше, краще і з найменшими затратами.

Для проектування технологічного процесу складання потрібно мати **складальне креслення**, що дає повне уявлення про конструкцію виробу, креслення та специфікації деталей, технічні вимоги тощо. Для проектування використовують довідникові та нормативні дані: рекомендації з покращення технологічності конструкції, каталоги й паспорти обладнання, пристроїв та інструментів.

Складальне креслення має враховувати необхідні проєкції та розрізи, специфікацію елементів виробу, розміри, натяги й зазори в з'єднаннях, масу виробу.

Технічні умови містять указівки про точність і якість складання, герметичність, щільність і жорсткість стиків, натяги й зазори в з'єднаннях, моменти затягування різьбових з'єднань, балансування обертових частин та інші дані залежно від призначення виробу.

За потреби на складальних кресленнях мають бути дані та зображення, що додатково пояснюють будову й принцип дії виробу. Наприклад, кількість зубів, модуль, діаметри зубчастих коліс, міжосьові відстані, напрямок обертання валів, указівка про ліву різьбу LH, позначення різьби тощо.

В умовах виробництва одночасно із складальними кресленнями за потреби застосовують креслення загального вигляду, габаритні та монтажні.

**Креслення загального вигляду** визначає конструкцію зображеного на ньому виробу в цілому, пояснює принцип його дії та взаємодію складових частин. За кресленням загального вигляду розробляють робочі креслення деталей та виконують складальне креслення виробу. Даних про складання та контроль виробу таке креслення не містить.

**Габаритні креслення** роблять максимально спрощеними і такими, щоб дати повне уявлення про: зовнішні обриси виробу; розміщення його частин; елементи, які мають бути постійно в полі зору; частини, які з'єднуються з іншими виробами. На габаритному кресленні вказують габаритні, установлювальні та приєднувальні розміри виробу.

**Монтажні креслення** містять установлювальні та приєднувальні розміри монтажних виробів і пристроїв, до яких кріпиться виріб.

Складальні одиниці на кресленнях зображують за допомогою **виглядів, розмірів і перерізів**. На складальних кресленнях найбільше розрізів. Кількість зображень та їхній зміст на складальному кресленні залежать від потреби з'ясуван-

ня форми та взаємного розміщення деталей складальної одиниці. Щоб з'ясувати принцип роботи або особливості кріплення чи встановлення виробу, його рухомі частини на складальному кресленні зображують у крайньому або проміжному положенні з необхідними написами.

Вивчення виробу, який підлягає складанню, завершують створенням технологічних схем. Вони є основою для проектування технологічних процесів складання. Розподіл виробу на складальні одиниці — це основна робота під час проектування технологічних процесів складання.

Процес складання виробу починають із визначення **базової деталі**. Це деталі, які мають базові поверхні й у складальній одиниці є з'єднувальною ланкою, що забезпечує під час складання відповідне розташування інших деталей.

Елементи деталі (бази), що забезпечують визначеність її розташування щодо елементів інших деталей, є **базовими елементами**. Елементи з'єднаних деталей, які відповідають основним базовим елементам, називають **допоміжними базами** (рис. 1.1).

Поверхні вала будуть допоміжними базами для зубчастого колеса, а поверхня вала під втулку — основною базою для її отвору. Під час складання виробу основні бази однієї деталі опираються на допоміжні бази іншої деталі.

Основні й допоміжні базові поверхні утворюють **спряження**, а за силового дотику — **з'єднання**. У деталях розрізняють **спряжені** (функціональні) і **неспряжені поверхні**.

За технологічними схемами складання визначають основні складальні операції, а потім розраховують потрібний для їхнього виконання час. Зміст операцій складання встановлюють так, щоб на кожному робочому місці виконувалась однорідна за характером і технологічно завершена робота, що сприяє кращій спеціалізації складальників і підвищенню продуктивності праці.

Проектуючи технологічний процес, виконують технічне нормування робіт. Після визначення норм часу для операції встановлюють спосіб її виконання та вибирають обладнання, пристосування та інструменти.

Виконуючи складальні операції, перевіряють (контролюють) правильність взаємного розміщення елементів виробу, якість виконаних з'єднань, балансування обертових частин, зазори, герметичність, силу затягування різьбових з'єднань тощо. Завершальною контрольною операцією технологічного процесу є випробування виробу.

## 1.5. Технологічна документація

**Технологічна документація** — це документи, що регламентують виконання технологічного процесу виготовлення, складання або ремонту виробу. Техноло-

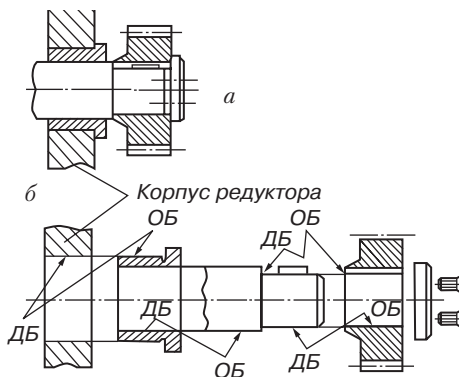


Рис. 1.1. Бази з'єднаних деталей:  
а — зібраний вузол; б — елементи вузла (деталі); ОБ — основна база; ДБ — допоміжна база

гічні документи поділяють на *текстові* й *графічні*. До технологічної документації належать: технологічні, маршрутні й операційні карти, карти ескізів і схем, технологічні інструкції, дані щодо матеріалів та оснащення, дані технічного контролю.

**Технологічна карта** — форма технологічного документа, у якому зазначено весь процес обробки виробу, указані операції та їхні складові частини, матеріали, режими, обладнання, час виготовлення виробу, кваліфікація робітників тощо.

**Маршрутна карта** — документ, що містить опис технологічного процесу виготовлення виробу за всіма операціями в технологічній послідовності, з даними про обладнання, пристосування, матеріали, нормативи.

**Операційна карта** — опис операцій технологічного процесу виготовлення виробу з поділом операцій по переходах і з указаними режимами роботи, розрахунковими нормами.

**Карта ескізів і схем** — документ, що містить графічні ілюстрації технологічного процесу виготовлення виробу та його окремих елементів. Ця карта доповнює або пояснює зміст операцій.

**Технологічна інструкція** — опис специфічних прийомів роботи, методики контролю технологічного процесу, правил користування обладнанням і приладами, заходів безпеки, а також опис фізико-хімічних явищ, що відбуваються під час виконання окремих операцій.

**Відомість матеріалів** — документ, у якому наведено дані щодо матеріалів, які використовують у технологічному процесі, і норми витрат матеріалів.

**Відомість оснащення** — перелік спеціальних і стандартних пристосувань та інструментів, необхідних для оснащення технологічного процесу.

**Відомість технічного контролю** — перелік контрольно-вимірвальних інструментів і дані вимірювання, отримані під час виконання контрольних операцій.

**Комплектувальну карту** складають для кожної складальної одиниці. У ній указують назви, індекси та кількість з'єднувальних деталей.

Складальнику на робочому місці потрібна чітка, з вичерпними даними операційна карта, складальне креслення і комплектувальна карта. Ці документи мають бути вичерпною інструкцією для виконання роботи.

## 1.6. Якість продукції та її показники

**Якість продукції** — це сукупність усіх властивостей продукції, які визначають ступінь її відповідності своєму призначенню, установленим стандартам або технічним умовам.

Основними показниками якості продукції є надійність, економічність, раціональність в експлуатації, точність, продуктивність, зручність у керуванні й обслуговуванні, технічний рівень, безпечність у роботі й зовнішній вигляд.

**Термін служби** — час від початку експлуатації виробу до його технічної непридатності. Цей показник є основою **гарантійного терміну служби**, який не характеризує надійність вибору, а тільки встановлює відносини між споживачем і постачальником (виробником), який несе юридичну відповідальність за якість виробу протягом установленого періоду служби.

**Надійність** — властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах. Надійність виробів залежить від кількості та якості деталей, які входять до

їхнього складу, від якості матеріалів, правильності конструювання, технологічності конструкції, від режимів роботи деталей тощо. Для розрахунку надійності виробів користуються критеріями (показниками).

**Критерій надійності** — це показник, за яким оцінюють надійність виробу. Кількісна характеристика надійності є технічним параметром виробу. Надійність означає безвідмовність, довговічність, збереженість і ремонтпридатність виробу та його складових частин.

**Безвідмовність** — властивість виробу зберігати працездатність протягом певного часу в заданих умовах без вимушеної перерви.

**Довговічність** — властивість виробу зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту до настання граничного стану.

**Граничним** називають стан виробу, коли його подальша експлуатація має бути припинена через несправності, які не можна усунути.

**Збереженість** — це властивість виробу зберігати експлуатаційно-технічні показники протягом певного часу простою, транспортування та експлуатації.

**Ремонтпридатність** — властивість виробу, що полягає в його пристосованості до запобігання, виявлення та усунення причин і наслідків пошкодження (відмов) проведенням технічного обслуговування та ремонтів. Економічну доцільність витрат на ремонт визначають з урахуванням простоїв виробу та терміну служби після ремонту.

Що вищий рівень безвідмовності, довговічності й збереженості виробу, то менші затрати праці й коштів на підтримання його працездатності, то менша тривалість простоїв під час технічного обслуговування і ремонту за період експлуатації та вища ремонтпридатність.

**Точністю складання** називають відповідність фактично виконаних з'єднань і взаємного розташування деталей кресленням і технічним умовам.

### Запитання та завдання

1. Що називають *виробом*?
2. Назвіть складові частини виробу.
3. Що таке *машина*?
4. Як поділяють машини залежно від робочого процесу?
5. Що таке *виробничий процес*?
6. Охарактеризуйте стадії виробничого процесу.
7. Назвіть види виробничого процесу.
8. Охарактеризуйте види виробничого процесу.
9. Що називають *технологічним процесом*?
10. Назвіть елементи технологічного процесу.
11. Охарактеризуйте елементи технологічного процесу.
12. Як проєктують технологічний процес?
13. Які вимоги до складання креслень?
14. Що таке *базова деталь*?
15. Що називають *технологічною документацією*?
16. Як поділяють технологічні документи?
17. Назвіть види технологічної документації.
18. Які є основні показники якості продукції?



## ОРГАНІЗАЦІЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

### 2.1. Види складання

Процес складання поділяють на два види: *вузлове*, об'єктом якого є складальна одиниця, і *загальне* — складання виробу в цілому. Вузлове складання застосовують під час конструювання виробів. Складальні одиниці збирають на певних дільницях цехів і відправляють на загальне складання або склад готових деталей.

Залежно від виду виробництва складання пов'язане з виконанням припасувальних робіт, які не є складальними, а належать до слюсарних операцій. Припасувальні роботи необхідні внаслідок низької точності виготовлення деталей, які перед складанням треба доробляти.

Залежно від співвідношення між суто складальними і припасувальними роботами розрізняють три основні види складання: за принципом повної взаємозамінності, за принципом неповної (часткової) взаємозамінності й за принципом індивідуального припасування.

**Складання за принципом повної взаємозамінності** використовують у масовому й великосерійному виробництвах. Згідно з цим принципом обробку деталей здійснюють у відносно вузьких межах допустимих відхилень розмірів. Це призводить до подорожчання механічної обробки та зменшення витрат на складальні роботи. Якщо для складання використовують деталі без попереднього сортування або підбору й одержують з'єднання з потрібною посадкою і без додаткового припасування, то це буде складання з повною взаємозамінністю деталей.

**Складання за принципом неповної (часткової) взаємозамінності** використовують в одиничному й серійному виробництвах. При цьому допуски на розміри деталей збільшуються, а посадка з'єднаних деталей забезпечується шляхом попереднього підбору деталей за розмірами або з використанням компенсаторів. Складання за цим принципом знижує собівартість механічної обробки, але підвищує вартість складальних робіт через потребу сортування і підбору деталей на розмірні групи.

За *індивідуального підбору* деталі підбирають із будь-яких, виготовлених у межах установленого допуску, що надходять для виконання складальних робіт.

Під час *групового підбору* деталі попередньо сортують на розмірні групи в межах одного допуску, а для складання використовують тільки деталі певної групи.

Якщо проводять *складання з використанням компенсаторів*, потрібної точності спряження складальних одиниць досягають установленням у них спеціальних деталей — компенсаторів, які сприймають усі відхилення розмірів, одержаних у спряжених деталях. З'єднання регулюють за допомогою нерухомих і рухомих компенсаторів. *Нерухомий компенсатор* — це деталь, яку вводять у з'єднання для усунення похибки розмірів деталей; *рухомий* — деталь, переміщенням якої усувають неточності з'єднання та похибки виготовлення деталей. У цьому разі немає потреби у виконанні припасувальних робіт.

**Складання за принципом індивідуального припасування** використовують в одиничному та дрібносерійному виробництві. Деталі виготовляють із широкими полями допусків. Одержані неточності компенсують остаточною розміром дета-



лі, яка буде виготовлятися за місцем з'єднання, тобто припасовуватися. Перед складанням деталі припасовують за місцем шляхом обпилювання, шабрування, шліфування, розвертання, притирання тощо. Такий спосіб складання потребує висококваліфікованих робітників. Отже, підвищується собівартість продукції та знижується продуктивність праці.

## 2.2. Організаційні форми складання

Розрізняють дві основні організаційні форми складання: стаціонарну та рухому.

**Стаціонарне складання** виконують один або кілька робітників на одному нерухомому робочому місці, до якого подають усі деталі та складальні одиниці. Стаціонарне складання може виконуватися без поділу процесу на вузлове і загальне складання, а також із поділом цього процесу.

**Стаціонарне складання без поділу процесу** на вузлове і загальне складання потребує великої площі цехів, значної кількості інструментів та обладнання. Його застосовують для складання спеціальних та унікальних виробів в одиничному й дрібносерійному виробництві.

За **стаціонарного складання з поділом процесу** на вузловому складанні одночасно зайняті кілька робітників або бригад. Зібрані складальні одиниці подають на загальне складання, де працівники складають із них виріб. Тривалість процесу складання скорочується, зменшуються виробничі площі та кількість робітників, збільшується випуск продукції, знижуються витрати й собівартість складальних робіт.

Стаціонарне складання виконують на обладнаних стендах, на фундаментах або безпосередньо на підлозі.

**Рухоме складання** виконують із поділом процесу на вузлове й загальне складання. У процесі складання виріб переміщують від одного робочого місця до іншого. Кожне робоче місце обладнане відповідними інструментами, пристроями та деталями, необхідними для виконання певної операції. Переміщення деталей може бути **вільним**, коли складені вузли переміщують самі робітники на візках, або **примусовим**, коли вузли переміщують за допомогою транспортних засобів неперервної чи перервної дії (конвеєри, рольганги та ін.). За рухомого складання скорочується час складання, зменшуються витрати, збільшується кількість складеної продукції, підвищується продуктивність праці.

## 2.3. Організаційні методи складання

Для виконання складальних робіт застосовують два методи: непотоковий та потоковий. До **непотокового методу складання** належать індивідуальний, бригадний та ланцюговий.

**Індивідуальний метод** ґрунтується на стаціонарній формі складання без поділу процесу. Виріб повністю складається з окремих деталей одним або кількома робітниками від початку до кінця. При цьому деталі припасовують за місцем стикування з іншими деталями. Такий метод потребує складальників високої кваліфікації, універсальних інструментів і пристроїв. Його використовують в одиничному виробництві.

**Бригадний метод** полягає в тому, що бригада робітників складає виріб з окремих деталей і вузлів, попередньо зібраних іншими робітниками поза стен-

дом загального складання. Метод базується на стаціонарній формі складання з поділом процесу на операції. Це дає змогу використовувати робітників необхідної спеціалізації, що зумовлює скорочення часу складання та підвищення продуктивності праці. Бригадний метод використовують у дрібносерійному виробництві та під час монтажних робіт.

За **ланцюгового методу** виріб складають послідовно, починаючи з базової складальної одиниці, і так, щоб на певних етапах зібрані раніше вузли можна було без порушення якості розібрати й відправити замовнику. Цей метод оснований на організаційній формі складання з поділом процесу. Його застосовують для виготовлення виробів важкого машинобудування.

**Потоковий метод складання** ґрунтується на рухомій формі складання з поділом технологічного процесу на окремі операції, які виконують на визначених робочих місцях. За цього методу складальні одиниці переміщують від одного робочого місця до іншого, що створює безперервність (потік) складального процесу — *потокову лінію*. Тривалість складальної операції дорівнює темпу складання виробу. *Темпом складання* називають час між виходом двох суміжних готових виробів. Найдосконалішим є **потокове складання з примусовим переміщенням виробу й примусово регульованим темпом**. Примусовий темп (ритм) складання забезпечує конвеєр.

Потоковий метод використовують у великосерійному та масовому виробництві. Він дає змогу збільшити випуск продукції, скоротити тривалість складання, знизити собівартість виробу, підвищити продуктивність праці, покращити планування виробництва й умови праці.

## 2.4. Складальна технологічність виробів

**Складальна технологічність виробів** — це здатність спряжених деталей, які містить складальна одиниця або виріб, забезпечувати якісне з'єднання відповідно до технології виготовлення.

Конструкція виробів має бути такою, щоб її експлуатаційні якості, що залежать від складання, досягалися шляхом зміни найекономічнішого технологічного процесу складання. Таку конструкцію виробу називають *технологічною при складанні*. Основним показником технологічності виробу є **складність деталей**. Що складніші деталі, то більше вони мають спряжених розмірів, а отже, складніше їхнє виготовлення та складання. Іншим показником технологічності є **точність деталей**. Що вища точність, то більші витрати праці на їхнє виготовлення. Показником технологічності виробів є також **зручність складання**, що сприяє скороченню складального процесу.

## 2.5. Види з'єднань деталей

У процесі складання з'єднують різноманітні деталі. Спосіб з'єднання визначає конструктор з урахуванням умов роботи виробу, економіки його виробництва й експлуатації. За конструкцією та умовами експлуатації з'єднання деталей класифікують на рухомі та нерухомі, які до того ж поділяють на рознімні й нерознімні (рис. 2.1).

**Рухомі з'єднання** під час роботи виробу забезпечують переміщення деталей одна щодо іншої, які здійснюють заданий рух відповідно до його призначення.

**Нерухомі з'єднання** під час експлуатації виробу гарантують нерухомість деталей, які не можуть переміщуватися одна щодо іншої.

**Рознімні з'єднання** уможливають повне розбирання виробу без пошкодження з'єднувальних і кріпильних деталей.

**Нерознімні з'єднання** не піддаються розбиранню без пошкодження з'єднувальних деталей або розбираються частково. Після розбирання одна або дві деталі виявляються непридатними до повторного складання чи потребують додаткового припасування.

**Рухомі рознімні з'єднання** (рис. 2.1, а) виконують за допомогою рухомих посадок. Такими є з'єднання: вал — підшипник ковзання, плунжер — втулка, зуби коліс; каретка — станина.

**Рухомі нерознімні з'єднання** (рис. 2.1, б) — з'єднання, одержані шляхом клепаання чи розвальцювання. Наприклад, з'єднання зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників кочення, запірні клапани.

**Нерухомі рознімні з'єднання** (рис. 2.1, в) одержують за допомогою різних посадок. Це різьбові, шпонкові, шліцьові й корпусні з'єднання.

**Нерухомі нерознімні з'єднання** (рис. 2.1, г) одержують розвальцюванням, запресовуванням, клепаанням, зварюванням і паянням. У такі з'єднання можна ввести додатковий матеріал: наплавлений метал під час зварювання, припії, клей, пластмасу, мастило.

Окрему групу утворюють з'єднання, які одержують заливанням деталей розплавленим металом або пластмасою (*армування*), обмотуванням дротом, зшиванням тонколистових деталей, з'єднанням тертям, магнітним тощо.

Вибираючи спосіб з'єднання, ураховують умови роботи виробу, забезпечення потрібної надійності, технологію обробки та складання, умови експлуатації, ремонтпридатність, витрати на виготовлення та експлуатацію протягом заданого терміну служби виробу.

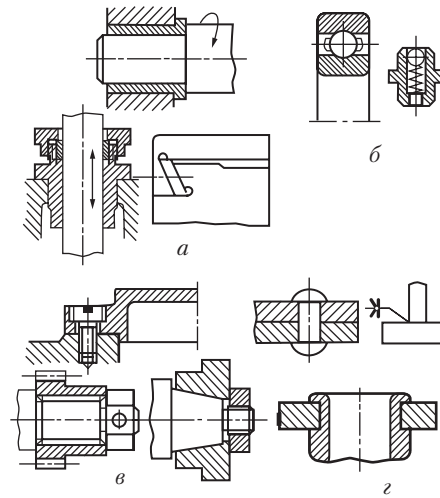


Рис. 2.1. Види з'єднань:  
а — рухомі рознімні;  
б — рухомі нерознімні; в — нерухомі рознімні; г — нерухомі нерознімні

### Запитання та завдання

1. Як розрізняють види складання?
2. Які види складання використовують у різних виробництвах?
3. Охарактеризуйте види складання.
4. Як підбирають деталі для складання?
5. Для чого використовують компенсатори?
6. Назвіть організаційні форми складання.
7. Охарактеризуйте організаційні форми складання.
8. Назвіть організаційні методи складання.
9. Охарактеризуйте організаційні методи складання.
10. Що називають *теплом складання*?
11. Які заходи сприяють покращенню складання виробів?
12. Що називають *технологічністю виробів*?
13. Як класифікують з'єднання деталей?
14. Охарактеризуйте види з'єднань деталей.
15. Наведіть приклади рознімних і нерознімних з'єднань.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

### 3.1. Організація робочого місця

Завданням організації праці є покращення умов праці, її систематичне полегшення, посилення трудової дисципліни, забезпечення росту культурно-технічного рівня робітників.

**Робоче місце** — це ділянка виробничої площі цеху, закріплена за одним робітником або бригадою робітників, оснащена необхідним обладнанням, пристосуваннями, інструментами й матеріалами та призначена для виконання операцій виробничого процесу (рис. 3.1).

Планування та оснащення робочого місця значною мірою залежить від характеру виробництва. Якщо в одиничному виробництві головними особливостями організації праці є незалежність робочих місць, незначний поділ технологічного процесу й перевага бригадної форми організації праці, то в умовах серійного виробництва це взаємозв'язок більшості робочих місць, зумовлений загальним виробничим ритмом, поділ технологічного процесу на операції. В умовах масового виробництва особливостями організації праці є тісний взаємозв'язок робочих місць, глибокий поділ технологічного процесу на операції та переходи, поділ праці з дотриманням установленої тривалості операцій, застосування поточкових ліній.

Розташування обладнання, пристосувань та інструментів має сприяти зменшенню втомлюваності робітника. Водночас він повинен виконувати різні рухи найкоротшим шляхом.

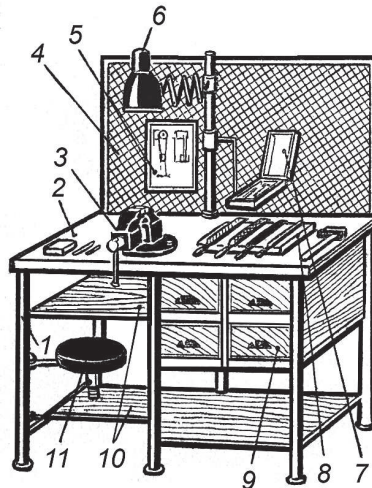


Рис. 3.1. Робоче місце слюсаря:

1 — каркас верстака; 2 — стільниця; 3 — лещата; 4 — захисний екран; 5 — планшет для креслень; 6 — світильник; 7 — поличка для інструменту; 8 — планшет для робочого інструменту; 9 — ящики; 10 — полички; 11 — сидіння

*Для створення зручних умов робоче місце має відповідати певним вимогам:*

- деталі й інструменти треба розміщувати на відстані витягнутої руки (ближче розміщують інструменти й деталі, які використовують найчастіше);
- предмети розміщують у суворій послідовності їхнього використання;
- предмети, які беруть правою рукою, розміщують праворуч, а ті, що беруть лівою, — ліворуч;
- предмети, які беруть обома руками, кладуть спереду;
- під різальними інструментами мають бути дерев'яні підставки;
- кожний предмет повинен займати постійне місце;
- на робочому місці мають міститися тільки те обладнання та інструменти, які необхідні для виконання роботи.

Рухи робітника умовно поділяють на п'ять груп:

1 — рухи, які виконують тільки пальці;

2 — рухи, які виконують пальці й кисть руки;

3 — рухи, які виконує вся рука;

4 — рухи, які виконує вся рука з нахилом плеча;

5 — рухи, які виконує одна або обидві руки з нахилом тулуба.

Науково доведено, що продуктивність праці протягом робочої зміни є різною. Її умовно поділяють на три етапи: перший — робітник звикає до роботи, другий — період високої продуктивності, третій — початок утомленості та її зростання.

Продуктивність праці протягом перших двох годин зростає, півтори години підтримується на високому рівні, а потім поступово знижується. Після перерви на обід продуктивність праці знову підвищується, але не досягає початкового рівня продуктивності. Наприкінці зміни продуктивність праці різко знижується.

Поряд з організаційно-технічним забезпеченням особливу увагу потрібно приділяти стану підлоги, чистоті приміщення, температурі та вологості повітря, освітленню, рівню шумів, кольору стін приміщення тощо.

### **3.2. Охорона праці під час виконання механоскладальних робіт**

**Охорона праці** — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Метою охорони праці є створення безпечних умов праці, гарантування безпечної експлуатації обладнання, зменшення впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників на організм людини, зниження виробничого травматизму й професійних захворювань.

Основна умова безпечної праці — правильна організація робочого місця, використання справного інструменту, дотримання виробничої дисципліни та ретельне виконання правил безпеки.

Правильна організація робочого місця полягає в забезпеченні його високопродуктивним обладнанням, пристосуваннями, інструментами, інвентарем, підйомно-транспортними засобами та допоміжними пристроями, у найдоцільнішому

розміщенні елементів робочого місця, створенні безпечних і здорових умов праці, у забезпеченні порядку й чистоти, а також у безперебійному обслуговуванні робочого місця.

Роботу розпочинають за умови, що робітникам відомі безпечні способи її виконання (якщо є сумніви, треба звернутися до майстра за роз'ясненнями).

### ***Перш ніж розпочати роботу, потрібно:***

- переконатися, що на робочому одязі немає кінців, які звисають; рукави треба застебнути, волосся сховати під головний убір. Заборонено працювати в тапочках, сандаліях, босоніжках;
- уважно оглянути робоче місце, звільнити його від сторонніх предметів;
- забезпечити достатню освітленість;
- приготувати й розкласти у відповідному порядку потрібні для роботи інструменти, пристосування, матеріали тощо;
- перевірити справність інструментів, пристроїв і засобів індивідуального захисту (окуляри, рукавиці);
- перевірити справність робочого обладнання та його огороження;
- перевірити справність підйомних пристроїв (блоки, домкрати, підйомні механізми тощо).

### ***Під час роботи важливо:***

- не допускати на робоче місце сторонніх осіб;
- бути уважним до сигналів, які подають транспорт, крани й інші засоби;
- не ходити в заборонених місцях;
- виконувати встановлений режим роботи;
- не користуватися випадковими підставками;
- утримувати робоче місце в чистоті й порядку;
- не допускати забруднення одягу гасом, бензином чи мастилом;
- міцно та надійно закріплювати деталі й складальні одиниці;
- видаляти ошурки лише щіткою;
- одержавши нову роботу, вимагати від майстра додатковий інструктаж.

### ***Працюючи з електричним інструментом, потрібно:***

- перевірити відповідність напруги електричного інструменту напрузі електромережі;
- перевірити заземлення та занулення;
- перевірити наявність індивідуальних засобів захисту (гумові рукавиці, калоші, ізолювальні килимки, підставки);
- захистити провід (кабель) електроінструменту від механічних пошкоджень;
- вимикати електроінструменти під час перерви в роботі;
- якщо сталося ураження струмом, не доторкаючись до постраждалого, вимкнути струм будь-яким способом (зняти запобіжник, вимкнути рубильник, перебити провід — окремо одну, а потім й інші жили); укласти потерпілого, розстебнути одяг і викликати швидку допомогу, а за відсутності ознак життя виконати штучне дихання та масаж серця.



### ***Працюючи з пневматичним інструментом, необхідно:***

- уникати випадкового потрапляння струменя стисненого повітря в очі, рот, ніс або вухо, яке може призвести до розриву внутрішніх органів;
- під'єднувати пневматичний інструмент до шлангів тільки за відсутності подання повітря (вентиль має бути закритим);
- не перетискати шланг для припинення подання повітря;
- не здувати стисненим повітрям металевий пи́л і стружку;
- не роз'єднувати шланги;
- подавати повітря лише після встановлення інструмента в робоче положення.

### ***Після закінчення роботи треба:***

- ретельно прибрати робоче місце;
- змастити рухомі елементи та напрямне обладнання;
- покласти інструменти, пристрої та матеріали на відповідні місця;
- прибрати промашене ганчір'я в спеціальний металевий ящик із кришкою, щоб уникнути самозаймання та пожежі.

Наукова організація праці передбачає максимальну економію робочого часу, забезпечення умов для високої продуктивності праці, раціональний виробничий процес, який економить час і сили робітника, звільняє його від зайвих і незручних рухів та інших непродуктивних витрат часу.

### **Запитання та завдання**

1. Охарактеризуйте організацію праці складальників.
2. Що називають *робочим місцем*?
3. Що передбачає наукова організація праці?
4. Назвіть особливості організації праці в одиничному виробництві.
5. Охарактеризуйте організацію праці в умовах серійного виробництва.
6. Назвіть особливості організації праці в масовому виробництві.
7. Яким вимогам має відповідати робоче місце?
8. Назвіть рухи робітника.
9. Охарактеризуйте продуктивність праці протягом робочої зміни.
10. Що таке *охорона праці*?
11. Яка мета охорони праці?
12. Які обов'язки робітника до початку, під час роботи й після її завершення?
13. Укажіть особливості роботи з електричними інструментами.
14. Назвіть заходи безпеки під час роботи з пневматичними інструментами.



## ІНСТРУМЕНТИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

### 4.1. Технологічне оснащення робочого місця

Залежно від виду виробництва й можливостей використання інструменти та пристосування поділяють на дві групи: універсальні (загального призначення) і спеціальні.

**Універсальні інструменти і пристосування** призначені для складання різних вузлів і виробів в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. Це молотки, гайкові ключі, викрутки, плоскогубці, кусачки та ін. Їх використовують для виконання різних операцій.

**Спеціальні інструменти і пристосування** призначені для виконання тільки певної операції, що значно полегшує роботу. Їх використовують у великосерійному та масовому виробництві.

Інструменти також бувають ручні й механізовані. Механізовані інструменти поділяють на:

*електроінструменти*, електричний двигун яких приводиться в дію електричним струмом (гайкокрути, гвинтокрути, шпилькокрути, електромолотки, електропили, електросвердла тощо);

*пневмоінструменти*, які працюють від стисненого повітря (вібратори, преси, свердлильні дрелі).

Інструменти та пристосування належать до **технічного оснащення** робочого місця. **Організаційне оснащення** забезпечує не тільки виконання певної роботи, але й безпеку праці, розміщення та порядок зберігання інструментів, деталей, готових виробів, підтримання чистоти тощо. Крім того, на робочому місці може використовуватися різне **обладнання**: **технологічне** (верстати, преси), **транспортне** (конвеєри, рольганги, візки) і **підйомно-транспортне** (крани, домкрати, талі, тельфери).

**Технологічне оснащення класифікують:**

- за ступенем автоматизації (ручне, механізоване, напівавтоматичне й автоматичне);
- за типом приводу (механічне, пневматичне, гідравлічне та пневмогідравлічне);
- за призначенням (робоче, контрольне, установлювальне, захоплювальне, підйомне, переміщувальне).

### 4.2. Затискні пристрої

Затискні пристрої використовують для закріплення деталей, складальних одиниць і механізмів у процесі складання або ремонту виробів. Найпоширенішими є лежата й струбцини.

**Лежата** (рис. 4.1) — затискні пристрої для утримування деталей та вузлів у потрібному положенні. Залежно від характеру роботи застосовують стільцеві, з паралельними губками ручні та пневматичні лежата.

**Стільцеві лежата** (рис. 4.1, а) застосовують для виконання грубих важких робіт, пов'язаних з використанням ударних навантажень. Їх виготовляють із

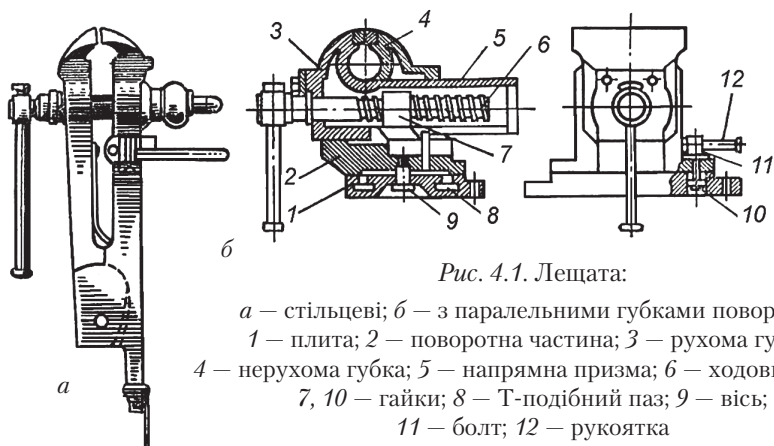


Рис. 4.1. Лещата:

- a* – стільцеві; *б* – з паралельними губками поворотні;  
 1 – плита; 2 – поворотна частина; 3 – рухома губка;  
 4 – нерухома губка; 5 – напрямна призма; 6 – ходовий гвинт;  
 7, 10 – гайки; 8 – Т-подібний паз; 9 – вісь;  
 11 – болт; 12 – рукоятка

кованої сталі. Ширина губок становить 100 мм, а найбільше розкриття – 90, 130, 150 і 180 мм. Стільцеві лещата мають рухома і нерухома губки. Під час обертання затискного гвинта рухома губка переміщується й затискає деталь. Перевага стільцевих лещат полягає у високій міцності та простоті конструкції. Недоліком є те, що робочі поверхні губок не в усіх положеннях паралельні одна до одної, через що вузькі предмети губки затискають лише верхніми краями, а широкі – лише нижніми, що не гарантує міцності кріплення та призводить до утворення на поверхні деталі вм'ятини.

**Лещата з паралельними губками** бувають трьох типів: поворотні, неповоротні й інструментальні з вільним ходом передньої губки. Під час виконання механоскладальних робіт найзручнішими є поворотні лещата. Вони можуть повертатися на кут не менше ніж 60°. Корпус лещат виготовляють із сірого чавуну, а ходовий гвинт та інші деталі – з конструкційної вуглецевої сталі. Для збільшення терміну служби до губок гвинтами прикріплюють пластини з насічкою, виготовлені з інструментальної сталі марки У8. Щоб уникнути вм'ятин від насічок, робочі частини губок закривають накладними пластинами (*нагубниками*), виготовленими з м'якої сталі, міді, латуні, алюмінію, свинцю, шкіри тощо. Ширина губок поворотних лещат становить 80 і 140 мм, найбільше розкриття губок – 95 і 180 мм, час закріплення предметів – 0,3–0,5 хв.

**Поворотні лещата** (рис. 4.1, б) складаються з плити (основи) 1, поворотної частини 2, рухомої 3 і нерухомої 4 губок. Паралельне переміщення рухомої губки забезпечує напрямна призма 5 за допомогою ходового гвинта 6 і гайки 7. По круговому Т-подібному пазу 8 переміщується болт 11 із гайкою 10. Поворотна частина 2 за допомогою рукоятки 12 притискається до плити 1 під потрібним кутом. Відпускаючи болт 11, поворотну частину можна крутити навколо осі 9 для встановлення потрібного кута.

**Неповоротні лещата** (рис. 4.2), на відміну від поворотних, не мають пово-

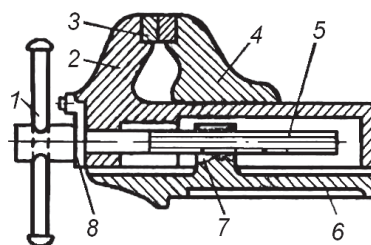


Рис. 4.2. Неповоротні лещата:

- 1 – важіль; 2 – рухома губка;  
 3 – призматичні пластини;  
 4 – нерухома губка; 5 – затискний гвинт;  
 6 – основа; 7 – гайка;  
 8 – стопорна планка

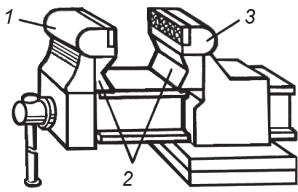


Рис. 4.3. Лещата з додатковими губками:

- 1 – рухома губка;
- 2 – призматичні вирізи;
- 3 – нерухома губка

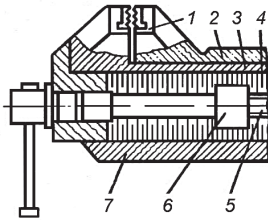


Рис. 4.4. Лещата з вільним ходом:

- 1 – щічки; 2 – внутрішня губка; 3 – рухома губка;
- 4 – зубчасті рейки;
- 5 – гвинт; 6 – зубчасте колесо (гайка); 7 – плита

ротної частини. Вони менш зручні для виконання механоскладальних робіт через неможливість установаження предметів під потрібним кутом.

**Лещата з додатковими губками** (рис. 4.3) використовують для закріплення труб та інших циліндричних деталей завдяки додатковому призматичному вирізу. Найбільші діаметри труб дорівнюють 60, 70 і 140 мм.

**Лещата з вільним ходом** (рис. 4.4) забезпечують зручність і швидкість установаження деталей. Плита 7 притискає лещата до верстака. Під внутрішньою губкою 2 розміщена рухома губка 3, а між нею і плитою – дві зубчасті рейки 4. У зачепленні з цими рейками перебуває зубчасте колесо 6, зроблене у формі гайки та встановлене на гвинті 5. Поворотом рукоятки вліво гайка виводиться із зачеплення з рейками 4 і звільняє рухома губку. Так установажують потрібний зазор між щічками 1.

**Пневматичні лещата** (рис. 4.5) призначені для швидкого закріплення та знімання деталей або складальних одиниць. Вони без застосування фізичної сили забезпечують швидке затискання деталей (2–3 с) із постійним зусиллям (300 Н). Пневматичні лещата складаються з основи 1, поворотної частини 2, закріпленої болтами 3, а також з рухомої губки 4 і нерухомої губки 5. У поворотній

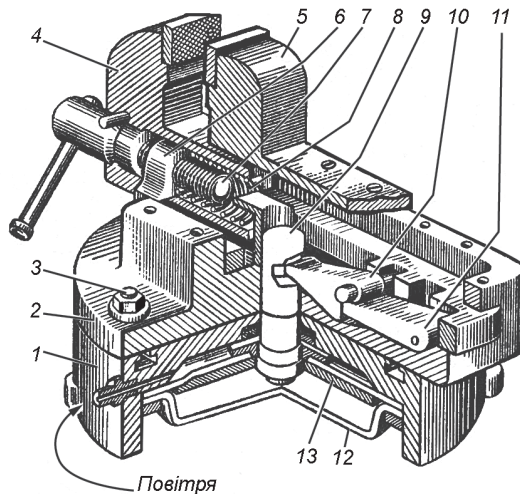


Рис. 4.5. Пневматичні лещата:

- 1 – основа; 2 – поворотна частина; 3 – болт; 4 – рухома губка;
- 5 – нерухома губка; 6 – каретка; 7 – ходовий гвинт; 8 – пружина; 9 – шток;
- 10 – важіль; 11 – штовхач; 12 – діафрагма; 13 – опорне кільце

частині переміщується каретка 6, яка з'єднана ходовим гвинтом 7 із рухомою губкою. Коли до лещат не надходить повітря, губки під дією пружини 8 перебувають у розсунутому стані. З надходженням повітря (під тиском 500–600 кПа) до камери лещат опускається шток 9 і повертає важіль 10, що міститься в каретці. Важіль тисне на каретку через штовхач 11 і тягне рухому губку, затискаючи деталь. Повітряна камера утворюється стінками основи 1 і гумовою діафрагмою 12. Через діафрагму повітря тисне на опорне кільце 13 штока, створюючи робоче зусилля. У таких лещатах можна затискати предмети розміром до 80 мм.

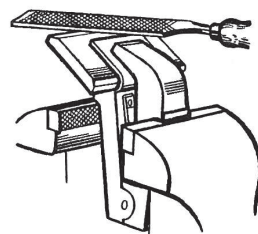


Рис. 4.6. Кутові (косогубі) лещата

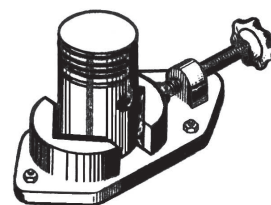


Рис. 4.7. Лещата із спеціальними губками (із призматичними вирізами)

Використовують також лещата інших конструкцій: **кутові** (косогубі) (рис. 4.6) — для обпилювання похилих поверхонь і фасок; **із спеціальними губками** (із призматичними вирізами) (рис. 4.7) — для закріплення циліндричних виробів.

**Струбцини** (рис. 4.8) — це ручні лещата, які виготовляють для тимчасового закріплення деталей великих розмірів під час обпилювання, зварювання, паяння, заклепування тощо. Вони бувають гвинтові, ексцентрикові, пневматичні та ін.

*Під час роботи з лещатами потрібно дотримуватися таких правил:*

- перед роботою оглянути лещата й упевнитися в їхньому міцному кріпленні;
- закріплюючи деталь, не допускати ударів по важелю, тому що це може призвести до зриву різьби ходового гвинта або гайки;
- не виконувати грубих робіт важкими молотками, щоб уникнути руйнування лещат;

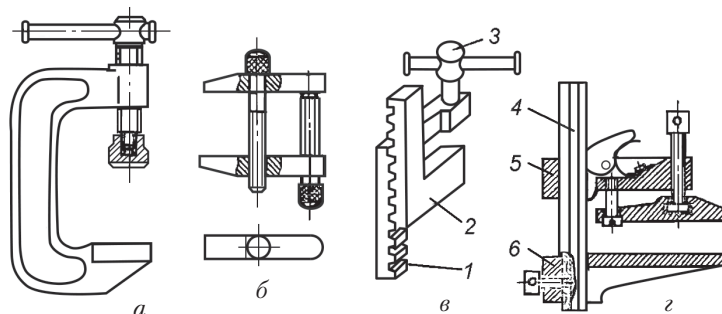


Рис. 4.8. Струбцини:

- а, б* — із гвинтовим затискачем; *в* — швидкодійна розбірна із зубчастими напівскобами; *г* — струбцина-домкрат; 1 — пряма скоба; 2 — скоба Г-подібної форми; 3 — гвинт; 4 — штанга; 5 — затискна губка; 6 — нерухома опорна губка

- наприкінці роботи очистити лещата волосяною щіткою від бруду, пилу та стружки, а напрямні й різбові з'єднання змастити маслом;
- розвести губки лещат, бо в стисненому стані виникає напруження у гвинтовому з'єднанні.

### 4.3. Установлювальні пристрої

Установлювальні пристрої призначені для правильного й точного встановлення з'єднаних деталей і складальних одиниць у потрібному положенні, що гарантує одержання необхідних складальних розмірів. Конструкції таких пристроїв різноманітні й залежать від виду продукції.

Наприклад, для складання колінчастого вала (складового) використовують **установлювальний пристрій** (рис. 4.9, а), який має носок 1, хвостовик 5, дві шийки 6, кривошипну шийку 3 з різбою для гайок 2. Базами є шліфовані корінні шийки носка і хвостовика. Шийки із щоками 4 займуть на центрувальних призмах співвісне положення. З'єднання щік кривошипною шийкою 3 на кінцях забезпечить збіг їхньої вісі симетрії в площині А-А.

Для з'єднання деталей з натягом використовують спеціальні **запресувальні пристосування** (рис. 4.9, б). Зубчасте колесо 9, центруючи за циліндричним пояском оправки 10, разом з надставкою 11 вводять в отвір. За допомогою преса або ударів молотка втулку 12 запресовують в отвір. Унаслідок дотику нижнього торця втулки з пояском 13 оправка опускається вниз, стискаючи пружину 8 доти, доки втулка не буде повністю запресована в зубчасте колесо.

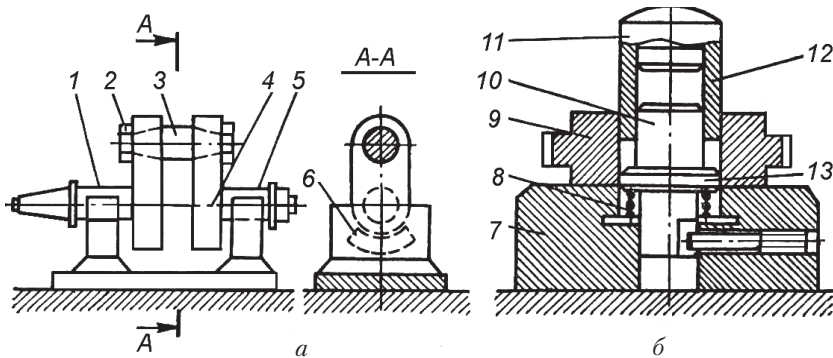


Рис. 4.9. Установлювальні пристрої:

- а — для складання колінчастого вала; б — для запресовування втулок у зубчасте колесо;  
 1 — носок вала; 2 — кріпильна гайка; 3 — кривошипна шийка; 4 — щока; 5 — хвостовик;  
 6 — шийки (дві); 7 — плита; 8 — пружина; 9 — зубчасте колесо; 10 — оправка;  
 11 — надставка; 12 — втулка; 13 — поясок

### 4.4. Робочі пристрої

Робочі пристрої використовують за потреби прикладати великі зусилля, а також для забезпечення точності направлення з'єднаних деталей і прискорення процесу складання. Таким є **робочий пристрій пневматичної дії для встанов-**



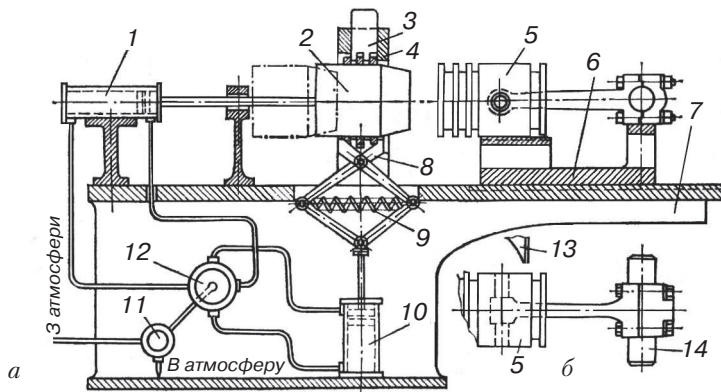


Рис. 4.10. Робочий пристрій для встановлення кілець на поршень:

- a* – схема пристрою; *б* – комплект поршня із шатуном; 1 – пневмоциліндр; 2 – гільза; 3 – упорний сухар; 4 – кронштейн; 5 – поршень; 6 – бабка; 7 – станина; 8 – важелі; 9 – зворотна пружина; 10 – силовий пневмоциліндр; 11 – запірний кран; 12 – розподільний кран; 13 – упор; 14 – скалка

**лення кілець на поршень** двигуна або компресора (рис. 4.10, *a*). За напрямними станини 7 переміщують бабку 6 із закріпленням на ній поршнем 5. Поршень складений у комплекті із шатуном, і для виготовлення складальної одиниці в кривошипну головку встановлюють скалку 14 (рис. 4.10, *б*). На станині змонтований кронштейн 4 (рис. 4.10, *a*) з пересувним упорним сухарем 3, затискним механізмом із зворотною пружиною 9. Механізм приводять у дію за допомогою штока силового пневмоциліндра 10. Відстань між колодками відповідає розмірам між канавками для кілець на поршні. Пневмоциліндрами керують за допомогою рукояток розподільного 12 і запірного 11 кранів. На кінці другого пневмоциліндра 1 закріплена конусна гільза 2 (діаметр гільзи на 0,6–1,0 мм більший за діаметр поршня).

Складальна операція проходить так. У ліву частину пневмоциліндра 1 подають стиснене повітря. Шток поршня 5 переміщує праворуч конусну гільзу 2, яка розтискає кільця в замках. Потім розподільним краном 12 повітря подають у верхню частину пневмоциліндра 10; його поршень переміщується вниз і своїм штоком зводить важелі 8, які затискають кільця колодками в місцях затискань. Через кран 12 повітря надходить у праву частину пневмоциліндра 1, шток якого виводить гільзу 2 із кілець. Далі рукояткою переміщують бабку 6 із поршнем 5 ліворуч доти, доки скалка 14 не дійде до упору 13. При цьому кільцеві канавки поршня розміщуються навпроти відповідних кілець. Потім рукоятку крана 12 повертають і стиснене повітря потрапляє в нижню частину пневмоциліндра 10; його поршень піднімається вгору, розводячи своїм штоком важелі 8 затискного механізму, і поршневі кільця стають на свої місця в канавках, з'єднуючись у замок. Водночас із рукояткою розподільного крана 12 маніпулюють рукояткою запірного крана 11, випускаючи повітря з порожнин для чергового ходу поршня. Відвівши бабку 6 праворуч, знімають поршень із установленими на ньому кільцями.

Якщо виконувати таку операцію вручну без робочого пристрою, необхідно робити велике зусилля для розтискання і протягування кілець по поршню з особливою обережністю, щоб уникнути їхнього руйнування.

## 4.5. Контрольні пристрої

Контрольні пристрої призначені для перевірки відстані між деталями складальної одиниці або виробу, для перевірки конфігурації, правильності розташування деталей та вузлів, а також для контролю параметрів складання. Неточність з'єднань деталей призводить до спрацювання підшипників, вібрації, нагрівання та інших пошкоджень, які спричиняють передчасну поломку виробу або аварію. Щоб контролювати точність з'єднань, застосовують різноманітні контрольні пристрої та спеціальні пристосування.

**Пристрій для перевірки співвісності валів за способом двох скоб** (рис. 4.11, а) складається зі скоб 3 і 5, які перед центруванням прикріплюють болтами 2 і 7 до напівмуфт 1 і 8 валів. Радіальні зазори вимірюють між площиною скоби 3 і торцем контрольного болта 4, торцеві зазори — між торцем скоби 3 і торцем контрольного болта 6. Вимірювання виконують у чотирьох положеннях: 0, 90, 180 і 270°, одночасно повертаючи вали на ці кути.

**Центрувальний пристрій для перевірки співвісності валів за способом рамки та скоби** (рис. 4.11, б) складається з рамки 10, прикріпленої болтами до напівмуфти вала 9 і скоби 12 з контрольними болтами 11 і 13. Контроль радіальних зазорів проводять щупом між торцем контрольного болта 13 і зовнішньою поверхнею напівмуфти 14. Торцеві зазори перевіряють між торцевою поверхнею напівмуфти 14 і торцями контрольного болта 11, повертаючи два вали одночасно на однаковий кут. За значеннями радіального й торцевого зазорів, виміряними щупом, визначають якість центрування валів.

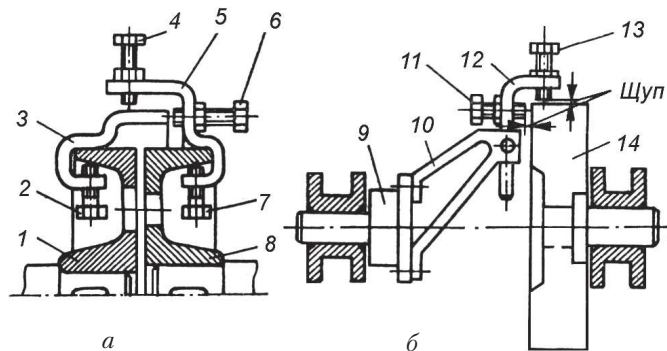


Рис. 4.11. Контрольні пристрої для перевірки співвісності валів:

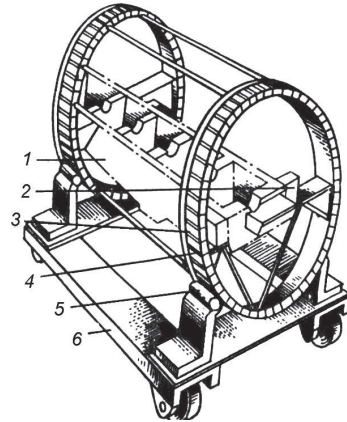
а — за способом двох скоб; б — за способом рамки та скоби; 1, 8, 14 — напівмуфти; 2, 7 — болти; 3, 5, 12 — скоби; 4, 6, 11, 13 — контрольні болти; 9 — вал; 10 — рамка

## 4.6. Пристрої для зміни розміщення складальних одиниць і виробів у процесі складання

Пристрої для зміни розміщення складальних одиниць і виробів призначені для забезпечення зручного підходу до потрібних місць (частин) складальної оди-



ниці або виробу в процесі складання. Під час складання двигунів використовують пристрій, зображений на *рис. 4.12*. Картер двигуна 1 установлюють і закріплюють на кронштейнах 2, приварених до ободів 3, які зв'язані тягами у формі барабана. Барабан можна повертати на будь-який кут. Упираючись на валики 5, він обертається на роликах 4. Для легкого переміщення пристрій розташовують на візку 6.



*Рис. 4.12.* Пристрій для встановлення виробу в зручне положення:

- 1 – картер двигуна;
- 2 – кронштейн; 3 – обід;
- 4 – ролик; 5 – валик;
- 6 – візок

#### 4.7. Універсально-складальні пристрої

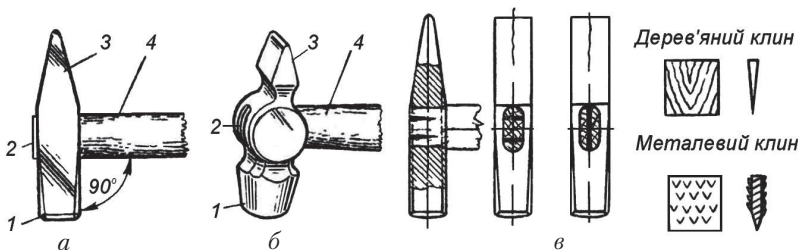
Універсально-складальні пристрої повністю складаються з нормалізованих за всіма параметрами деталей та складальних одиниць. До **нормалізованих деталей** належать універсальні деталі (кутники, таври, швелери, опори та ін.), які можна використовувати в умовах, коли кожний пристрій має малий термін використання. Після виконання необхідних складальних операцій пристрій розбирають на складові частини, які потім застосовують для виготовлення іншого пристрою. Так забезпечують високу оборотність універсальних деталей та скорочують кількість деталей, потрібних для виготовлення нового пристрою.

У процесі складання використовують **базові складальні одиниці** (лещата, поворотні столи, центрові бабки та ін.), на основі яких виготовляють універсально-складальні пристрої з нормалізованих деталей. Таке застосування універсальних пристроїв покращує оснащення технологічного процесу складання.

#### 4.8. Ударні інструменти

Найпоширенішими ударними інструментами є молотки й кувалди. Молотки використовують під час запресовування, kleпання, розпресовування з'єднань тощо. Молоток має ударник і рукоятку. Їх виготовляють двох типів: із квадратним і круглим бойками (*рис. 4.13, а, б*).

**Молотки з круглим бойком** виготовляють шести номерів: № 1 (масою 200 г), № 2 (400 г), № 3 (500 г), № 4 (600 г), № 5 (800 г) і № 6 (1000 г).



*Рис. 4.13.* Молотки:

- а* – із квадратним бойком; *б* – із круглим бойком; *в* – схеми розклинювання рукоятки; 1 – бойок; 2 – кінець рукоятки; 3 – носок; 4 – рукоятка

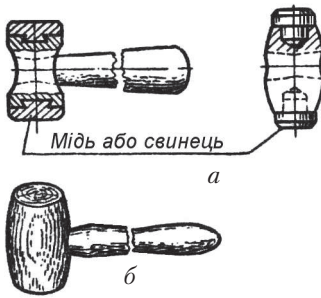


Рис. 4.14. Спеціальні молотки:

*a* — зі вставками з м'якого металу; *б* — киянка

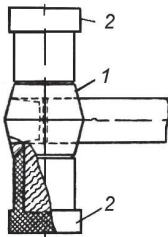


Рис. 4.15. Молоток із гумовим накістильником:

1 — сталевий корпус;  
2 — накістильники з твердої гуми

**Молотки з квадратним бойком** виготовляють восьми номерів: № 1 (масою 50 г), № 2 (100 г), № 3 (200 г), № 4 (400 г), № 5 (500 г), № 6 (600 г), № 7 (800 г) і № 8 (1000 г). Для важких робіт застосовують молотки масою 1–16 кг, які називають **кувалдами**.

Молотки виготовляють із сталей марок У7, У8, 50, 40Х; робочі частини термічно обробляють до твердості HRC 49–56.

Протилежний бойку 1 (рис. 4.13, а, б) кінець ударника називають *носком* 3. Він має заокруглену або клиноподібну форму. Рукоятку 4 виготовляють із твердої деревини (дуб, клен, граб, ясен, береза) або із синтетичних матеріалів. Рукоятка має овальний переїз, а її вільний кінець у 1,5 раза товстіший за кінець, на якому насаджено ударник. Кінець рукоятки 2 розклинюють дерев'яним клином, змащеним столярним клеєм, або металевим клином, на якому роблять насічки — йоржі (рис. 4.13, в). Товщина клинів у вузькій частині становить 0,8–1,5 мм, а в широкій — 2,5–6 мм. Якщо необхідне бокове розширення, то встановлюють один поздовжній клин, коли ж розширення передбачене вздовж отвору, то забивають два клини. Рукоятку насаджують так, щоб її вісь утворювала прямий кут із віссю ударника.

Для виконання складальних операцій використовують **спеціальні молотки із вставками з м'якого металу** (рис. 4.14, а) — міді, свинцю, алюмінію, фіб-

ри, які майже не пошкоджують поверхні деталей при ударах.

Під час виготовлення виробів з тонколистового матеріалу застосовують дерев'яні молотки — **киянки** (рис. 4.14, б), які бувають із круглим або прямокутним ударником.

Для економії або за відсутності матеріалів м'які металеві вставки замінюють на гумові: на сталевий корпус 1 (рис. 4.15) надівають гумові накістильники 2, які в разі спрацювання чи пошкодження можна легко замінити на нові. Такі молотки використовують для точних складальних робіт і працюючи з м'якими металами.

Молоток тримають рукою на відстані 15–30 мм від вільного кінця, охоплюючи рукоятку чотирма пальцями та притискаючи до долоні, великий палець накладають на вказівний. Удар молотком може бути кистьовим, ліктьовим або плечовим (рис. 4.16). Кистьовий удар виконують лише згинанням кисті й застосовують під час виконання точних робіт, легкого рубання, зрубання тонких шарів тощо. Ліктьовий удар виконують згинанням руки в лікті. Такий удар застосовують під час звичайного рубання, прорубування пазів, канавок тощо. Плечовий удар виконують рухом руки в плечі й використовують за потреби зняти товстий шар металу або обробити велику поверхню.

Для підсилення удару при роботі двома руками використовують кувалди двох видів: гостро- й тупоносі. Рекомендована довжина рукояток кувалд становить 750–900 мм. Під час монтажних робіт використовують кувалди масою 2–8 кг.

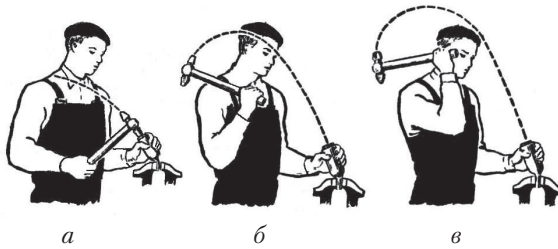


Рис. 4.16. Удари молотком: а — кистьовий; б — ліктьовий; в — плечовий

#### 4.9. Інструменти для пробивання отворів, розбирання пресових з'єднань і клеймування

До інструментів цієї групи належать бородки, пробивачі, просічки, вибивачі та клейма.

**Бородок** (рис. 4.17, а) — ручний слюсарний інструмент, призначений для пробивання отворів у листовому матеріалі. Це стрижень, один кінець якого (*робоча частина*) має форму усіченого конуса. У поперечному перерізі бородки можуть відрізнятися залежно від форми вирубуваних отворів: круглі, квадратні, прямокутні, трикутні тощо. Пробивання отворів виконують ударами молотка по протилежному кінцю стрижня — *потиличнику*. Бородки виготовляють із твердих інструментальних сталей.

**Пробивач** (рис. 4.17, б) призначений для пробивання отворів у тонких листових матеріалах, натягування просвердлених отворів під заклепки, вибивання зламаних або бракованих штифтів, шплінтів, заклепок, гвинтів тощо. Робоча частина пробивача є тупою. Цей інструмент виготовляють з інструментальної сталі марок У7А і У8А. Робочу частину загартовують на всю довжину конуса до твердості  $HRC_e$  45–55, а ударну (15–20 мм) — до твердості  $HRC_e$  35–40.

**Просічка** (рис. 4.17, в) — інструмент, призначений для пробивання круглих отворів у тканинах різної щільності: бавовні, брезенті тощо. Пробивання отворів виконують ударами молотка по протилежній частині просічки — *потиличнику*. Просічка має відсікач використаного матеріалу та рифлену поверхню з глибокою насічкою, що гарантує його захоплення під час роботи. Виготовляють просічки з інструментальної сталі.

**Ручний просікач** (рис. 4.17, г) призначений для пробивання отворів у листовому металі (алюміній, оцинкована й нержавіюча сталь) під заклепки, різьбові та штифтові з'єднання або шпильки. Завдяки змінним насадкам його застосовують для рубання профілів, висікання, просадки, осадки тощо. Ручним просікачем можна пробивати круглі отвори діаметром 2,0–8,0 мм за товщини листа до 1,5 мм. Інструмент не залишає задирок на матеріалі. У комплекті є змінні насадки (матриця + пуансон) на вибір від 2,0 до 8,0 мм (інтервал 0,1 мм), розраховані на тривалий термін служби (45–50 тис. ударів). Ручки інструмента виконані із спеціальної міцної сталі та доповнені гумовими вставками.

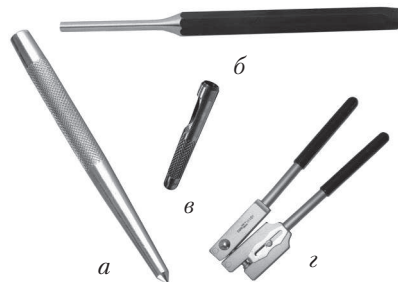


Рис. 4.17. Інструменти для пробивання отворів:

а — бородок; б — пробивач;  
в — просічка; г — ручний просікач

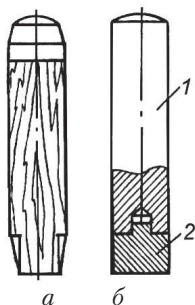


Рис. 4.18. Вибивачі:

- a* – циліндричний;
- б* – зі вставкою
- із м'якого металу;
- 1 – стрижень;
- 2 – вставка

**Вибивачі** (рис. 4.18) призначені для розбирання пресових з'єднань. Вони мають циліндричну форму, із фасками на кінці під кутом  $45^\circ$  для запобігання розбиванню вибивача. Їх виготовляють із м'якого металу (міді, латуні, алюмінію), пластмаси, деревини. Твердість вибивача має бути меншою за твердість деталі, яку вибивають. Щоб уникнути руйнування дерев'яних вибивачів, на їхні кінці встановлюють кільця з м'якого металу. Виготовляють також складені вибивачі: стрижень 1 роблять із сталі, а робочу частину у формі вставки 2 – із м'якого металу. Після спрацювання таку вставку легко замінити новою.

**Клеймо** – ручний слюсарний інструмент, призначений для нанесення літер, цифр і знаків на поверхню матеріалу. Це стрижень, на плоскій торцевій частині якого нанесено опукле зображення символу – літери, цифри або знаки. Торцева частина може виконуватися змінною. Робочий елемент клейма виготовляють із більш твердих щодо клеймованого виробу матеріалів.

Набір алфавітно-цифрових (або цифрових) клейм, що містять знаки однієї висоти, називають *слюсарним шрифтом*. Робочі частини клейм виконують шляхом штампування або гравірування зображення з наступним загартуванням. Застосування клейм спричиняє появу характерних спотворень у структурі клеймованого матеріалу, що зумовлює застосування клейм для клеймування відповідальних деталей та вузлів, а також предметів, що підлягають спеціальному обліку, наприклад зброї або виробів із благородних металів.

#### 4.10. Гайкові ключі

Для складання та розбирання різьбових з'єднань використовують **гайкові ключі** – інструменти, якими закручують і відкручують гайки, болти й гвинти з шестигранними та квадратними головками. Гайкові ключі складаються з рукоятки й головки. У головці є захоплювач під гайку, який називають *зівом*.

Головки ключів стандартизовані й мають строго визначені розміри, їх вказують на рукоятці. Зазори між гранями зіва та гайкою мають бути в межах 0,1–0,3 мм. Основна вимога до виготовлення ключів – це точність виготовлення і правильний вибір матеріалу для них, який має бути стійким проти спрацювання і водночас некрихким. Таким вимогам відповідають сталі марок У7, У8, 40Х, 40ХФА, 40, 45 і ковкий чавун. Інколи головку ключа виготовляють з інструментальної сталі, а рукоятку – із звичайної конструкційної сталі. Гайкові ключі мають бути відповідної твердості (табл. 4.1). Використовують й інші сталі з твердістю після термічної обробки не нижче від установленної.

Таблиця 4.1

Твердість гайкових ключів

Розмір зіва ключа, мм	Твердість, HRC <sub>e</sub>	
	ряд 1	ряд 2
3,2–36,0	44–50	40–45
41,0–85,0	39–45	35–40

Залежно від крутного моменту за міцністю гайкові ключі поділяють на чотири групи: А, В, С і D.

Під час складальних і ремонтних робіт використовують гайкові ключі різноманітних типів із різними розмірами зіву. Їх поділяють на універсальні та спеціальні. **Універсальними** називають розвідні ключі (рис. 4.19, а), які складаються з корпусу з рукояткою 1, нерухомої губки 2, у вирізах якої розміщується рухома губка 3 з регулювальним (черв'ячним) гвинтом 4. Рухома губка має рейку. Під час обертання черв'ячного гвинта рухома губка переміщується й розмір зіву змінюється в певних межах. Універсальні розвідні ключі мають максимальні розміри зіву 12, 19, 30 і 46 мм, а довжина ключів становить 110, 160, 250 і 400 мм.

**Спеціальні ключі** призначені для певних форм і розмірів гайок або головок болтів.

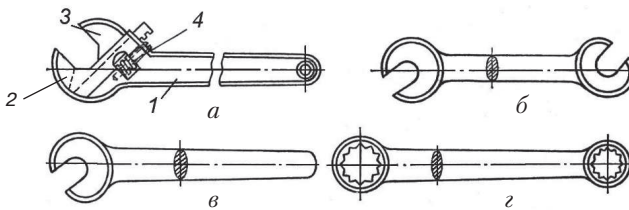


Рис. 4.19. Гайкові ключі:

- а – розвідний; б – двобічний відкритий; в – однобічний відкритий;  
 з – двобічний накидний; 1 – рукоятка; 2 – нерухома губка;  
 3 – рухома губка; 4 – регулювальний гвинт

**Гайкові ключі з відкритим зівом двобічні й однобічні** (рис. 4.19, б, в) призначені для закручування і відкручування гайок, болтів і гвинтів із квадратними й шестигранними головками. Розміри зіву ключа підбирають відповідно до розміру головки болта, гвинта або гайки. Розміри зівів ключів позначають на рукоятці. Недоліком відкритих ключів є прокручування через спрацювання граней головок болтів або гайок. Двобічні ключі з відкритим зівом виготовляють із розмірами зіву від 2,5×3,2 до 75×80 мм, а однобічні – від 3,2 до 85 мм.

Під час складальних і ремонтних робіт використовують гайкові ключі з відкритим зівом однобічні та з укороченою рукояткою. Для збільшення крутного зусилля на рукоятку встановлюють спеціальні надставки, виготовлені із сталевих труб або із листової сталі марки 35. Укорочені ключі мають розміри зіву від 85 до 225 мм і довжину рукоятки від 330 до 875 мм. Їх застосовують для закручування та відкручування гайок і болтів великих розмірів. Довгі й короткі, прямі та зігнуті складальні ключі з великим зівом виготовляють для болтів з діаметром різьби 12, 16, 18, 20, 22, 24, 27 і 30 мм із сталі марки Ст5. Робочі поверхні губок і кінці рукояток на довжині 50 мм загартовують і відпускають до твердості HRC<sub>e</sub> 40–50.

**Кільцеві двобічні колінчасті ключі** називають *накидними* (рис. 4.19, з). На відміну від відкритих ключів, вони мають замкнений контур та охоплюють усі грані головки болта або гайки. Це забезпечує їм більшу жорсткість і довговічність. Отвори таких ключів мають форму квадрата, шестигранника, дванадцятигранника. У головках ключів із дванадцятигранними отворами є отвори у формі шестикутни-



ків, зміщених на  $30^\circ$  один щодо іншого. Це дає змогу здійснювати поворот гайки не тільки на  $30$  і  $60^\circ$ , але й на всі кути, кратні  $30^\circ$ , що значно полегшує закручування гайок у малодоступних місцях. Накидні ключі виготовляють з розмірами отворів від  $5,5 \times 7$  до  $50 \times 55$  мм і довжиною рукоятки від  $155$  до  $530$  мм.

**Комбіновані гайкові ключі** складаються з двох різних головок: одна з відкритим зівом, а інша — накидна. Їх виготовляють у двох виконаннях — з прямою та з відігнутою кільцевою головкою. Розміри зіва бувають від  $5,5$  до  $55$  мм, а довжина ключів — від  $100$  до  $480$  мм.

**Ключі для круглих гайок** призначені для закручування і відкручування круглих гайок, які мають прорізи на боковій або отвори на торцевій поверхнях. Їх поділяють на вкорочені, з подовженою рукояткою, шарнірні та ріжкові (рис. 4.20). Такі ключі можуть бути відкритими й накидними. Коли на торцевій поверхні круглих гайок є отвори, використовують ріжкові ключі з двома шипами (рис. 4.20, з). Ключі для круглих гайок виготовляють діаметром від  $12$  до  $250$  мм і завдовжки від  $105$  до  $580$  мм. Ріжкові ключі виготовляють із відстанню між ріжками від  $22$  до  $120$  мм і завдовжки від  $125$  до  $360$  мм.

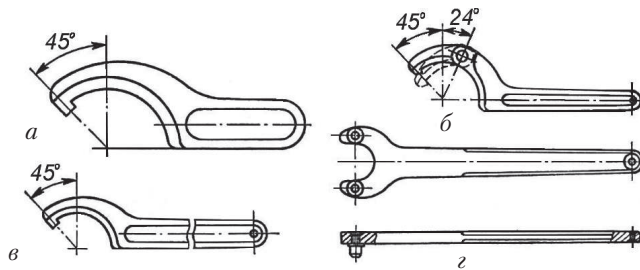


Рис. 4.20. Гайкові ключі для круглих гайок:

а — вкорочені; б — шарнірні; в — з подовженою рукояткою; г — ріжкові

**Гайкові торцеві ключі** використовують для закручування або відкручування гайок і болтів у тисних місцях і заглибленнях, коли доступ звичайним ключем утруднений. Такі ключі бувають із зовнішнім чи внутрішнім квадратом або шестигранником, прямі й зігнуті (рис. 4.21, а–г). У деяких конструкціях торцевих ключів використовують змінні головки (рис. 4.21, г), які закріплюють на стрижні за допомогою квадрата з тугою насадкою. Обертаючи гайку з торцевим ключем, немає потреби переставляти його по гранях гайки. Це значно економить час, і тому такі ключі використовують навіть тоді, коли є вільний доступ до гайки.

**Торцевий фрикційний ключ для змінних головок** (рис. 4.21, д) складається з рукоятки 1, у яку запресоване сталеве загартоване кільце 2. Усередині кільця є сталеві загартована вкладка 4 із квадратним виступом і трьома скошеними пазами. У пазах вкладки розміщені сталеві ролики 3, які відтискаються пружинами, що містяться в гніздах 5. Усі деталі закриті кришкою 6. На квадратний виступ вкладки встановлюють змінні головки, їх від випадання утримує занурювальний штифт. Під час закручування ролики 3 заклинюються між кільцем і вкладкою, а змінна головка починає повертатися, закручуючи гайку або болт. Під час зворотного обертання рукоятки ролики заковчуються вглиб і звільняють вкладку, а змінна головка міцно утримується від прокручування. Фрикційні ключі дають змогу закручувати й відкручувати різьбові з'єднання, не переставляючи ключ за кожного повороту гайки або болта.

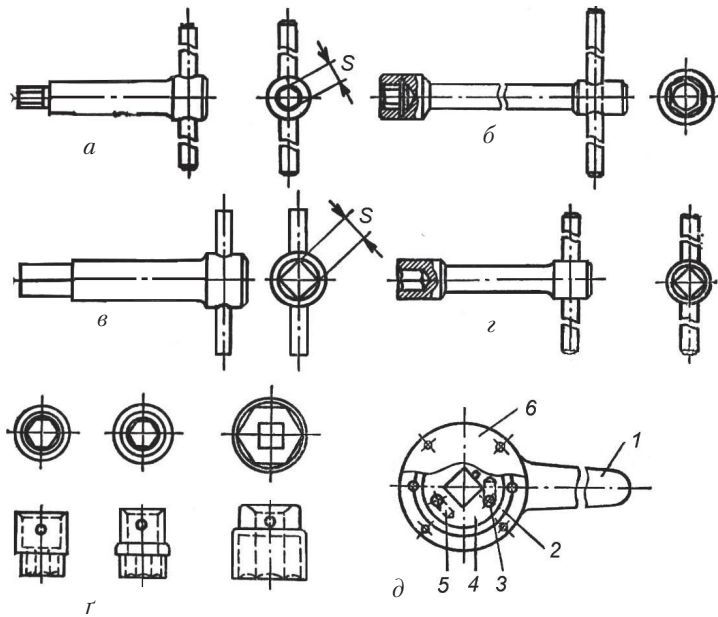


Рис. 4.21. Гайкові торцеві ключі:

*a* – із зовнішнім шестигранником; *б* – із внутрішнім шестигранником; *в* – із зовнішнім квадратом; *г* – із внутрішнім квадратом; *д* – змінні головки; *е* – фрикційний ключ;

*S* – відстань між протилежними гранями шестигранника і квадрата;

*1* – рукоятка; *2* – кільце; *3* – ролик; *4* – вкладка; *5* – гніздо; *6* – кришка

**Ключі з регульованим крутним моментом** (рис. 4.22) передають гайці навантаження, яке не перевищує задане, а в разі перевищення навантаження – автоматично вимикаються. Такі ключі виготовляють трьох типів: тип *A* – бокові; тип *B* – торцеві, що регулюються однією пружиною; тип *B* – торцеві, що регулюються однією або двома пружинами (із двома рукоятками).

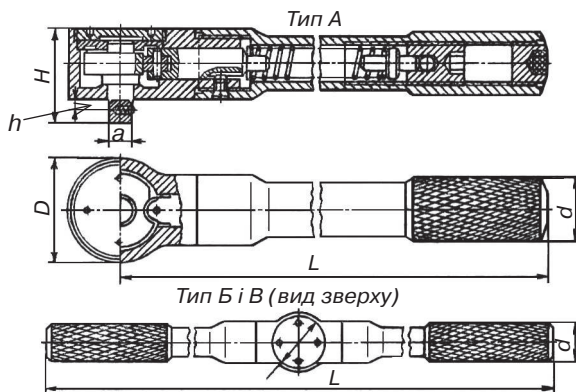


Рис. 4.22. Ключі з регульованим крутним моментом:

тип *A* – боковий; типи *B* і *B* – торцеві з регульовальними пружинами;

*D* – розмір головки; *L* – довжина ключа; *H* – товщина ключа; *a* – розмір квадрата;

*d* – діаметр рукоятки; *h* – відстань між корпусом і пружинним роликом



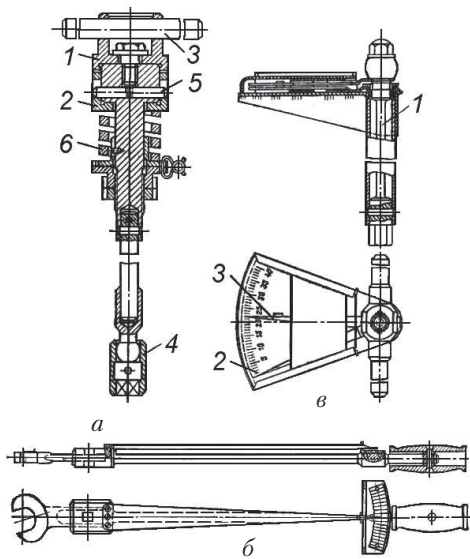


Рис. 4.23. Граничні та динамометричні ключі:

- a* – граничний торцевий ключ:  
 1 – стакан; 2 – гільза; 3 – рукоятка;  
 4 – головка; 5 – палець; 6 – пружина;  
*б* – динамометричний ключ із визначенням моменту затягування за деформацією згину; *в* – динамометричний ключ із визначенням моменту затягування за деформацією кручення:  
 1 – пружний стрижень; 2 – шкала;  
 3 – стрілка

моменту. Пружний стрижень закінчується головкою, у яку вставляють різні за розмірами й видом ключі-головки.

Шкала, що закріплена на стрижні, і стрілка дають змогу контролювати момент у процесі затягування. У динамометричному торцевому торсійному ключі (рис. 4.23, в) момент затягування визначають за кутом закручування пружного стрижня 1. Кут закручування вираховують за шкалою 2 за допомогою стрілки 3. Використовуючи динамометричні ключі, необхідно стежити за переміщенням стрілки й припиняти затягування, коли вона дійде до потрібної поділки шкали.

**Ключі-мультиплікатори** із змінними головками здатні створювати значні крутні моменти при одночасному зменшенні зусиль робітника (5–15 кг). Виготовляють ключі типів КМ і УКМ. Ключі-мультиплікатори типу УКМ, на відміну від ключів КМ, мають у корпусі наскрізний отвір для виходу в процесі затягування подовженої різьбової частини. Такі ключі використовують для затягування фундаментних та анкерних болтів і шпильок.

**Граничні та динамометричні ключі** (рис. 4.23) використовують для контрольованого складання відповідальних різьбових з'єднань малих і середніх розмірів. Такі ключі дають змогу контролювати крутний момент у разі ручного затягування з'єднань.

Під час використання *граничного торцевого ключа* (рис. 4.23, а) крутний момент, прикладений до рукоятки 3, передається на стакан 1, який з'єднується з гільзою 2 за допомогою кулачків. Якщо момент затягування перевищує заданий, то палець 5, зміщуючись по похилому прорізу гільзи 2, відтискає її вниз, долаючи опір пружини 6. Кулачки гільзи виходять із зачеплення зі стаканом 1 і той прокручується разом з рукояткою 3 вхолосту, не передаючи крутний момент на головку ключа 4. Граничні ключі не забезпечують точного затягування. Вони прості за конструкцією та зручні в експлуатації і тому набули широкого застосування.

У *динамометричних ключах* момент затягування вимірюють, визначаючи деформацію згину (рис. 4.23, б) або деформацію кручення пружного елемента ключа (рис. 4.23, в). Динамометричний ключ має пружний елемент (сталевий стрижень) і покажчик прикладеного

## 4.11. Ключі для шпильок

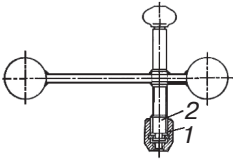


Рис. 4.24.

Стопорний ключ:

- 1 – головка;
- 2 – стопор

У конструкції **стопорного ключа** (рис. 4.24) шпилька утримується в головці 1 стопором 2. **Ключ із контргвинтом** (рис. 4.25) має гільзу 1, контргвинт 2 і штифт 3, який переміщується в прорізі під час накручування гільзи на шпильку й зняття ключа зі шпильки. **Ключ із різьбовим сухарем** (рис. 4.26) має сухар 2, який підпружинюється пружиною 4 і встановлений у головці 1 на осі 3. В **ексцентриковому ключі** (рис. 4.27) для захоплення шпильок за гладку частину в головці 1 є ролик 3, закріплений на осі 2 з ексцентриком. Для захоплення шпильки за гладку частину використовують **ключ із роликами** (рис. 4.28). У головці ключа є спіральні канавки, у яких розміщені три ролики 1, утримувані обоймою 2.

Крім цих ключів, використовують простий **ключ-гайку**. Це довга шестигранна гільза, у яку закручують контргвинт трохи меншого діаметра, ніж шпилька. Гільза накручується на шпильку доти, поки торець шпильки не буде впирається у торець контргвинта. Потім, обертаючи контргвинт, ключ-гайка повністю затягує шпильку (рис. 4.29).

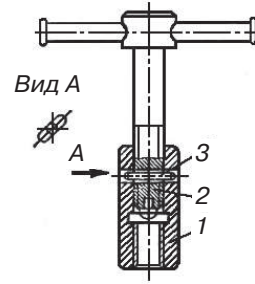


Рис. 4.25. Ключ із контргвинтом:

- 1 – гільза; 2 – контргвинт;
- 3 – штифт

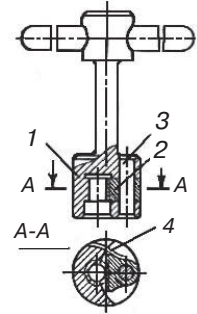


Рис. 4.26. Ключ із різьбовим сухарем:

- 1 – головка;
- 2 – сухар; 3 – вісь;
- 4 – пружина

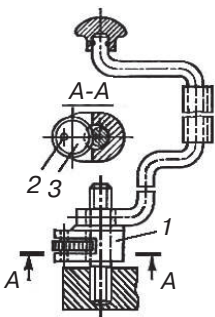


Рис. 4.27. Ексцентрик-овий ключ:

- 1 – головка; 2 – вісь;
- 3 – ролик

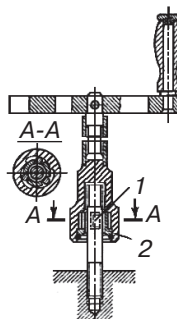


Рис. 4.28. Ключ із роликами:

- 1 – ролики;
- 2 – обойма

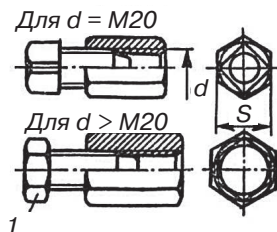


Рис. 4.29. Ключ-гайка:

- 1 – контргвинт;
- d – діаметр різьби;
- S – відстань між гранями

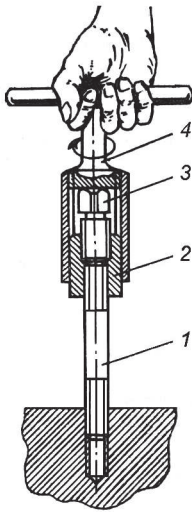


Рис. 4.30.

Закручування шпильки за допомогою «солдатика»:

- 1 — шпилька; 2 — гайка;  
3 — гвинт; 4 — ключ

Для закручування шпильок використовують досить простий інструмент, який має назву «солдатик» (рис. 4.30). Він складається з високої гайки 2, яку накручують на вільний кінець шпильки 1 і застопорюють на ній гвинтом 3. Цей гвинт упирається в торець шпильки й створює потрібний натяг у різьбі. Захопивши ключем 4 зовнішні грані гайки 2, закручують шпильку. Після цього викручують із шпильки «солдатик», попередньо відкрутивши на півоберта гвинт 3. Довгі шпильки закручувати таким способом незручно, тому що велика відстань між інструментом і деталлю призводить до скручування шпильки.

При відсутності ручних або механізованих інструментів для закручування шпильок застосовують простий спосіб з використанням двох гайок, одна з яких є контргайкою. Затягнувши контргайку, звичайним гайковим ключем закручують або викручують шпильку.

## 4.12. Трубні ключі

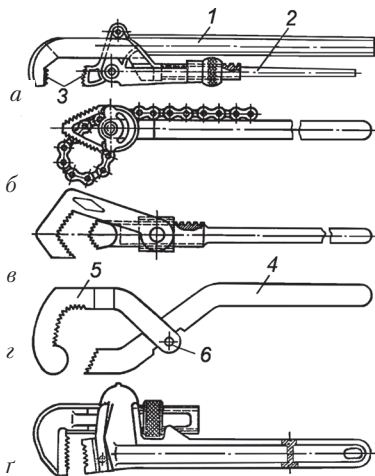


Рис. 4.31. Трубні ключі:

- а — важільний; б — ланцюговий;  
в — накидний; г — з регулюванням на різні діаметри труб;  
р — розвідний;  
1, 4 — рухомі важелі;  
2, 5 — нерухомі важелі; 3 — захоплювальні губки; 6 — штифт

Для виконання трубних різьбових з'єднань використовують спеціальні трубні ключі. Їх поділяють на важільні, ланцюгові й накидні (рис. 4.31). Робочі поверхні губок і щік ключів загартовують із відпуском до твердості HRC<sub>e</sub> 40–50.

**Трубні важільні ключі** (рис. 4.31, а) складаються з рухомого 1 і нерухомого 2 важелів. Захоплювальні губки 3 рухомого важеля можуть вільно змінювати в певних межах розмір зіву для захоплення труби. Захоплювальні губки мають насічки й незначний згин, який дає змогу затискати трубу одночасно в багатьох точках. Важелі виготовляють із сталі марок 45 і 50. Трубні важільні ключі поділяють за номерами від № 1 до № 5 залежно від діаметра труб, для яких вони використовуються (від 1/4 до 4").

**Трубні ланцюгові ключі** (рис. 4.31, б) мають ланцюг, який притискає трубу до зубів щік, забезпечуючи складання або розбирання трубного різьбового з'єднання.

**Трубні накидні ключі** з різьбовим регулюванням (рис. 4.31, в) складаються з рухомого важеля, який дає змогу змінювати в певних межах розмір зіва для захоплення труби.

**Трубні ключі з регулюванням** на різні діаметри труб (рис. 4.31, г) є зручними, легкими, простими у виготовленні та відрізняються тим, що не мають різьби на важелі й гайці. Такі ключі складаються з рухомого 4 і нерухомого 5 важелів. На нерухомому важелі є три вирізи, у які закладають штифт 6 рухомого важеля. Таким ключем однією рукою встановлюють штифт 6 рухомого важеля 4 на потрібний розмір, а другою — натискають на нерухомий важіль 5 і міцно затискають трубу. Розмір ключа змінюють пересуванням рухомого важеля. Такими ключами складають труби діаметром  $1/2-1''$ .

**Трубні розвідні ключі** (рис. 4.31, г) мають рухому губку, що з'єднана з важелем за допомогою обойми. Вона забезпечує надійне зчеплення ключа з поверхнею труби. Регулювання ключа виконують гайкою. Для відтискання вверх рухомої губки слугує пружина. Розвідні ключі зручні та надійні в роботі.

Недоліком трубних ключів є те, що вони залишають на поверхні труб подряпини насічок від захоплювальних губок, що потребує додаткового зачищення.

Для складання трубних з'єднань на фланцях використовують звичайні гайкові ключі.

### 4.13. Викрутки

Під час виконання складальних і розбиральних робіт для закручування та викручування гвинтів і шурупів, які мають головку з прорізами (шліцами), використовують **викрутки**. Їх поділяють на дротяні, суцільнометалеві з дерев'яними накладними щокми, з металевою п'ятою, з діелектричною ручкою, коловоротні, спеціальні та високопродуктивні (рис. 4.32).

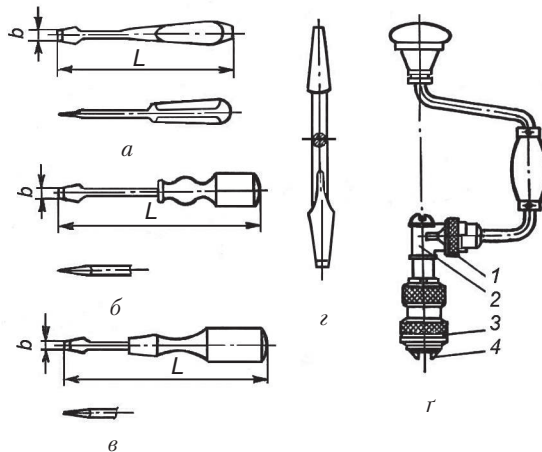


Рис. 4.32. Викрутки:

- а — суцільнометалеві з дерев'яними накладними щокми; б — з металевою п'ятою;
- в — з діелектричною ручкою; г — змінний наконечник-викрутка; р — тріскачковий коловорот;
- 1 — кільце-перемикач; 2 — механізм зчеплення; 3 — патрон; 4 — кулачки патрона;
- L — довжина викрутки; b — ширина робочої частини

Викрутка складається з робочої частини (лопатки), стрижня й ручки. Її вибирають за шириною та формою робочої частини, яка залежить від розміру шліца в головці гвинта або шурупа.

**Дротяні викрутки** виготовляють завдовжки від 7 до 125 мм із шириною леза 2, 3, 4 і 5 мм з інструментальної вуглецевої сталі марки У7. Робочу частину викрутки загартовують і відпускають на довжину 10–15 мм.

**Суцільнометалеві викрутки з дерев'яними накладними щоками** (рис. 4.32, а) виготовляють із сталі марки У7, а щоки — з дуба або бука. Викрутки бувають шести розмірів завдовжки 125, 150, 175, 200, 250 і 300 мм і з шириною робочої частини відповідно 4, 5, 7, 9, 11 і 15 мм.

**Викрутки з металевою п'ятою** (рис. 4.32, б) виготовляють восьми розмірів завдовжки  $L = 150\text{--}400$  мм і з шириною робочої частини  $b = 7\text{--}25$  мм.

**Викрутки з діелектричною рукою** (рис. 4.32, в) виготовляють завдовжки від 100 до 400 мм і з шириною робочої частини 3, 9, 11, 18 і 25 мм.

**Коловоротні тріскачкові викрутки** складаються з коловороту (рис. 4.32, г) і змінного наконечника-викрутки (рис. 4.32, з). Вони зручні, створюють значно більший крутний момент, прискорюють закручування довгих гвинтів або шурупів, підвищують продуктивність процесу складання.

**Спеціальні викрутки** бувають із центруючою муфтою, фігурні або з виточкою (виямкою) у головці. Їх використовують для закручування гвинтів і шурупів, коли необхідно запобігти проковзуванню леза викрутки.

**Високопродуктивні викрутки** поділяють на тріскачкові, таровані й механізовані.

**Тріскачкова викрутка** (рис. 4.33, а) складається з шестигранної пластмасової рукоятки 8, сталеві гільзи 7 і втулки 10, установлені в рукоятку. Усередині гільзи та втулки розміщений рухомий штифт із пружиною 1. На кінець штифта насаджена головка-тріскачка 5, закріплена штифтом 6. Торць головки має зубці, які перебувають у зачепленні із зубцями гільзи. У головку вставляється змінна викрутка 2, з'єднана своїм зрізаним кінцем із зрізом штифта 9. Кріплення викрутки виконують заціпкою 3 і пружинним кільцем 4. Під час закручування зубці головки зачеплені із зубцями гільзи, а в разі зворотного обертання рукоятки гільза ковзає по скосах зубців тріскачки. Рукоятка при цьому піднімається вгору, а викрутка залишається на місці. За натискання на рукоятку проходить зчеплення зубців гільзи й головки, після чого можливе продовження закручування.

**Таровані викрутки** (рис. 4.33, б) використовують для закручування гвинтів і шурупів (саморізів) із заданим зусиллям. Викрутка 11 кріпиться у втулці 12 за допомогою штифта й пружини (див. переріз Б–Б). Гвинт 17 з'єднує втулку 12, сухар 13 і рукоятку 15. Рукоятка закривається ковпаком 18. Зубці сухаря перебувають у зачепленні із зубцями втулки. Сухар з'єднаний із шпонковим пазом рукоятки. Стискаючи й послаблюючи пружину 14 гайкою 16, регулюють викрутку на заданий крутний момент. Коли досягається задане зусилля, сухар відтискається і виходить із зачеплення із зубцями втулки; викрутка 11 повертатися не буде.

**Механізовані викрутки** (рис. 4.33, в) працюють від гайкокрута, шпинделя свердлильного верстата, гнучкого валика або дрелі. Така викрутка складається з головки 20, яка має напрямну виточку для головки гвинта 19, викрутки 21, з'єднаної за допомогою заклепки 22 із хвостовиком 26, що з'єднується з приводом.



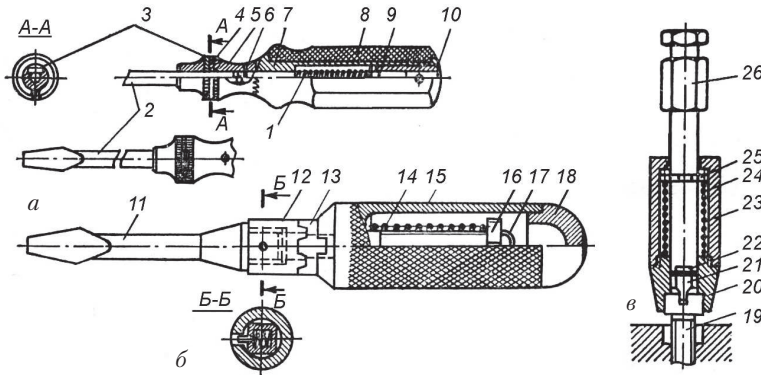


Рис. 4.33. Високопродуктивні викрутки:

- a* – тріскачкова; *б* – тарована; *в* – механізована; 1, 14, 24 – пружини; 2 – змінна викрутка;  
 3 – защіпка; 4 – пружинне кільце; 5 – головка-тріскачка; 6, 9 – штифти;  
 7 – гільза; 8, 15 – рукоятки; 10, 12 – втулки; 11 – викрутка; 13 – сухар; 16 – гайка;  
 17 – гвинт; 18 – ковпак; 19 – головка гвинта; 20 – головка; 21 – викрутка;  
 22 – закленка; 23 – корпус; 25 – упорні півкільця; 26 – хвостовик

За допомогою різьби головка з'єднана з корпусом 23, у якому розміщені пружина 24 та упорні півкільця 25.

Деякі механізовані викрутки підвішують на спеціальні стійки та приводять у рух електродвигуном. Обертання за допомогою гнучкого вала передається редуктору та шпинделю викрутки.

#### 4.14. Допоміжні інструменти

У процесі виконання складальних і ремонтних робіт слюсарю-механо-складальнику потрібно суміщати отвори, знімати задирки, зачищати поверхні, витягувати шпільти, знімати пружини тощо. Для цього використовують різноманітні інструменти: плоскогубці, круглогубці, кусачки, щипці для розведення і стискання пружинних кілець, натяжки, напилки, кернери, оправки, скребки та ін.

**Оправки** (рис. 4.34, *a*, *б*) використовують для наведення до правильного збігу отворів у з'єднаних деталях. Оправки бувають корпусні й прохідні. Їх виготовляють із сталі марки Ст5 розмірами  $D \times L$ , мм: 12×130, 14×140, 16×150, 19×160, 22×170, 25×185, 28×195, 31×205. Діаметр тіла оправки виконують таким, що дорівнює діаметру отворів деталей.

**Скребки** (рис. 4.34, *в*, *г*) бувають двох типів: для очищення стикових поверхонь деталей і для зняття задирок. Їх виготовляють із сталі марки Ст5 або Ст6. Робочу частину загартовують і відпускають до твердості HRC<sub>e</sub> 50–55.

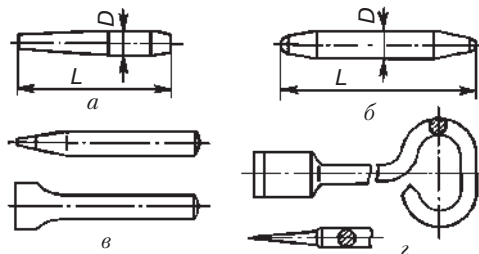


Рис. 4.34. Оправки та скребки:

- a* – конусні оправки; *б* – прохідні оправки;  
*в* – скребки для очищення поверхонь;  
*г* – скребки для зняття задирок;  
*D* – діаметр тіла оправки;  
*L* – довжина оправки



## 4.15. Механізовані інструменти

Механізація та автоматизація складальних і ремонтних робіт нерозривно пов'язані з використанням спеціальних механізованих інструментів, пристосувань і верстатів. Основним засобом механізації є **ручні машини**. Вони підвищують продуктивність праці в 3–10 разів порівняно з ручним інструментом.

Ручні машини обладнані двигунами. Для приведення в дію у ручних машинах використовують приводи: електричні (постійного струму, однофазні, трифазні), пневматичні (ротаційні лопатеві, турбінні, поршневі), рідко гідравлічні (гвинтові, поршневі, ротаційні лопатеві).

За призначенням розрізняють ручні машини загального призначення (свердлильні, шліфувальні, полірувальні, фрезерні), для слюсарно-довідних робіт (зенкувальні, зенкерувальні, розвертальні, обпилювальні, шабрувальні, зачищальні, рубильні), для механоскладальних робіт (різбозакручувальні, клепальні, скобозабивні та ін.).

**Електроінструменти** виготовляють із двигунами постійного струму з напругою 110 і 220 В і з двигунами змінного струму з напругою 127 і 220 В і частотою струму 50 Гц.

Широко використовують інструменти підвищеної частоти струму (180 Гц) із напругою 220 В, які здатні розвивати високу частоту обертання та значно легші. Застосовують також електроінструменти підвищеної частоти струму (200 Гц) із безпечною напругою 36 В, які не потребують заземлення.

*За принципом роботи електроінструменти поділяють на такі групи:*

- для складальних робіт (гайкокрути, шурупокрути, шпилькокрути та ін.);
- для обробки матеріалів (свердлильні, різьбонарізні, ножиці, шліфувальні, зачищувальні й обпилювальні машини та ін.);
- ударні електроінструменти (електромеханічні, електромагнітні й електропневматичні молотки);
- для обробки дерева (дискові й ланцюгові електропили, електродовбачі, електрорубанки, електрофрези та ін.);
- вібратори (поверхневі та внутрішні);
- інші електроінструменти (електросвердла для буріння, електрошліфувальні машини каміння та ін.).

Усі електроінструменти використовують з подвійною ізоляцією.

**Пневмоінструменти** приводять у дію стисненим повітрям, яке виробляють компресори. Двигуни, які використовують енергію стисненого повітря, можуть бути поршневими, ротаційними й турбінними.

Ротаційні двигуни не мають кривошипно-шатунного механізму, у них відсутній золотниковий пристрій і зворотно-поступальні рухи поршня. Вони мають просту конструкцію, легкі, але споживають велику кількість повітря на одиницю потужності.

*За принципом дії пневматичні інструменти поділяють на такі групи:*

- обертової дії (свердлильні дрелі, гайкокрути, викрутки, різьбонарізачі та ін.);
- ударної дії (клепальні, рубальні й карбувальні молотки, вібратори, шабери, кернери та ін.);
- натискної дії (преси, ножиці, пристрої для згинання профілів та ін.);

- інші пневмоінструменти (пістолети для фарбування, металізатори, піско-струминні машини, віброшліфувальні пристрої тощо).

Ручні пневмоінструменти призначені для роботи з тиском повітря 40–70 МПа. Від компресора до інструмента стиснене повітря надходить по гумових шлангах (рукавах), з'єднаних за допомогою спеціальної арматури (ніпелів, обхватів, хомутів та ін.).

Перш ніж приєднати пневматичну машину до шланга, треба переконатися в надійності з'єднання її деталей, продати шланг чистим і сухим стисненим повітрям для видалення з нього пилу та бруду.

Пневмоінструмент потрібно тримати в руках твердо й упевнено. Перед роботою його 2–3 рази вмикають і відразу ж вимикають подання повітря. Різкі перегиби шлангів, переїзди їх автомашинами або візками призводять до падіння тиску.

*Рукави кріплять хомутами, кільцями, але не дротом! У разі обриву шланга негайно перекривають вентиль подання повітря.*

**Заборонено** припиняти подання стисненого повітря шляхом перегинання шланга!

Під'єднувати шланги потрібно тільки за умови повного закриття вентиля на повітряній магістралі.

Для уникнення зломів рукавів поблизу наконечників використовують кутові з'єднання і перехідники. Довжина прямої ділянки рукава біля арматури має бути не меншою, ніж два зовнішні діаметри рукава.

Крім гумових шлангів, використовують хлорвінілові армовані шланги.

Рукави гумові високого тиску з металевою оболонкою (сплетінням) застосовують для подавання повітря за температури до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Промисловість випускає рукави високого тиску трьох груп: група А — дріт латунний із розривним зусиллям не менше 147 Н; група Б — не менше 175 Н; група В — не менше 200 Н. Такі рукави поділяють на три типи: I — з однією металевою оболонкою; II — із двома і III — із трьома металевими оболонками.

Довжина рукавів становить 2, 3, 4, 6, 9 і 10 м.

**Електричні свердлильні машини** використовують не тільки для свердління, але й для зачищення, шліфування та полірування, установлюючи у їхній шпиндель відповідні робочі інструменти. Розрізняють такі **ручні електричні свердлильні машини: легкого типу** (рис. 4.35, а) — для свердління отворів діаметром до 9 мм і які мають форму пістолета; **середнього типу** (рис. 4.35, б) — для свердління

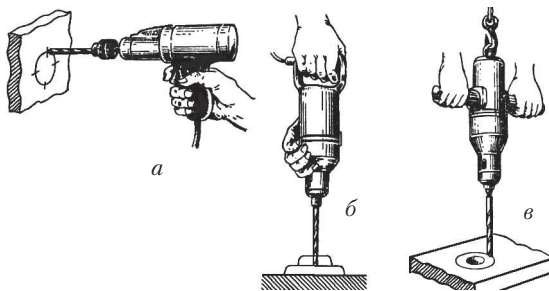


Рис.4.35. Ручні електричні свердлильні машини:  
а — легкого типу; б — середнього; в — важкого типу

отворів діаметром не більшим за 15 мм, які мають рукоятку на задній частині корпусу; **важкого типу** (рис. 4.35, в) із двома рукоятками на корпусі або двома рукоятками та грудним упором — для свердління отворів діаметром понад 15 мм.

За виконанням свердлильні машини поділяють на *прямі* й *кутові* (їх застосовують у важкодоступних місцях). Виготовляють також свердлильні машини з декількома швидкостями обертання шпинделя або з плавним регулюванням частоти його обертання.

Електросвердлильні машини, незалежно від їхньої потужності й конструкції, складаються з двигуна, зубчастої передачі, шпинделя та пускового пристрою.

**Пневматичні свердлильні машини** використовують для зенкерування, розвертання та зенкування отворів, нарізання різьби, розвальцювання труб, очищення поверхонь металевими щітками тощо.

*Пневматичні машини поділяють за такими ознаками:*

- за типом двигуна (поршневі, ротаційні, турбінні);
- за напрямком обертання ротора (реверсивні й неревверсивні);
- за типом механізму подачі (ручні, механічні, автоматичні);
- за розташуванням робочого інструмента (прямі, кутові);
- за формою, масою, потужністю та габаритами (легкого, середнього й важкого типів).

**Ротаційна пневматична свердлильна машина** (рис. 4.36) складається з відлитого з легкого сплаву циліндричного корпусу 4, у який запресований статор 5 двигуна. Ротор 6 обертається у двох кулькових підшипниках. У чотирьох пазах ротора розміщуються лопатки 3. Живлення повітрям проходить по гумовому шлангу до ніпеля 8. Подавання повітря здійснюється тільки тоді, коли кулька 9 відтиснута вниз штифтом 10. Через радіальні отвори повітря потрапляє в корпус і далі по каналу — у робочий простір двигуна. Частота обертання ротора становить 3000 об/хв. Шестерінчастий редуктор 2 знижує частоту обертання шпинделя 1 до 300 об/хв. Пневмоінструмент утримують за рукоятку 7 корпусу. Щоб

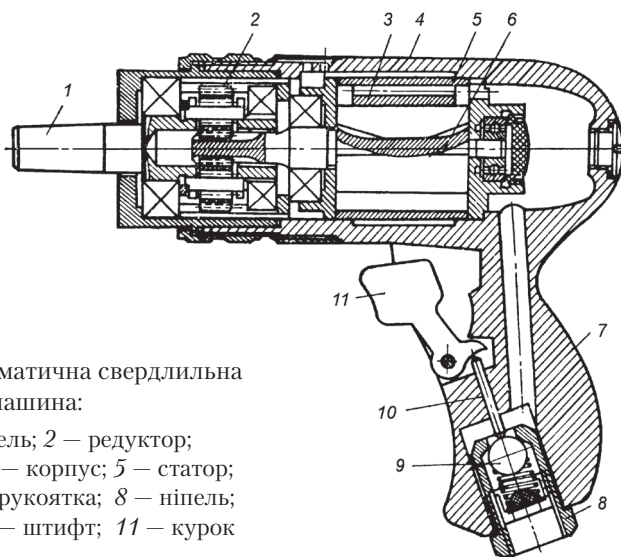


Рис. 4.36. Пневматична свердлильна машина:

- 1 — шпиндель; 2 — редуктор;  
 3 — лопатки; 4 — корпус; 5 — статор;  
 6 — ротор; 7 — рукоятка; 8 — ніпель;  
 9 — кулька; 10 — штифт; 11 — курок

запустити машину, пальцем натискають курок 11, який відтискає вниз штифт 10 і кульку 9, унаслідок чого повітря потрапляє в канали двигуна.

**Шліфувальні машини** електричної та пневматичної дії будь-якої конструкції використовують для зняття наплавів металу, видалення ливників, зачищення зварних швів і задирок, полірування. Шліфувальні машини бувають прямі, кутові й торцеві. Найпоширеніші — прямі шліфувальні машини, робочим інструментом яких є циліндричні абразивні круги. Для зачищення, відрізання та полірування використовують кутові шліфувальні машини з конічними абразивними кругами, металевими кругами та ін. Для оброблення великих поверхонь застосовують стрічкові шліфувальні машини з нескінченною абразивною стрічкою.

**Пряма шліфувальна машина пневматичної дії** (рис. 4.37) складається з корпусу, двигуна, вузла кріплення інструмента (шпинделя), пускового пристрою і систем мащення та зменшення шуму.

Пневматичний роторний двигун 5 розташований усередині корпусу машини, що сприяє зручному утримуванню за рукоятку 3. Стиснене повітря надходить із шланга 1 через штуцер 2. Вмикання двигуна здійснюють кнопкою 4. При цьому стиснене повітря надходить до двигуна. На зовнішньому кінці шпинделя кріпиться шліфувальний круг 6.

**Електричні й пневматичні машини** використовують для механізації процесу нарізання різьби. На них установлюють головки з реверсивним механізмом, який забезпечує прискорене викручування мітчика.

**Пневматичний різьбонарізувач** (рис.4.38) складається з ротаційного пневматичного двигуна 6, який через редуктор приводить в обертання зубчасті колеса 2 і 4. Шпиндель 1 за допомогою закріпленої на ньому муфти 3 може входити в зачеплення із зубчастим колесом 2 або 4. За натискання рукою на корпус справа наліво муфта 3 з'єднується із зубчастим колесом 4 і відбувається нарізання різьби. Коли

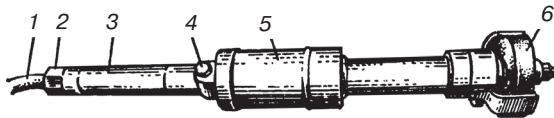


Рис. 4.37. Пневматична шліфувальна машина:

- 1 — шланг; 2 — штуцер; 3 — рукоятка; 4 — кнопка; 5 — двигун (роторний);  
6 — шліфувальний круг

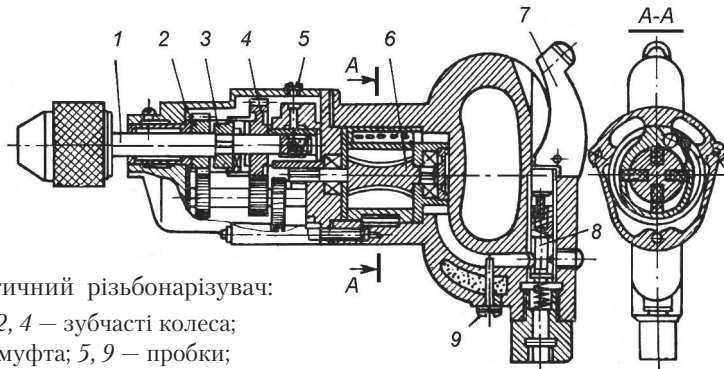


Рис. 4.38. Пневматичний різьбонарізувач:

- 1 — шпиндель; 2, 4 — зубчасті колеса;  
3 — кулачкова муфта; 5, 9 — пробки;  
6 — ротаційний двигун; 7 — курок; 8 — клапан

корпус відтягують за рукоятку на себе, шпindel змiщується пiд дiєю пружини лiворуч, муфта 3 з'єднується iз зубчастим колесом 2. Вiдбувається прискорене викручування мiтчика з отвору. Инструмент умикають курком 7. При цьому клапан 8 плавно вiдтискається вниз i, пропускаючи стиснене повітря, виходить iз двигуна через боковi отвори в корпусі. Пробка 9 призначена для заливання масла в порожнину, заповнену бавовняно-паперовою набивкою. Через отвір, який з'єднує порожнину з повітряним каналом, пари масла затиаються у двигун i змащують його деталі. Редуктор i реверсивний механiзм змащують густим мастилом через отвір, який закривається пробкою 5.

За подiбним принципом працюють й електричнi рiзбонарiзувачі.

**Електричний рiзбонарiзувач** (рис. 4.39) складається з електродвигуна, редуктора, реверсивного механiзму й нагрудника. На валу ротора 1 електродвигуна (рис. 4.39, а) закріплене зубчасте колесо 2, яке через зубчасті колеса 13, 12, 11, 10 i 9 передає обертання вiльно насадженим зубчастим колесам 6 i 3, що обертаються в рiзні боки. За натискання руками на корпус зверху вниз (рис. 4.39, б) шпindel 7 входить всередину, фланець 5 входить у зачеплення з виступом 4 зубчастого колеса 3 i мiтчик починає викручуватися в отвір.

Після нарізання рiзби й припинення натискання шпindel 7 висувається з корпусу i фланець 5 зачеплюється з виступом 8 зубчастого колеса 6, яке обертається у 2 рази швидше. Як наслідок, мiтчик почне з подвiйною швидкістю викручуватися з отвору.

Продуктивність нарізання рiзби рiзбонарiзувачем у 6–10 разiв вища за продуктивність нарізання рiзби ручним способом.

**Пневматичні клепальні молотки** використовують для клепання заклепок дiаметром вiд 3 до 32 мм. Застосовуючи рiзні робочі наконечники, клепальними молотками можна запресовувати деталі, зрубувати старі заклепки, виконувати зачищення та iн.

**Пневматичними й електричними рубальними молотками** можна рубати метал, чеканити, зачищати ливники, вирубувати пази, зачищати зварювальні шви тощо.

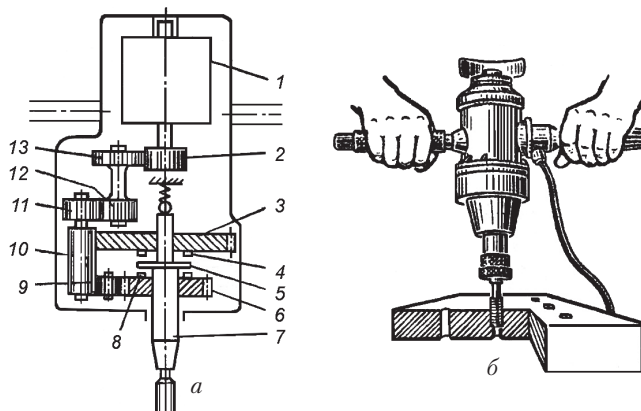


Рис. 4.39. Електричний рiзбонарiзувач:

а – кiнематична схема; б – прийом роботи; 1 – ротор;  
2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13 – зубчасті колеса; 4, 8 – виступи зубчастих колiс;  
5 – фланець; 7 – шпindel



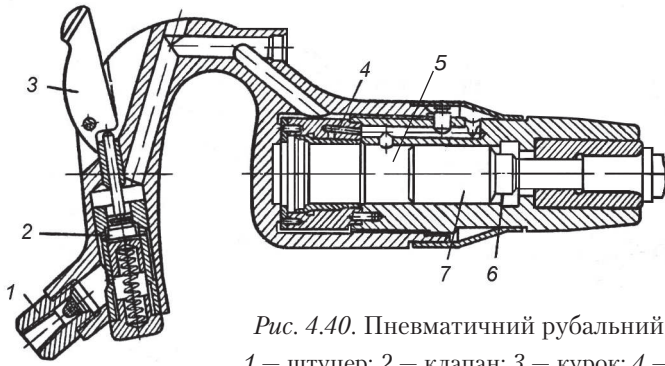


Рис. 4.40. Пневматичний рубальний молоток:  
1 — штуцер; 2 — клапан; 3 — курок; 4 — золотник;  
5 — камера робочого ходу; 6 — камера зворотного ходу; 7 — ударник

**Пневматичний рубальний молоток** (рис. 4.40) складається з корпусу, ударника, золотника та рукоятки. Стиснене повітря через гумовий шланг і штуцер 1 надходить до рукоятки молотка. Під час натискання на курок 3 відкривається клапан 2 і повітря під тиском 5–6 кПа з магістралі через штуцер 1 надходить у циліндр. Залежно від розміщення золотника 4 повітря потрапляє у камеру робочого ходу 5 або в камеру зворотного ходу 6. У першому випадку повітря штовхає ударник 7 праворуч, і він б'є по хвостовику робочого інструмента. Наприкінці робочого ходу золотник під тиском повітря зміщується, повітря потрапляє в камеру 6, і здійснюється зворотний хід. Як інструменти використовують спеціальні зубила або інші інструменти.

У разі механізованого рубання продуктивність праці підвищується в 4–5 разів. В електричних молотках обертання вала електродвигуна перетворюється на зворотно-поступальний рух ударника, на кінці якого закріплено зубило чи інший інструмент.

Механізоване різання виконують механічними, електричними та пневматичними ножівками, ножицями, дисковими пилами й іншим обладнанням.

**Механізовані ножиці** призначені для прямолінійного та фігурного різання листового матеріалу.

**Електричні ножиці** вібраційного типу (рис. 4.41) мають електродвигун 1, редуктор 2 з ексцентриком 7 і рукоятку 4. Зворотно-поступальний рух від ексцентрика передається верхньому ножу 6, нижній ніж 5 закріплений у скобі 8. Після вмикання вимикачем 3 електроножиці спрямовують по лінії різання так, щоб площі поверхонь ножів мали деякий нахил до площини металу. Зазор між ножами 5 і 6 установлюють залежно від товщини розрізуваного металу й перевіряють щупом.

**Пневматичні ножиці** приводить у дію пневматичний роторний двигун. Найбільша товщина розрізуваного сталевого листа середньої твердості становить

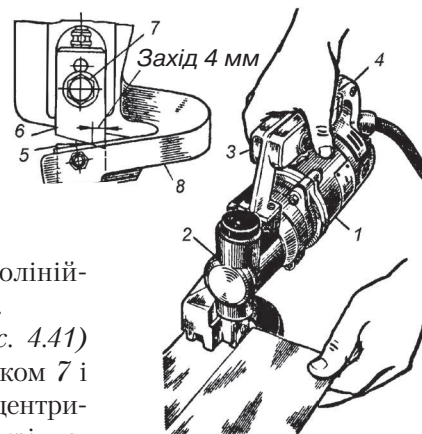


Рис. 4.41. Електричні ножиці:  
1 — електродвигун;  
2 — редуктор; 3 — вимикач;  
4 — рукоятка;  
5 — нижній ніж;  
6 — верхній ніж; 7 — ексцентрик; 8 — скоба



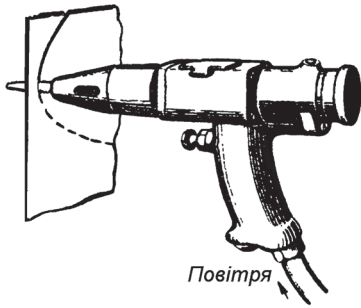


Рис. 4.42. Пневматична ножівка

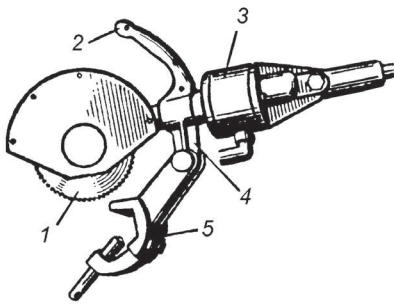


Рис. 4.43. Дисківна пневматична пила:

- 1 – фреза; 2 – рукоятка;
- 3 – редуктор; 4 – хвостовик;
- 5 – затискач

рування поверхонь. Під час впускання стисненого повітря через штуцер 1 ротор двигуна через редуктор передає штоку 6 коливальний рух, який перетворюється на зворотно-поступальний рух патрона 7 із закріпленим на ньому шабером. Хід шабера зазначають на його шкалі. Для чистової обробки рекомендовано середній хід, а для тонкої – малий. Грубе шабрування використовують із найбільшим ходом шабера.

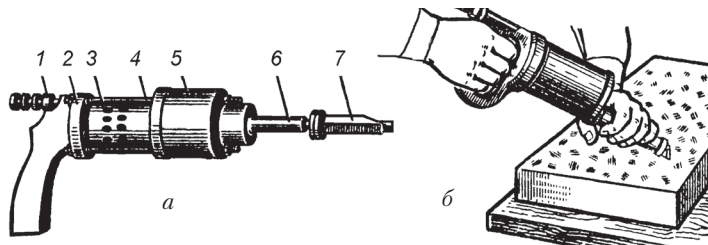


Рис. 4.44. Пневматичний шабер:

- a* – будова; *б* – прийом роботи; 1 – штуцер; 2 – кришка рукоятки; 3 – золотникова коробка; 4 – шпилька; 5 – кришка двигуна; 6 – шток; 7 – патрон для кріплення шабера

3 мм, швидкість різання – 2,5 м/хв, кількість подвійних ходів ножа за хвилину – 1600.

**Пневматична ножівка** (рис. 4.42) складається з перетворювача руху, роторного двигуна, пускової кнопки й ножівкового полотна. Максимальна товщина розрізаного металу дорівнює 5 мм, найменший радіус – 50 мм, швидкість різання – 20 м/хв. До комплекту входять змінні затискні патрони для кріплення напилків і полотен різного розміру.

**Дисківну пневматичну пилу** (рис. 4.43) використовують для різання труб безпосередньо на місці складання трубопроводів. Вона має редуктор 3, черв'ячне колесо якого змонтоване на одній осі з дисковою фрезою 1. Труба кріпиться спеціальним затискачем 5, який встановлено на хвостовику 4. Затискач кріпиться шарнірно до рукоятки 2.

Пневматичною пилою ріжуть труби діаметром до 50–64 мм; діаметр фрези – 190–220 мм, частота обертання – 150–200 об/хв.

**Фрезерні машини** використовують для утворення пазів, гнізд, різних заглиблень тощо. Робочим інструментом є пальцеві кінцеві фрези. До цієї групи машин належать механічні шабери, напилки, рубанки.

**Пневматичні шабери** (рис. 4.44) призначені для чистового, точного та чорнового ша-

**Електроmechanічний шабер** (рис. 4.45) складається з електродвигуна 1, підвішеного на візку 2 до монорейки. Електродвигун через редуктор 3, з яким з'єднаний гнучкий вал 4, приводить у дію кривошип 5, що передає зворотно-поступальний рух інструмента 6. Такий шабер може переміщуватися по монорейці.

**Стационарна установка з шабрувальною головкою** (рис. 4.46) має електричний двигун 1, установлений у кронштейні 2 станини 3. Клинопосова передача 6 передає обертальний рух від двигуна гнучкого вала 4 шабрувальній головці 5. Використання ступінчастих шківів забезпечує різну кількість робочих ходів інструмента.

**Ручні машини для складальних робіт** використовують як багато- й одношпindelні гайкокрути. Вони призначені для закручування гайок, болтів, гвинтів, шпильок. Гайкокрути, призначені тільки для закручування, мають праве обертання, а гайкокрути, які використовують і для відкручування, обладнані реверсивним двигуном або механізмом реверсування.

**Електричні гайкокрути** (рис. 4.47, а) призначені для механічного закручування болтів і гайок. Робочим органом є змінна головка (змінні торцеві ключі 4 або головки різних розмірів), яка кріпиться на квадратному кінці шпинделя 3 і фіксується штифтом із пружиною.

**Пневматичні гайкокрути** (рис. 4.47, б) відрізняються від електричних конструкцією приводу та пускового пристрою. Їх виготовляють із прямими й кутовими насадками. За типом приводу пневматичні гайкокрути поділяють на *роторні* й *поршневі*. Роторні використовують для закручування гайок і болтів діаметром до 25–32 мм, поршневі — для закручування гайок і болтів великих розмірів.

На підприємствах масового та серійного виробництва використовують переносні багатошпindelні гайкокрути, у яких усі шпинделі приводяться в обертання від одного двигуна або мають окремий привід.

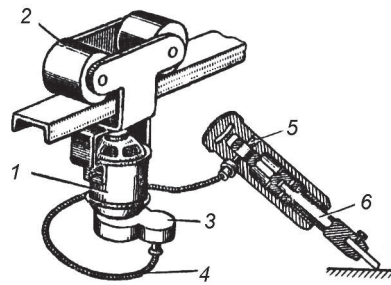


Рис. 4.45. Електроmechanічний шабер:

- 1 — електродвигун; 2 — візок;
- 3 — редуктор; 4 — гнучкий вал;
- 5 — кривошип; 6 — шабер

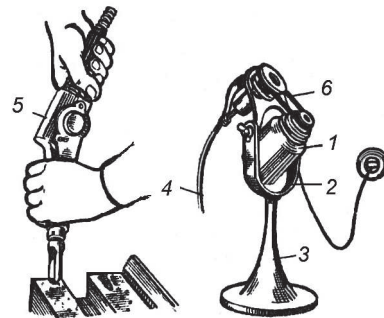


Рис. 4.46. Стационарна установка з шабрувальною головкою:

- 1 — електродвигун; 2 — кронштейн;
- 3 — станина; 4 — гнучкий вал;
- 5 — шабрувальна головка;
- 6 — клинопосова передача

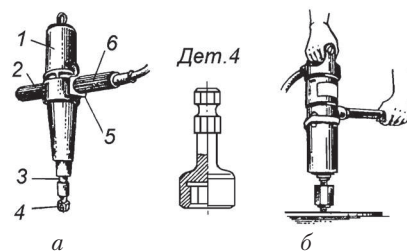


Рис. 4.47. Гайкокрути:

- а — електричний; б — пневматичний;
- 1 — електродвигун; 2, 6 — рукоятки;
- 3 — шпиндель; 4 — змінна головка (торцевий ключ, дет. 4); 5 — курок

Широко використовують двошвидкісні гайкокрути, у яких шпиндель обертається по стрижню болта під час закручування гайки з великою швидкістю і малим крутним моментом. Коли торець гайки торкається до поверхні деталі, починається



Рис. 4.48.  
Електричний гайкокрут



Рис. 4.49.  
Пневматичний гайкокрут



Рис. 4.50. Мультиплікатор



Рис. 4.51.  
Гідравлічний торцевий гайкокрут

затягування, момент опору на шпинделі збільшується, спрацьовує спеціальний механізм і шпиндель починає крутитися з малою частотою та великим крутним моментом. У багатьох силових головках шпиндель зв'язаний із приводом через муфту обмеження крутного моменту, яку можна налаштувати на передавання обертового моменту в невеликих межах. До таких муфт належать магнітні, кулачкові, кулькові та фрикційні.

Крім традиційних ручних електро- й пневмоінструментів, під час виконання механоскладальних робіт застосовують інструменти нового покоління переважно зарубіжних виробників, зокрема компаній «Bosch» і «FESTOOL і VeA» (Німеччина), «Pupes» (Італія), «Indersool Rand» (США). Зручність у користуванні та відмінні робочі характеристики цих інструментів сприяють високій продуктивності праці слюсарів.

Електричні ручні машини II класу захисту з подвійною ізоляцією є електробезпечними в роботі, до того ж їх можна вмикати в електричну мережу загального користування без застосування додаткового обладнання та засобів індивідуального захисту.

**Сучасні електричні та пневматичні гайкокрути** (рис. 4.48, 4.49), залежно від моделі, здатні працювати з крутним моментом від 40 до 6000 Н·м. Під час затягування відхилення крутного моменту становить 3–5 %. Електрогайкокрут статичного принципу дії забезпечує швидке закручування чи відкручування гайок з постійним зусиллям.

**Мультиплікатори** (рис. 4.50) — це ручні підсилювачі крутного моменту. Їх застосовують для відкручування і закручування гайок з крутним моментом до 47 000 Н·м. Мультиплікатори використовують із динамометричним ключем для контролю сили затягування гайок.

**Гідравлічні торцеві гайкокрути** (рис. 4.51) використовують для закручування (відкручування) різьбових з'єднань із крутним моментом 210–65 000 Н·м. Силовий механізм і сферична систе-

ма приводу забезпечують точність досягнення заданого зусилля.

**Акумуляторні дрилі-шурупокрути** (рис. 4.52) оснащені швидкозатискним патроном з фіксатором штока, магнітним кріпленням для фіксування свердел або викруток під час роботи й перенесення. Швидкості перемикають за допомогою курка. Залежно від моделі, вони здатні працювати з крутним моментом від 30 до 55 Н·м.

**Акумуляторний ударний дріль-шурупокрут** (рис. 4.53) має швидкість без навантаження 0–350 (0–1300) об/хв, а частоту ударів за 1 хв 0–5600 (0–20 800). Максимальний діаметр свердління дорівнює: для сталі – 13 мм, дерева – 38–40 мм, для цегли – 16 мм.

**Дрилі «Intruder»** (рис. 4.54) випускають двох марок: WT101KE та WT301KE. Обидві моделі оснащені швидкозатискним патроном. Їхня швидкість без навантаження становить 3000 об/хв, а частота ударів за 1 хв – 48 000. Максимальний діаметр свердління дорівнює: для сталі – 10–13 мм, для деревини – 25–35 мм.

**Торцювальні пилки** (рис. 4.55) випускають двох марок: WU480E та WU481E. Обидві моделі оснащені лазерним покажчиком для забезпечення максимальної точності різання. Швидкість без навантаження становить 5000 об/хв, діаметр диска – 254 мм.

Алюмінієва станина дуже легка, проте під час роботи має виражену стійкість.

**Віброшліфувальна машина «Worx»** (рис. 4.56) оснащена подвійною системою кріплення наждачного паперу. Працює за номінальної напруги 220 В, швидкість без навантаження становить 15 000 об/хв, хід шліфування – 1,6 мм.



Рис. 4.52.

Акумуляторний дріль-шурупокрут



Рис. 4.53.

Акумуляторний ударний дріль-шурупокрут



Рис. 4.54. Дріль «Intruder»



Рис. 4.55. Торцювальна пила



Рис. 4.56. Віброшліфувальна машина «Worx»

Машина надзвичайно компактна, легка, зручна в роботі у важкодоступних місцях; оснащена пилозахисними вимикачем і підшипниками; має вбудовану систему пиловідсмоктування.

Механізовані інструменти мають відповідати певним вимогам, зокрема: мати малу масу; бути надійними й безпечними в роботі; мати низьку вартість та бути економічними в експлуатації.

Електричні й пневматичні інструменти мають як певні переваги, так і недоліки. Пневматичний інструмент живиться стисненим повітрям, тому для його застосування потрібен компресор. Для застосування електричних інструментів ніякого спеціального обладнання не потрібно, тому що електроенергія є на будь-якому підприємстві. Отже, щодо початкових витрат вигідніше впроваджувати електроінструменти. Однак треба мати на увазі: якщо на заводі стиснене повітря вже застосовують для інших технологічних цілей, то використання його для пневматичних інструментів в механоскладальному цеху не призведе до великих витрат. Водночас за використання великої кількості механізованих інструментів необхідно враховувати ще й витрати енергії. Справа в тому, що коефіцієнт корисної дії більшості пневматичних інструментів становить 7–11 %, тоді як в електроінструментів – 40–60 %. Отже, у разі застосування пневматичних інструментів витрати енергії будуть значно вищими. Також зростуть й експлуатаційні витрати, тому що частину вартості обслуговування компресорної установки становитимуть витрати на інструменти.

### **Запитання та завдання**

1. Яким буває технологічне оснащення робочого місця?
2. Назвіть види затискних пристроїв.
3. Охарактеризуйте будову лещат.
4. Які вимоги безпеки під час роботи з лещатами?
5. Для чого призначені установлювальні пристрої?
6. Коли використовують робочі пристрої?
7. Яке призначення контрольних пристроїв?
8. Назвіть види контрольних пристроїв.
9. За допомогою яких пристосувань можна змінювати положення складальних одиниць під час складання?
10. Охарактеризуйте універсально-складальні пристрої.
11. Як поділяють слюсарно-складальні інструменти?
12. Охарактеризуйте ударні інструменти.
13. Назвіть особливості роботи з молотком.
14. Якими інструментами виконують рубання?
15. Назвіть види гайкових ключів.
16. Назвіть особливості призначення гайкових ключів.
17. Якими ключами закручують шпильки?
18. Назвіть види трубних ключів.
19. Які є види викруток?
20. Назвіть допоміжні інструменти для складальних робіт.
21. Які механізовані інструменти використовують під час складальних робіт?
22. Як класифікують електричні інструменти?
23. Які особливості роботи пневматичних інструментів?
24. Назвіть види пневматичних та електричних інструментів.



## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ

### 5.1. Методи вимірювання

Важливим показником якості механоскладальних робіт і кваліфікації робітника є добре знання засобів вимірювання та правильність їхнього вибору й користування.

**Вимірювання** — це порівняння однойменної величини (довжини з довжиною, кута з кутом, площі з площею тощо) з величиною, взятою за одиницю.

Загалом методи контролю можуть бути візуальні та з використанням технічних засобів вимірювання (універсальні, спеціальні, механізовані, автоматизовані).

Під час виконання механоскладальних робіт візуальний контроль (без спеціальних приладів) застосовують для перевірки стану поверхонь кромek деталей, стиків, форми й розмірів плям дотику під час контролю способом «на фарбу», щільності посадки — простукуванням «на звук» тощо. Візуальний контроль є суб'єктивним і не може забезпечити точність вимірювання.

У разі використання технічних засобів вимірювання точність контролю залежить від правильності встановлення вимірювального інструмента на контрольований виріб або деталь, точності наладки системи, точності самого вимірювання та методів його виконання. Велика кількість засобів вимірювання зумовлена наявністю різних методів вимірювання. Це прямі й дотичні, абсолютні та відносні, комплексні й диференційовані, контактні та безконтактні.

У разі застосування **прямого методу** розміри одержують безпосередньо під час замірів (вимірювання довжини лінійкою, кута — кутоміром та ін.).

За використання **дотичного методу** розмір отримують вимірюванням іншої величини, що перебуває в певній залежності від величини, яку шукають (визначення довжини кола шляхом вимірювання діаметра, розміру кута за допомогою синусної лінійки тощо).

**Абсолютний метод** дає змогу отримати розмір шляхом відлічування показників інструмента (вимірювання штангенциркулем, мікрометром, кутоміром).

За **відносного методу** не визначають справжній розмір, а тільки його відхилення від заданого значення (визначення відхилення індикатором, оптиметром та ін.).

**Диференційований (поелементний) метод** — це незалежне вимірювання кожного параметра виробу (зокрема, вимірювання овальності, конусності).

Для **комплексного методу** характерним є вимірювання такого параметра, дійсне значення якого відображає похибки інших параметрів виробу (контроль циліндричності й некруглості пневморотаметром).

**Контактний метод** вимірювання полягає в тому, що заміри виконують шляхом контакту між вимірювальними поверхнями інструмента й поверхнями деталі. Цей метод простий, але має певні недоліки: ненадійність контакту через наявність нерівностей на поверхні деталей, прикладання певного зусилля під час вимірювання.

За **безконтактного методу** в процесі вимірювання відсутній контакт між вимірювальним засобом і виробом (перевірка порівняння під мікроскопом, контроль за допомогою електричних і пневматичних приладів).



## 5.2. Похибки вимірювання

Точність вимірювання характеризує ту помилку, якої неможливо уникнути під час роботи з вимірювальним засобом певного виду. У більшості випадків під час складання машин і механізмів треба дотримуватися точності вимірювання в межах від 0,01 до 0,005 мм.

Жодне вимірювання виконати абсолютно точно неможливо. Виміряти можна тільки з деяким наближенням, тому що точність вимірювальних інструментів обмежена, а сам процес вимірювання завжди пов'язаний із похибками. Різницю між справжнім значенням вимірюваної величини та результатом вимірювання називають **похибкою вимірювання**. Що менша похибка, то вища точність вимірювання.

Похибка вимірювання залежить від багатьох причин, зокрема від: несправності або незадовільного стану інструмента (неправильне позначення нульової відмітки, забрудненість, пошкодження граней); неточності встановлення інструмента або деталі; різниці температур, за яких проводилося вимірювання (нормальна температура 20 °С); нагрівання інструмента; невмілого користування інструментом; неправильного вибору інструмента; нерівностей та інших дефектів поверхонь деталей; наявності мастила, бруду, задирок на вимірюваній деталі.

Точність вимірювання можна підвищити завдяки повторним вимірюванням одним інструментом у тому самому місці кілька разів. Після цього визначають середнє арифметичне значення вимірюваної величини. Воно буде ближчим до справжнього розміру, ніж результат одного вимірювання.

Точності вимірювання досягають виконанням установлених правил і за наявності контрольно-вимірювальних інструментів високої якості.

## 5.3. Класифікація засобів вимірювання та їхні основні метрологічні показники

Усі засоби вимірювання і контролю, які застосовують у механоскладальних роботах, поділяють на контрольно-вимірювальні інструменти та вимірювальні прилади.

До **контрольно-вимірювальних інструментів** належать: *штрихові інструменти*, що відтворюють будь-яке кратне або дробове значення одиниці вимірювання в межах шкали (штангенінструменти, кутоміри з ноніусом); *мікрометричні інструменти*, засновані на дії гвинтової пари (мікрометри, мікрометричні нутроміри, глибиноміри); *плоскопаралельні кінцеві міри довжини* (плитки); *інструменти для контролю площинності й прямолінійності* (лекальні та перевірні плити й лінійки) і *кутомірні інструменти* (кутоміри, кутники, рівні).

**Вимірювальні прилади** поділяють на *важільно-механічні* (індикатори, індикаторні нутроміри, важільні скоби, мініметри), *оптико-механічні* (оптиметри, інструментальні мікроскопи, проектори, інтерферометри), *електричні* (профілометри тощо) і *спеціальні* прилади.

Основними **метрологічними показниками засобів вимірювання** є: *ціна поділки шкали* — значення вимірюваної величини, яке відповідає одній поділці шкали; *точність вимірювання* — якість вимірювання, яка відображає близькість результатів до справжнього значення вимірюваної величини; *межі вимірювання* — найбільше і найменше значення діапазону вимірювання; *вимірювальне зусилля* — зусилля, що виникає в процесі вимірювання між контактуючими поверхнями

виробу й приладу; *похибки показників* — різниця між показниками приладів і дійсним значенням вимірюваної величини.

#### 5.4. Вибір вимірювальних засобів

Вибираючи вимірювальні засоби, необхідно враховувати точність виготовлення виробу, економічність методів вимірювання та продуктивність. Що менший допуск на виготовлення виробу й вища потрібна точність, то точнішим має бути вимірювальний інструмент. Прилади й інструменти треба вибирати так, щоб гранична похибка методу вимірювання перебувала в межах від  $1/4$  до  $1/20$  допуску контрольованого розміру деталі.

Вибір інструмента залежить від форми й виду виробництва. У серійному та масовому виробництвах економічно використовувати калібри, спеціальні прилади й автоматичні засоби. В одиничному виробництві доцільно застосовувати універсальні вимірювальні інструменти та засоби.

Немає потреби вибирати інструменти й прилади з точністю, вищою за потрібну, урахуваючи точність виробу. Контроль виробів після лиття, гарячої штамповки, кування достатньо проводити штангенциркулем, нутроміром чи лінійкою, оскільки розміри та допуски на їхнє виготовлення задані в міліметрах. Під час чорнової обробки (обпилювання, рубання тощо) достатньою є точність штангенциркуля з ціною поділки 0,1 мм.

Правильний вибір вимірювальних засобів, залежно від точності контрольованої деталі, має велике практичне значення. Вибір засобів вимірювання без урахування точності призводить до небажаних наслідків. Так, коли користуються не досить точним інструментом, деталі-вироби, що за результатами вимірювання вважаються придатними, можуть виявитися непридатними. Іноді вироби, забракувані інструментом, насправді виявляються придатними. Під час складання деталі, перевірені не досить точним інструментом, можуть дати інші зазори або натяги, ніж це передбачав конструктор. Коли ж застосовують надмірно точний, отже, і дорожчий та складніший в обслуговуванні інструмент, зростає вартість виготовлення та складання виробу.

Під час вибору вимірювального засобу потрібно завжди мати на увазі, що точність вимірювального приладу та точність результатів вимірів — не одне й те саме. Точність результату можна підвищити, збільшивши кількість повторних вимірів одного й того ж параметра. Урахуваючи, що підвищення точності засобу вимірів найчастіше пов'язане із збільшенням його вартості, треба в розумних межах розміряти точність засобу вимірів з кількістю випробувань.

#### Запитання та завдання

1. Що таке *вимірювання*?
2. Які є методи контролю?
3. Охарактеризуйте методи контролю.
4. Що називають *похибкою вимірювання*?
5. Назвіть причини похибок під час вимірювання.
6. Які є контрольно-вимірювальні інструменти та прилади?
7. Назвіть основні метрологічні показники засобів вимірювання.
8. Що потрібно враховувати, вибираючи вимірювальні засоби?

## ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ

### 6.1. Такелажні роботи

Під час виконання механоскладальних робіт виникає потреба транспортувати важкі деталі й вузли. Механізація підйомно-транспортних операцій полегшує працю робітників і підвищує її продуктивність. Сучасні механоскладальні та ремонтні цехи обладнані різноманітними підйомно-транспортними пристосуваннями, механізмами й машинами.

Підйом, опускання та переміщення вантажів за допомогою підйомно-транспортних засобів називають *такелажними роботами*. Для виконання цих робіт використовують спеціальні пристрої: мостові крани, кран-балки, тельфери, поворотні крани, талі, лебідки, домкрати та ін.

До такелажних засобів належать канати, ланцюги, вантажозахоплювальні пристрої та стропи.

**Канати** використовують для тягових органів у вантажопідйомних пристроях. Найчастіше це сталеві канати. Пенькові, бавовняно-паперові й волокнисті канати застосовують тільки для обв'язування і кріплення до гака вантажопідйомного пристрою.

Сталеві канати (троси) виготовляють із високовуглецевого високої міцності сталевого дроту діаметром 0,2–3 мм. Використовують канати подвійного сплетіння. Дроти сплітають у пряжу й навивають на сталеве осердя. Щоб забезпечити довговічність канату, визначають мінімально допустимий діаметр блока

$D_6$ , який обмежує напругу згину канату, за умови  $D_6 > Kd_K$ , де  $K$  – коефіцієнт запасу міцності, який вибирають залежно від типу вантажопідйомного пристрою та режиму його роботи;  $d_K$  – діаметр канату. У вантажопідйомних пристроях з ручним приводом використовують канати з  $K = 4,5$ , із машинним приводом –  $K = 5-6$ . Для канатів, які використовують у поліспахах,  $K = 6$ . У разі спрацювання та корозії на 40 % і більше від початкового діаметра дротів канат вибраковують.

**Ланцюги** використовують як вантажні та для виготовлення строп. Найпоширенішими вантажними є *пластинчасті* та *круглоланкові зварні* ланцюги (рис. 6.1, а, б). Залежно від вантажопідйомності ланцюги виготовляють різних розмірів. Основними параметрами пластинчастого ланцюга є розміри його пластин (довжина  $L$  і ширина  $B$ ) і крок ланцюга  $t$ . Вантажопідйомність круглоланкового зварного ланцюга залежить від його калібру  $d$ , ширини  $B$  і кроку  $t$ .

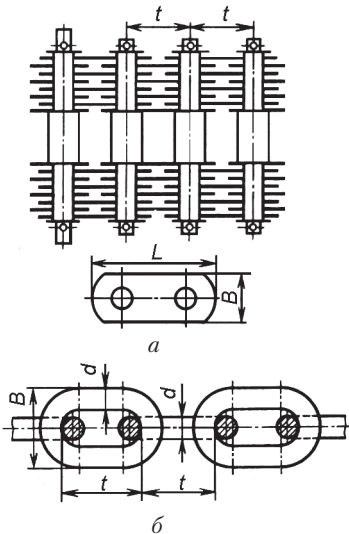


Рис. 6.1. Вантажні ланцюги:

а – пластинчасті;

б – круглоланкові зварні

Пластинчасті ланцюги виготовляють чотирьох типів: із розклепуванням валиків, із розклепуванням валиків і з шайбами, із шплінтами, із шплінтами й гладкими валіками.

Круглоланкові зварні ланцюги виготовляють п'яти типів: нормальної міцності коротколанкові, нормальної міцності довголанкові, нормальної міцності з розпірками, нормальної міцності з буртиком і підвищеної міцності.

Діаметр барабанів або блоків, обкручених канатами, має бути не меншим за 10 діаметрів каната, ланцюгами — за 20 діаметрів ланцюга в механізмах із ручним приводом і 30 діаметрів ланцюга — з машинним приводом.

**Вантажозахоплювальні пристрої** забезпечують з'єднання вантажів із тяговими органами вантажопідйомних механізмів. До них належать гаки, електромагніти та спеціальні пристосування для захоплення штучних вантажів (рис. 6.2).

Конструкція вантажозахоплювального пристрою залежить від форми вантажу. Для підйому листів і профільного прокату використовують універсальні (рис. 6.2, а, б) і спеціальні струбцини (рис. 6.2, в, з). Підйом великогабаритних вантажів здійснюють за допомогою рим-болтів (рис. 6.2, г) і вантажних штирів (рис. 6.2, д, е), а деталей циліндричної форми — за допомогою кліщових захоплювачів (рис. 6.2, є).

Універсальні вантажозахоплювальні пристрої (гаки, кільця, вуха, траверси) використовують для вантажів різної конфігурації.

*Гаки* для вантажів масою до 250 кг відковують з круглої пруткової сталі. Для важких вантажів використовують суцільнотягнуті однорогі (до 50 т) і дворогі гаки (до 100 т). Гаки обладнують спеціальними запобіжними пристроями для уникнення самовільного зривання канату. *Кільця, вуха, траверси* призначені для з'єднання окремих елементів вантажозахоплювальних пристроїв і для навішування їх на гаки. Широко використовують кільця овальної, круглої та трикутної фор-

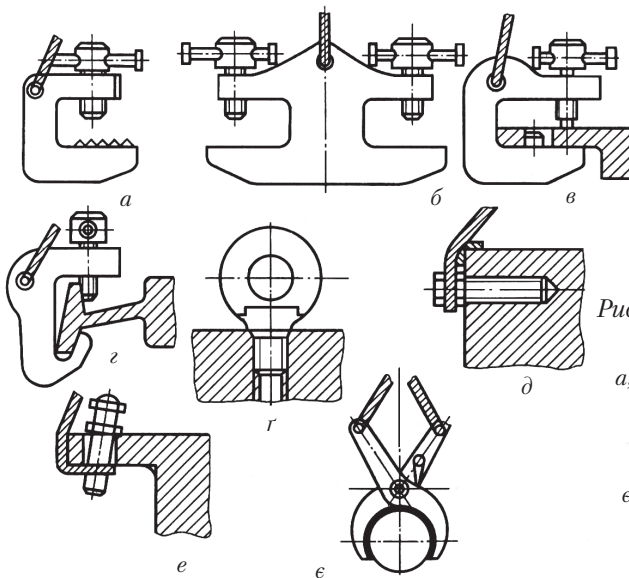


Рис. 6.2. Вантажо-захоплювальні пристрої:

- а, б — універсальні струбцини;
- в, з — спеціальні струбцини;
- г — рим-болт;
- д, е — вантажні штирі;
- є — кліщовий захоплювач для круглих деталей

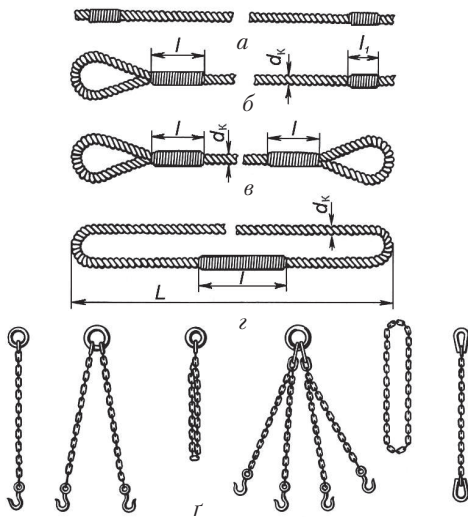


Рис. 6.3. Стропи:

- a* – простий; *б* – з однією петлею;
- в* – з двома петлями; *z* – універсальний;
- г* – ланцюгові; *L* – довжина стропа;
- l* – довжина скрутки;
- $d_k$  – діаметр канату

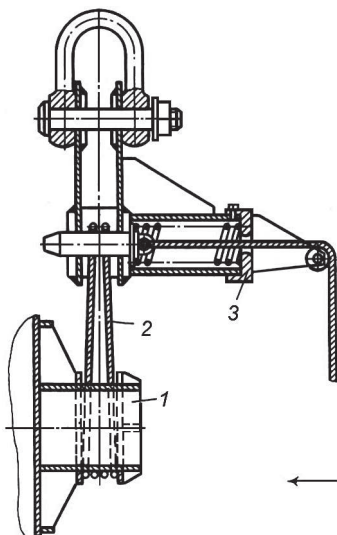


Рис. 6.4. Напівавтоматичний строп:

- 1 – штуцер;
- 2 – строп;
- 3 – замбк

ми. Для переміщення важких і довгих вантажів користуються траверсами (зварна балка із швелерів).

**Стропи** призначені для підвішування вантажу до гака, кільця або траверси. Їх виготовляють із відрізків канатів (рис. 6.3, *a–z*) або некаліброваних ланцюгів (рис. 6.3, *г*). Довжина строп коливається від 5 до 12 м. Усі стропи мають легко встановлюватися на гак, зніматися з нього й легко звільнитися від вантажу.

За конструкцією стропи поділяють на *універсальні* (замкнена петля), *полегшені* (петлі тільки на кінцях) і *багатовіткові* (можуть мати від двох до восьми віток). Під час монтажних робіт використовують напівавтоматичні стропи (рис. 6.4). Вони оснащені спеціальними замками, які забезпечують швидке розстропування вантажу з робочого місця.

Для підйому вантажів стропи зачальюють на гак різними способами залежно від способу підвішування вантажу – на одній, двох або чотирьох вітках канату (рис. 6.5, *a–z*).

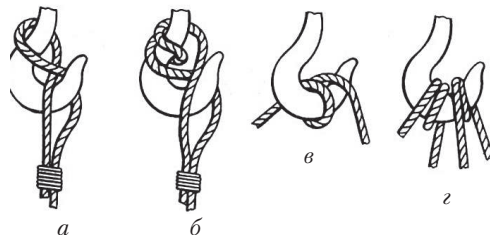


Рис. 6.5. Способи зачальювання стропів на гак:

- a* – простий гаковий вузол;
- б* – гаковий вузол унапуск;
- в* – підвішування на двох вітках;
- z* – підвішування на чотирьох вітках

## 6.2. Засоби транспортування вантажів

Для переміщення вантажів використовують різноманітні транспортні засоби: ручні й механізовані візки, конвеєри, рольганги.

**Ручні візки** бувають *безрейкові* та *рейкові*. Вантажопідйомність безрейкових візків становить від

100 до 3000 кг. Їх поділяють на такі основні групи: загального призначення, з підйомними пристосуваннями й пристроями та спеціальні для складальних робіт. Спеціальні візки використовують у серійному й масовому виробництві для переміщення вручну деталей та складальних одиниць від одного робочого місця до іншого.

**Механізовані (самохідні) візки** використовують для переміщення вантажів на значні відстані. Основним видом таких візків є електровізки — *електрокарри*. Вони бувають із нерухомими та рухомими платформами. Найзручнішими вважають акумуляторні візки, які можуть переміщуватися по рейкових і безрейкових шляхах.

**Конвеєри** використовують у серійному й масовому виробництві для примусового та вільного переміщення вантажів. Промисловість випускає конвеєри стрічкові, пластинчасті, візкові та ін. *Стрічкові* конвеєри застосовують під час складання дрібних і легких виробів; *пластинчасті* — більш важких; *візкові* — під час складання великих і важких виробів; *підвісні* — для транспортування деталей та вузлів на складання, готових виробів на випробування і контроль або на склад тощо.

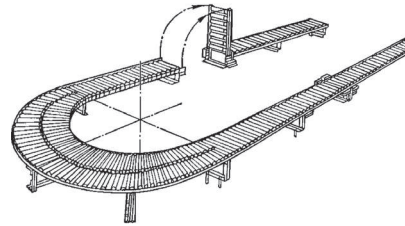


Рис. 6.6. Рольганг

**Рольганги** (рис. 6.6) використовують для переміщення важких складальних одиниць і виробів у горизонтальному напрямку. Вони бувають *ручні*, коли переміщення виконується за допомогою рук, і *привідні*, коли вантаж переміщується внаслідок тертя обертових від двигуна роликів. Найчастіше на виробництвах використовують непривідні (ручні) рольганги.

### 6.3. Вантажопідйомні засоби

У складальних і ремонтних цехах широко використовують вантажопідйомні механізми й пристрої різних конструкцій: блоки, поліспасти, талі, тельфери, домкрати, лебідки, крани та ін.

**Блоки** (рис. 6.7, а; с. 56) використовують для зміни напрямку тягового канату (*нерухомі блоки*) або підйому та переміщення вантажів (*рухомі блоки*). Вони складаються з обертового на осі диска, по ободу якого зроблений паз для канату або ланцюга. Вісь блока закріплена в отворах вилкоподібної скоби, яку називають *обоймою*. Вантаж піднімають за допомогою канату, перекинутого через блок. Якщо важлива не швидкість вертикального переміщення, а економія сили для його підйому, тоді використовують два блоки — рухомий і нерухомий (рис. 6.7, а, праворуч; с. 56). Вантаж підвішують до рухомого блока, охопленого знизу канатом, який одним кінцем закріплений в обоймі нерухомого блока, а другий вільний кінець канату під час піднімання вантажу тягнуть униз. Через те, що в цьому випадку маса вантажу розподіляється на дві вітки канату, потрібна піднімальна сила має дорівнювати тільки половині маси вантажу. Вантажопідйомність блоків становить від 3 до 80 т і більше.

**Поліспасти** (рис. 6.7, б; с. 56) — це прості вантажопідйомні пристрої, що складаються з двох блоків, з'єднаних канатом у загальну робочу схему. Верхній блок



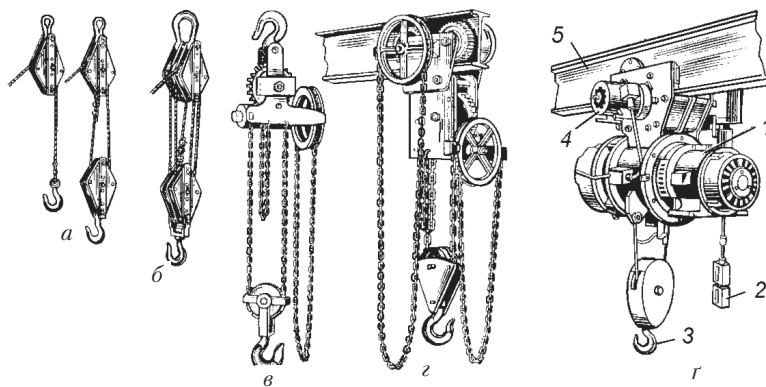


Рис. 6.7. Вантажопідійомні пристрої:

*a* – блоки; *б* – поліспаст; *в* – ручна таль; *г* – ручна таль із кішкою;  
*г* – тельфер; 1, 4 – електродвигуни; 2 – кнопковий пристрій;  
 3 – блок з гаком; 5 – кран-балка

поліспаста (нерухомий) кріплять до підйомного пристрою (балки, триноги, щогли), а нижній блок (рухомий) — до вантажу. Канат послідовно огинає всі ролики блоків, потім один його кінець приєднують наглухо до верхнього або нижнього блока поліспаста, а другий кінець кріплять до барабана лебідки. За використання поліспаста потрібна піднімальна сила зменшується в 5 разів, бо маса вантажу розподіляється між п'ятьма канатами. Вантажопідйомність поліспастів становить від 1 до 60 т і більше.

**Талі** використовують для підйому та переміщення вантажів. За видом приводу розрізняють талі ручні (шестеренчасті та черв'ячні) і механізовані: електроталі (тельфери), які приводяться в дію від електродвигуна, і пневмоталі, що приводяться в дію стисненим повітрям.

**Ручна таль** (рис. 6.7, *в*) — вантажопідйомний механізм, який складається з ланцюгового поліспаста з гаком і вручну приводиться в рух нескінченним ланцюгом. Талі виготовляють вантажопідйомністю 0,25–12 т і більше. Якщо ручна таль за допомогою верхнього гака закріплена або змонтована на монорейці способом кішки (рис. 6.7, *г*), тоді вантаж буде переміщуватися не тільки вгору, а й у горизонтальному напрямку. Під час ремонтних робіт талі підвішують над місцем роботи за допомогою триноги.

**Електроталь**, або **тельфер** (рис. 6.7, *г*) використовують для вертикального переміщення вантажів уздовж монорейкового шляху.

В електроталях електродвигун 1 із фланцевим кріпленням установлений на візку, який переміщується по кран-балці 5 електродвигуном 4. На барабані тельфера намотаний трос, до якого підвішений блок із гаком 3. Електротельфером керують із підлоги за допомогою підвісного кнопкового пристрою 2. Струм підводиться по гнучкому кабелю. Вантажопідйомність тельфера становить від 250 кг до 5 т.

**Пневмоталі** використовують на тих ділянках, де за умовами пожежної безпеки використання тельферів не допускається.

**Домкрати** призначені для підйому й опускання вантажів на висоту до 1 м. На відміну від інших вантажопідйомних пристроїв, домкрати піднімають вантаж

знизу, що створює нестійку рівновагу й потребує засобів для запобігання від перекидання. За конструкцією домкрати поділяють на гвинтові, рейкові, гідравлічні та пневматичні.

**Гвинтові домкрати** (рис. 6.8, а) складаються з гвинта 2 з головкою 4, гайки 3 і корпусу 1. Нижче головки на стрижні гвинта міститься рукоятка 5 із тріскачкою, яка забезпечує обертання гвинта. Вантажопідйомність гвинтових домкратів становить 1–20 т.

**Рейкові домкрати** (рис. 6.8, б) піднімають вантаж за допомогою зубчастої рейки, що переміщується всередині домкрата за напрямними. За конструкцією розрізняють *важільно-рейкові* та *рейково-зубчасті домкрати*. Вантажопідйомність рейкових домкратів досягає 15 т. Рейковий домкрат складається з корпусу 7 із листової сталі, у якому є зубчаста рейка 8, що закінчується зверху обертовою на пальці опорної головки. Коли вантаж піднімають, рух від рукоятки 10 передається через ведучий вал і зубчасте колесо 9 до шестірні 6, яка зчеплена з рейкою 8. Від самовільного опускання вантаж утримує храповий механізм.

**Гідравлічні домкрати** (рис. 6.8, в) мають високу вантажопідйомність (майже 750 т). Для них є характерними плавність роботи, швидкість підйому 8–10 м/хв на висоту 150–200 мм. Такий домкрат складається з циліндра 11, поршня 12 і посудини 13 для гідравлічної рідини. У посудині 13 міститься плунжерний насос 14, що приводиться в дію важелем 15. Під час роботи насоса (помпи) рідина подається в циліндр і піднімає поршень із вантажем.

Гідравлічні та гвинтові домкрати бувають із ручними і механічними приводами.

**Лебідки** використовують для переміщення вантажів. Вони бувають із ручним і машинним приводом. Усі лебідки обладнані гальмовими пристроями, які запобігають самовільному опусканню вантажів.

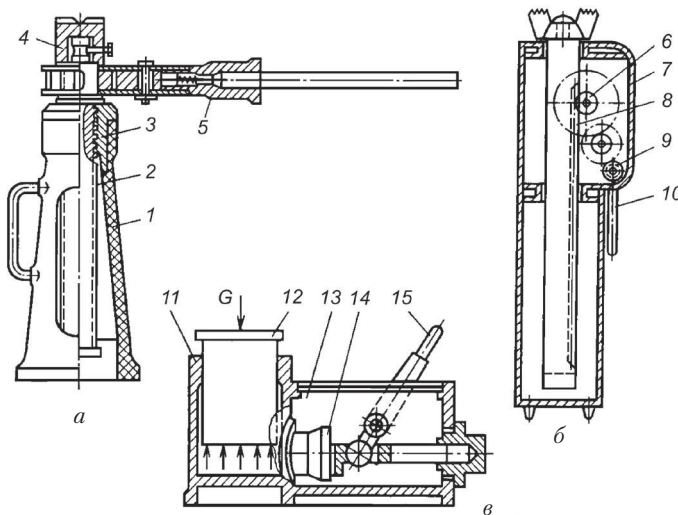


Рис. 6.8. Домкрати:

- а – гвинтовий; б – рейковий; в – гідравлічний; 1, 7 – корпуси; 2 – гвинт; 3 – гайка;  
4 – головка гвинта; 5, 10 – рукоятки; 6 – шестірня; 8 – зубчаста рейка;  
9 – зубчасте колесо; 11 – циліндр; 12 – поршень; 13 – посудина для гідравлічної рідини;  
14 – плунжерний насос; 15 – важіль; G – навантаження

**Лебідки з ручним приводом** (рис. 6.9, а) мають станину 1, скріплену з тягами 2. Обертання від рукоятки 5 передається барабану 3 через зубчасту передачу 4. Піднятий вантаж утримується храповим механізмом 6.

**Лебідки з механічним приводом** (рис. 6.9, б) використовують у вантажопідійомних механізмах. Вони мають електричний двигун 9, барабан 7, редуктор 11, гальма 10, які кріплять на загальній рамі 8.

**Підйомні крани** використовують для підйому та переміщення вантажів. Це мостові, поворотні, настінні, кран-балки й інші крани.

**Мостові крани** поділяють на металургійні й загального призначення. Їх називають так тому, що несучі конструкції виконані у формі моста. Мостовими кранами керують кранівники, робочим місцем яких є кабіна, прикріплена до моста. Уздовж моста закріплені шляхи пересування візка з механізмом пересування і механізмом підйому. Мостовий кран пересувається на ходових колесах по підкранових шляхах. Він може мати головний та допоміжний вантажопідійомні механізми, які змонтовані на одному візку. Вантажопідійомність мостового крана позначають двома цифрами: у чисельнику вказують вантажопідійомність головного, а в знаменнику — допоміжного механізму, наприклад: 15/5, 20/5, 30/10, 100/20 т.

**Поворотний кран** призначений для переміщення вантажів на певних робочих місцях. Він складається з колони, навколо якої повертається стріла на кут до 360°. Поворот стріли й переміщення візка виконують уручну за ланцюг. Підйомними механізмами можуть бути ручні лебідки, талі, електроталі та ін. Вантажопідійомність поворотних кранів не перевищує 3 т за максимального вильоту стріли 5–6 м.

**Настінні (консольні) крани** призначені для підйому й переміщення вантажів, а також для обслуговування робочих місць, розташованих уздовж стін і колон. Консольні крани можуть піднімати й переміщувати вантажі на кут 180°. Консоль працює від електродвигуна. Вантажопідійомність консольних кранів становить до 7,5 т за вильоту стріли 2–8 м.

**Кран-балки** — це легкі мостові крани, призначені для підйому та переміщення вантажів масою до 5 т уздовж цехів. Вони бувають ручні й електричні, з однією або двома несучими балками двотаврового перерізу. Вантажопідійомним механізмом є тельфер, який пересувається по нижніх полочках двотаврової балки. Керування кран-балками виконують від електродвигуна з підлоги за допомогою кнопок або з кабіни, підвішеної до балки.

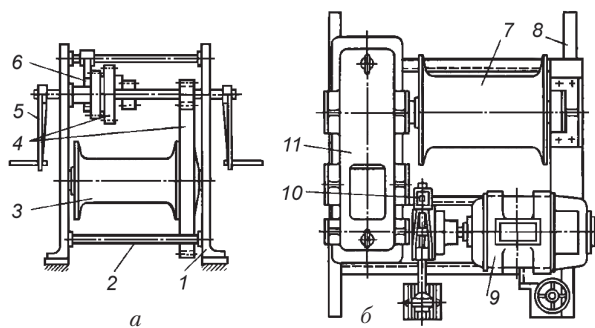


Рис. 6.9. Лебідки:  
 а — з ручним приводом;  
 б — з механічним приводом;  
 1 — станина; 2 — тяга; 3, 7 — барабани; 4 — зубчаста передача;  
 5 — рукоятка; 6 — храповий механізм; 8 — рама; 9 — електродвигун;  
 10 — гальма; 11 — редуктор

**Вантажопідйомні пристосування** використовують тоді, коли за відсутності стаціонарних вантажопідйомних пристроїв доводиться здійснювати складання або ремонт на місці постійної роботи великогабаритного обладнання. До вантажопідйомних пристосувань належать козли, триноги й щогли.

**Козли** (рис. 6.10) використовують для підйому вантажів масою до 12 т і виготовляють із дерев'яних брусів. Вони складаються з чотирьох стояків 3, двох поперечин 2 і чотирьох розкосів 4. На поперечини кладуть рейку 1, на якій кріплять вантажопідйомний механізм.

**Триноги** (рис. 6.11) використовують для підйому вантажів порівняно невеликої маси (до 3 т) на висоту до 2,5 м. Їх виготовляють із металевих труб і рідко – з деревини.

**Щогли** призначені для підйому вантажів масою до 50 т. Їх використовують, коли недоцільне або неможливе застосування кранів. Щогли заввишки до 30 м виготовляють із сталевих труб. Вертикально розташовані щогли утримують за допомогою канатів (не менше трьох). З основою щоглу з'єднують за допомогою шарніра.

Для ручного переміщення масивних і великогабаритних виробів застосовують сталеві котки та важелі. Для цього вантаж з одного боку піднімають важелем і підставляють під нього котки (сталеву трубу), по яких вантаж плавно переміщують.

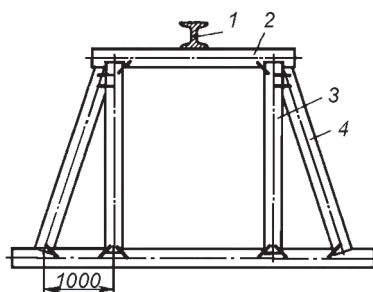


Рис. 6.10. Дерев'яні козли:

1 – рейка; 2 – поперечина;  
3 – стояк; 4 – розкіс

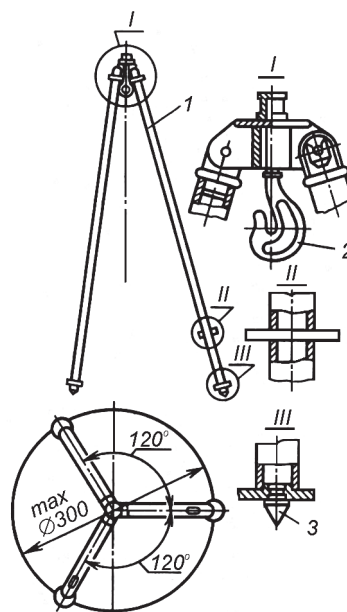


Рис. 6.11. Тринога:

1 – штанга; 2 – гак; 3 – опора

## Запитання та завдання

1. Що називають *такелажними роботами*?
2. Назвіть види такелажних засобів.
3. Охарактеризуйте особливості будови та призначення такелажних засобів.
4. Назвіть типи пластинчастих ланцюгів.
5. Назвіть типи круглоланкових зварних ланцюгів.
6. Які транспортні засоби використовують для переміщення вантажів?
7. Назвіть вантажопідйомні засоби.
8. Охарактеризуйте вантажопідйомні засоби.
9. На які види поділяють домкрати за конструкцією?
10. Які види підйомних кранів є найпоширенішими?

## ПІДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ ДО СКЛАДАННЯ. СЛЮСАРНІ РОБОТИ

### 7.1. Очищення та промивання деталей

Перед складанням усі деталі, складальні одиниці та механізми мають бути чистими. На них не повинно бути металевого пилю, стружок, піску, абразивного порошку тощо, які в процесі експлуатації можуть потрапити на тертьові робочі поверхні й пошкодити їх. Тому деталі та складальні одиниці підлягають очищенню і промиванню.

**Очищення** деталей від формувальної суміші й окалини виконують металевими щітками, а потім продувають стисненим повітрям. За наявності на деталях і вузлах антикорозійного мастила, слідів фарби й інших твердих забруднень їх очищають за допомогою ручних і привідних щіток із подальшим промиванням та обдуванням повітрям, піскоструминною обробкою. Для зняття задирок і зачищення кромek дрібні деталі переносять у галтовочні барабани, куди засипають пісок або бите скло. Під час обертання барабана деталі перекантовуються і дотикаються між собою, зачищаючи при цьому кромки. Пісок або бите скло прискорює процес. Після галтування деталі промивають та обдувають стисненим повітрям.

**Промивання** деталей в умовах одиничного й дрібносерійного виробництва виконують у мийних баках або ваннах. У великосерійному та масовому виробництві застосовують спеціальні **мийні машини**:

*однокамерні* — тільки для промивання деталей;

*двокамерні* — у першій камері деталі промивають, а в другій ополіскують чистою рідиною;

*трикамерні* — у першій камері промивають деталі, у другій ополіскують, а в третій сушать стисненим повітрям, підігрітим до температури 90–100 °С.

*Основними способами миття є:*

- хімічний — промивання занурюванням і струминне промивання з використанням розчинників;

- електрохімічний — у спокійному або примусово збудженому електроліті;

- ультразвуковий.

Під час **хімічного промивання** використовують водні лужні розчини або органічні розчинники. Якщо застосовують водні лужні розчини, деталі знежирюють розчинами солей лужних металів і *поверхнево-активних речовин* (ПАР). Склад мийних засобів має забезпечувати розкладання забруднених плівок, перетворюючи їх у розчинні елементи, добре змочувати поверхні, запобігати повторному осіданню розчинених домішок на поверхні деталей. Через те, що жири речовини погано змочуються водою, до складу рідини, крім лугів, вводять речовини з поверхнево-активними властивостями (мило, кислоти, спирти, рідке скло, синтетичні мийні засоби). Лужні розчини разом з ПАР, впливаючи на забруднення, утворюють навколо них оболонки, які запобігають подальшому зчепленню забруднень із поверхнею деталі.

Ефективним препаратом є мийний засіб МС-6, що складається з ПАР і лужних солей (кальцинованої соди, метасилікату натрію і триполіфосфату натрію). Цей універсальний препарат викликає слабке піноутворення і використовується в різних мийних машинах. Широко застосовують синтетичні мийні засоби МЛ-51 і МЛ-52 — це порошок або гранули зеленого та світло-жовтого кольорів. Вони негорючі, добре розчиняються у воді. Засіб МЛ-51 застосовують під час струминного очищення, а МЛ-52 — для зняття смолистих відкладень шляхом виварювання.

Як поверхнево-активні синтетичні речовини використовують сульфатол НП-1 і НП-3, змочувач ДБ, емульгатори ОП-7 та ОП-10, синтанолі МЦ-10 і ДТ-7, альфаноли, синтеміди тощо. Ці речовини можуть міститися в лужних мийних засобах.

Для знежирення деталей органічними розчинниками використовують хлоровані вуглеводні: хлоретилен і тетрахлоретилен, перхлоретилен і дихлоретан, а також бензин, гас, дизельне паливо.

Під час **електрохімічного промивання** в спокійному й примусово-збудженому електроліті проходить механічний та хімічний вплив потоків рідини на деталь, а також катодна поляризація, що сукупно прискорює процес промивання.

**Ультразвукове промивання** використовують під час складання особливо точних спряжень. Суть цього способу промивання полягає в тому, що в рідині внаслідок ультразвукових коливань із частотою 15–20 кГц утворюються *пустоти* — дрібні бульбашки, які в разі виникнення коливань (ударів) швидко заповнюються рідиною та інтенсивно руйнують шари мастила, бруду тощо. Одночасно відбувається хімічна взаємодія забруднень із розчинником, що значно прискорює процес промивання деталей.

Використовують також мийні машини з електрогідравлічним ефектом, який виникає у воді внаслідок імпульсних іскрових розрядів.

**Обдування стисненим повітрям** забезпечує чистоту поверхонь деталей та складальних одиниць. Сухе повітря подається під тиском 30–50 МПа. Повітря має бути сухим. Тому для просушування використовують вологомасловідокремлювачі. Обдування забезпечує швидке просушування деталей та видалення сторонніх частинок із важкодоступних місць. Продуванням перевіряють наявність мастильних та інших наскрізних отворів у деталях і складальних одиницях.

## 7.2. Розмічання

**Розмічання** — це операція нанесення на заготовку, що обробляється, розмічальних ліній (рисок). Ці лінії визначають контури майбутньої деталі чи місця, які потрібно обробляти.

Різницю між розмірами заготовки до й після обробки називають **припуском на обробку**. Точність, що досягається звичайними методами розмічання, приблизно дорівнює 0,5 мм. Залежно від форми заготовок і деталей, які потрібно розмітити, розмічання поділяють на *площинне* та *просторове* (об'ємне).

Виконуючи розмічання, використовують розмічальні плити, підкладки, поворотні пристрої, домкрати і т. ін.

На **розмічальній плиті** встановлюють заготовки чи деталі, які треба розмітити, і розміщують усі пристрої та інструменти. Розмічальна плита відливається з



дрібнозернистого чавуну. Розмір плити добирають так, щоб її ширина й довжина були на 500 мм більшими за відповідні розміри заготовок.

**Підкладки** використовують для забезпечення правильного встановлення деталей під час розмічання, а також для захисту розмічальних плит від подряпин і забоїн. Залежно від призначення підкладки бувають різних конструкцій. Найпростішими є *плоскі опорні підкладки*. Підкладки великих розмірів виготовляють пустотілими циліндричними, призматичними, двотаврового перерізу тощо.

**Поворотний пристрій з електромагнітом** забезпечує швидке закріплення деталей, які треба розмітити, у найзручнішому положенні.

**Обкреслювач** (рис. 7.1, а) призначений для нанесення ліній, паралельних кромкам заготовок.

**Рисувалки** (рис. 7.1, б) застосовують для нанесення ліній (рисок) на поверхню за допомогою лінійки, кутника чи шаблона. Виготовляють рисувалки з інструментальної сталі марки У10 або У12. Для розмічання на сталевій, добре обробленій поверхні застосовують рисувалки з латуні; на алюміній риски наносять гостро заточеним олівцем. Широко застосовують чотири види рисувалок: круглу, з відігнутим кінцем, зі вставною голівкою і кишенькову.

**Рейсмус** (рис. 7.1, в) є основним інструментом для просторового розмічання. Його використовують для нанесення паралельних, вертикальних і горизонтальних ліній, а також для перевірки встановлення деталей на розмічальній плиті.

**Циркулі** (рис. 7.1, г–д) використовують для розмічання кіл і дуг, ділення відрізків і кіл, для геометричних побудов, а також для перенесення розмірів із вимірювальних лінійок на деталь. Розмічальні циркулі бувають прості або з дугою, точні й пружинні.

**Розмічальний штангенциркуль** застосовують для точного розмічання прямих ліній і центрів.

**Кутники** (рис. 7.1, е–ж) застосовують для побудови й перевірки кутів, нанесення ліній, проведення перпендикулярних ліній.

**Транспортир** (рис. 7.1, з) призначений для вимірювання кутів.

**Кернер** (рис. 7.1, у, і) – слюсарний інструмент для нанесення заглиблень (кернів) на попередньо розмічені лінії. Керни роблять для того, щоб риски були виразно помітні й не стиралися в процесі обробки деталі. Кернери виготовляють з інструментальної вуглецевої чи легованої сталі

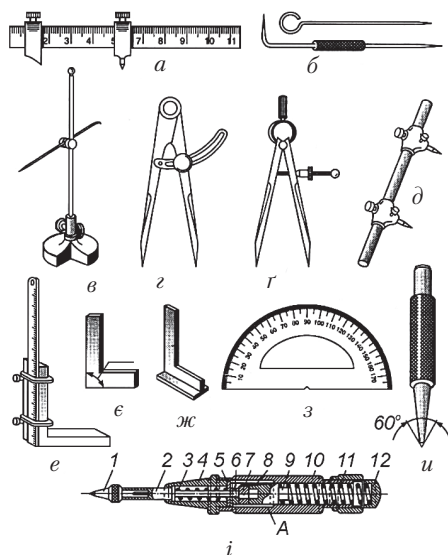


Рис. 7.1. Інструменти для розмічання:

- а – обкреслювач; б – рисувалки;
- в – рейсмус; г–д – циркулі;
- е–ж – кутники; з – транспортир;
- и, і – кернери: 1 – робоча частина;
- 2 – стрижень; 3, 11 – пружини;
- 4, 6 – втулки; 5 – шайба; 7 – сухар;
- 8 – плоска пружина; 9 – повзун;
- 10 – корпус; 12 – упорна гайка;
- А – точка переходу циліндрів різного діаметра

марок У7А, У8А, 7ХФ або 8ХФ. Робочу частину кернерів (*конус*) термічно обробляють на довжину 15–30 мм до твердості  $HRC_e$  55–59, а ударну частину — на довжину 15–25 мм до твердості  $HRC_e$  40–45. Середня частина кернера має рифлення (*накатку*) для зручності тримання під час роботи. Розрізняють *кернери звичайні, спеціальні, пружинні (механічні), електричні* тощо.

*Перед розмічанням необхідно:*

- відчистити заготовку сталевую щіткою від пилу, бруду, окалини, слідів корозії тощо;
- ретельно оглянути заготовку й у разі виявлення пустот, випинів, тріщин тощо точно виміряти їх. Складаючи план розмічання, потрібно вжити заходи щодо видалення цих дефектів у процесі подальшої обробки (якщо це можливо);
- розрахувати всі розміри заготовки, щоб після обробки на поверхні не залишилося дефектів;
- вивчити креслення деталі, яку треба розмітити, з'ясувати її особливості та призначення, уточнити розміри, подумки накреслити план розмічання (установлення деталі на плиті, спосіб і порядок роботи);
- особливу увагу приділити припускам на обробку (їх беруть із довідників залежно від матеріалу й розмірів деталі, форми та способу встановлення під час обробки);
- визначити базові поверхні (*бази*) заготовки, від яких треба відкладати розміри в процесі роботи; у разі площинного розмічання базами можуть бути оброблені кромки заготовки або осьові лінії, які наносять насамперед, а базою заготовки — приливки й бобишки;
- підготувати поверхню до обробки.

Іноді перед розмічанням поверхні фарбують різними барвниками.

Крейду розводять у воді (1:8) і доводять до кипіння. Щоб шар барвника не стирався, до розчину додають рідкий столярний клей (50 г на 1 кг крейди). Потім суміш ще раз кип'ятять. Щоб уникнути псування суміші (особливо влітку), у розчин додають невелику кількість лляної олії та сикативу, який прискорює висихання барвника. Фарбують малярними щітками та за допомогою розпилювачів (*пультверизаторів*).

Розмічувані поверхні натирають сухою крейдою. Так фарбують необроблені поверхні дрібних невідповідальних заготовок.

Для одержання розчину мідного купоросу в склянці води розчиняють три повні чайні ложки кристалічного мідного купоросу. Очищену від пилу, бруду та масла поверхню покривають розчином мідного купоросу (помазком) або змочують водою і натирають шматком кристалічного мідного купоросу. Розмічають, коли купорос висохне.

Розмічальні риси наносять послідовно: горизонтальні, вертикальні, похилі й останніми — кола, дуги та заокруглення.

Прямі риси наносять рисувалкою, яку треба нахилити в напрямку переміщення та вбік від лінійки (*рис. 7.2; с. 64*). Кути нахилу мають відповідати значенням на рисунку й не змінюватися в процесі нанесення рисок, інакше вони не будуть паралельними. Риски проводять лише один раз.

Перпендикулярні риси (окрім геометричних побудов) наносять рисувалкою за допомогою кутника (*рис. 7.3, а; с. 64*), паралельні — за допомогою кутника, пересуваючи його на потрібну відстань (*рис. 7.3, б; с. 64*).

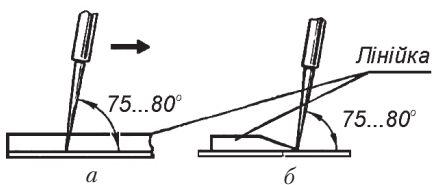


Рис. 7.2. Прийоми нанесення прямих рисок:

*a* — з нахилом рисувалки в напрямку її переміщення; *б* — з нахилом рисувалки вбік від лінійки

точно на середину розмічальної риски (рис. 7.4). Спочатку нахилиють кернер вбік від себе і притискують до наміченої точки, потім швидко ставлять його вертикально, після чого по ньому наносять легкий удар молотком масою 100–200 г.

Для розмічальних робіт використовують оригінальний *молоток Гаврилова*. У розширеній частині головки цього молотка є круглий наскрізний отвір, у який на гумових амортизаційних кільцях уставлена чотирикратна лінза.

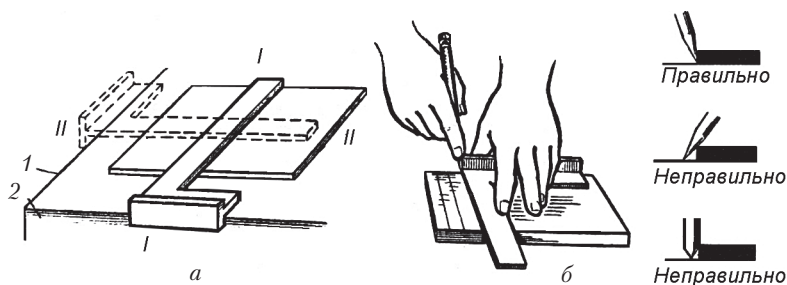


Рис. 7.3. Нанесення рисок:

*a* — перпендикулярних; *б* — паралельних; *I, II* — розташування кутника; *1, 2* — грані розмічальної плити

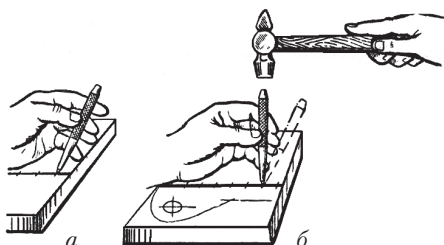


Рис. 7.4. Накернювання розмічальних ліній: *a* — установлення кернера; *б* — накернювання

Центр кіл визначають за допомогою центрошукачів і центронамітників.

Розмічання кутів та уклонів здійснюють за допомогою транспортирів, штангенциркулів і кутомірів.

*Керном* називають заглиблення (лунку), утворене внаслідок дії вістря (конуса) кернера під час удару по ньому молотком. Маса молотка має відповідати масі кернера.

Працюючи з кернером, його беруть трьома пальцями лівої руки (великим, вказівним і середнім) і ставлять вістря

точно на середину розмічальної риски (рис. 7.4). Спочатку нахилиють кернер вбік від себе і притискують до наміченої точки, потім швидко ставлять його вертикально, після чого по ньому наносять легкий удар молотком масою 100–200 г.

Для розмічальних робіт використовують оригінальний *молоток Гаврилова*. У розширеній частині головки цього молотка є круглий наскрізний отвір, у який на гумових амортизаційних кільцях уставлена чотирикратна лінза.

Розрізняють такі *способи розмічання*: *розмічання за шаблоном* — звичайно застосовують у разі виготовлення великих партій однакових за формою та розмірами деталей;

*розмічання за зразком* — відрізняється тим, що не потребує виготовлення шаблона. Цей спосіб широко застосовують під час ремонтних робіт, коли розміри знімають безпосередньо з деталі, що вийшла з ладу, і переносять на розмічуваний матеріал;

*розмічання за місцем* — частіше застосовують під час складання великих деталей. Одну деталь розмічають за іншою в такому положенні, у якому вони мають бути з'єднані;

Розрізняють такі *способи розмічання*: *розмічання за шаблоном* — звичайно застосовують у разі виготовлення великих партій однакових за формою та розмірами деталей;

*розмічання за зразком* — відрізняється тим, що не потребує виготовлення шаблона. Цей спосіб широко застосовують під час ремонтних робіт, коли розміри знімають безпосередньо з деталі, що вийшла з ладу, і переносять на розмічуваний матеріал;

*розмічання за місцем* — частіше застосовують під час складання великих деталей. Одну деталь розмічають за іншою в такому положенні, у якому вони мають бути з'єднані;

Розрізняють такі *способи розмічання*: *розмічання за шаблоном* — звичайно застосовують у разі виготовлення великих партій однакових за формою та розмірами деталей;

*розмічання за зразком* — відрізняється тим, що не потребує виготовлення шаблона. Цей спосіб широко застосовують під час ремонтних робіт, коли розміри знімають безпосередньо з деталі, що вийшла з ладу, і переносять на розмічуваний матеріал;

*розмічання за місцем* — частіше застосовують під час складання великих деталей. Одну деталь розмічають за іншою в такому положенні, у якому вони мають бути з'єднані;

*розмічання олівцем* — здійснюють за лінійкою на заготовках з алюмінію чи дюралюмінію. Заготовки з дюралюмінію не рекомендовано розмічати за допомогою рисувалки, бо під час нанесення рисок руйнується захисний шар і створюються умови для появи корозії;

*точне розмічання* — здійснюють за тими самими правилами, що й звичайне, але застосовують точніші вимірювальні й розмічальні інструменти.

### 7.3. Рубання металу

**Рубанням** називають слюсарну операцію, коли за допомогою різального (зубило, крейцмейсель, канавочник) та ударного (слюсарний молоток) інструментів з поверхні заготовки (деталі) видаляють зайвий шар металу або розрубують заготовку на частини. Перед рубанням заготовку закріплюють у лецатах. Великі заготовки рубують на плиті або ковадлі, а дуже великі — там, де вони розміщуються.

Залежно від призначення оброблюваної деталі рубання може бути чистовим або чорновим. За *чистового рубання* зубилом за один робочий хід знімають шар металу завтовшки від 0,5 до 1 мм, за *чорнового* — від 1,5 до 2 мм. Точність обробки, що досягається в процесі рубання, становить 0,4–1 мм.

*Різальна частина (лезо)* будь-якого різального інструмента — це клин (зубило, різець) або кілька клинів (ножівкове полотно, мітчик, плашка, фреза, напилок) із певними кутами різання. Що гостріший клин, тобто що менший кут, утворений його сторонами, то менше зусилля треба прикласти для його заглиблення в матеріал.

На заготовці, що обробляється, розрізняють оброблену й оброблювану поверхні, а також поверхню різання. *Оброблюваною поверхнею* називають ту, з якої знімається шар матеріалу (стружка), а *обробленою* — поверхню, з якої стружку знято. *Поверхня різання* — це поверхня, що оброблюється на заготовці безпосередньо головною різальною кромкою інструмента.

**Слюсарне зубило** (рис. 7.5, а) — це сталевий стрижень, виготовлений з інструментальної вуглецевої або легованої сталі марок У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ. Зубило складається з трьох частин: робочої 2, середньої 3 та ударної 4. Робоча частина має на кінці лезо 1, загострене під певним кутом.

*Кут загострення* вибирають залежно від твердості металу, який обробляється. Рекомендовані кути загострення зубила для рубання деяких матеріалів наведено в табл. 7.1 (с. 66).

Зубило виготовляють завдовжки 100, 125, 160 і 200 мм, ширина робочої частини відповідно дорівнює 5, 10, 16 і 20 мм. Робочу частину зубила загартовують і відпускають. Після термічної обробки твердість різальної кромки становить HRC<sub>e</sub> 53–59, а бойка — HRC<sub>e</sub> 35–45.

**Крейцмейсель** (рис. 7.5, б) відрізняється від зубила більш тонкою різальною кромкою. Він призначений для вирубування вузьких канавок, шпонкових пазів тощо.

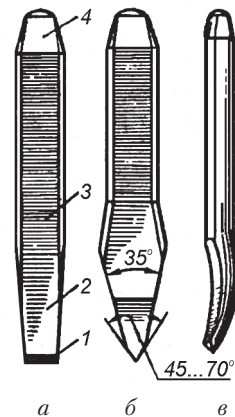


Рис. 7.5. Інструменти для рубання:

- а — зубило: 1 — лезо, 2–4 — робоча, середня, ударна частини;
- б — крейцмейсель;
- в — канавковий крейцмейсель

Для вирубування профільних канавок (напівкруглих, двограних та ін.) застосовують спеціальні **канавкові крейцмейселі** (рис. 7.5, в; с. 65). Вони відрізняються від крейцмейселя лише формою різальної кромки. Канавкові крейцмейселі виготовляють зі сталі марки У8А завдовжки 80, 100, 120, 150, 200, 300 і 350 мм із радіусом заокруглення 1; 1,5; 2; 2,5 і 3 мм.

Таблиця 7.1

### Рекомендовані кути загострення зубила

Матеріали	Кут загострення, ...°
Тверді матеріали (тверда сталь, бронза, чавун)	70
Матеріали середньої твердості (сталь)	60
М'які матеріали (латунь, мідь, титанові сплави)	45
Алюмінієві сплави	35

Загострювання зубил і крейцмейселів здійснюють на загострювальному верстаті. Кут загострення перевіряють **шаблоном** — пластинками з кутувими вирізами 70, 60, 45 і 35°.

Для розрубання металу зубило встановлюють вертикально й рубають плечовим ударом. Листовий метал завтовшки до 2 мм розрубують з одного удару, завчасно поклавши під нього підкладку з м'якої сталі. Листовий метал завтовшки понад 2 мм або штабовий матеріал надрубують приблизно на половину товщини з обох боків, а потім ламають або відбивають. Установлення зубила під час рубання в лещатах зображено на рис. 7.6.

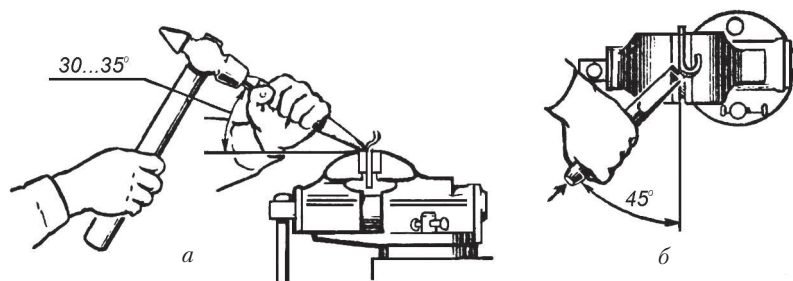


Рис. 7.6. Правильне встановлення зубила під час рубання в лещатах:

*a* — нахил зубила до оброблюваної поверхні; *б* — нахил зубила до поздовжньої осі

До ручних механізованих інструментів належать пневматичні й електричні рубальні молотки (див. рис. 4.40, с. 43).

## 7.4. Випрямлення та рихтування металу

**Випрямлення та рихтування** — це операції з випрямлення металу, заготовок і деталей, на яких є вм'ятини, випини, хвилястість, жолоблення, викривлення тощо.

Випрямлення виконують ручним способом (на сталевій або чавунній плиті, на ковадлі) і машинним (на правильних вальцях, пресах).

**Правильна плита** має бути масивною, з масою у 80–150 разів більшою за масу молотка. Правильні плити виготовляють зі сталі або сірого чавуну монолітними чи з ребрами жорсткості.

**Рихтувальні бабки** використовують для випрямлення (рихтування) загартованих деталей. Їх виготовляють зі сталі й загартовують. Робоча частина поверхні має бути циліндричною або сферичною радіусом 150–200 мм.

Для випрямлення застосовують молотки з круглими гладкополірованими бойками, бо молотки з квадратним бойком залишають забоїни (у формі квадратів або кутів).

Для випрямлення загартованих деталей (рихтування) використовують **молотки з радіусним бойком**.

Ефективні також рихтувальні молотки з твердосплавними пластинками.

**Молотки зі вставними бойками** з м'яких металів застосовують для випрямлення деталей з остаточно обробленою поверхнею та деталей або заготовок із кольорових металів і сплавів. Вставні бойки можуть бути мідними, свинцевими або дерев'яними.

**Киянки** (дерев'яні молотки з круглими або квадратними бойками) використовують для вирівнювання тонких металів (рис. 7.7, а).

**Гладилки** (дерев'яні чи металеві бруски) застосовують для випрямлення дуже тонкого листового чи штабового металу (рис. 7.7, б).

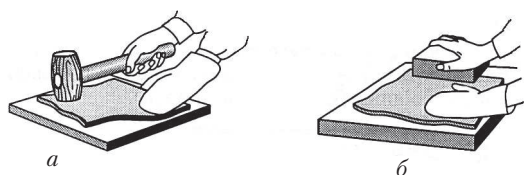


Рис. 7.7. Випрямлення тонких листів:  
а — киянкою; б — гладилкою

Кривизну деталей перевіряють на око або за зазором між плитою і покладеною на неї деталлю. Краї вигнутих місць позначають крейдою. Якщо опуклість усередині листа (рис. 7.8, а), удари молотком починають із найближчого краю опуклості, зменшуючи силу ударів до середини. Якщо ж краї листа хвилясті (рис. 7.8, б), то в середній частині наносять сильніші удари, а до країв силу ударів зменшують.

Перед випрямленням смугу металу розміщують на правильній плиті випнутістю догори так, щоб вона торкалася плити у двох точках. Удари наносять по випнутих частинах, регулюючи силу удару залежно від товщини смуги й розміру кривизни: що більше викривлення та товстіша смуга, то сильнішими мають бути удари. У міру випрямлення смуги силу ударів послаблюють і частіше перевертають смугу з одного боку на інший до повного випрямлення. Якщо випинів кілька, спочатку випрямляють найближчі до кінців, а потім — розміщені посередині.

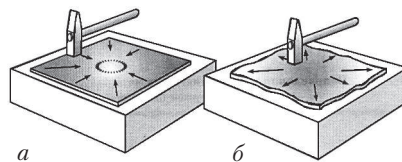


Рис. 7.8. Прийоми випрямлення листового матеріалу:  
а — усередині; б — по краях



Якщо потрібно випрямити пруток, його кладуть на плиту або ковадло так, щоб зігнута частина була випнутістю догори. Удари наносять по випнутій частині від країв згину до середини, регулюючи силу ударів залежно від діаметра прутка й величини згину.

## 7.5. Згинання металу

**Згинання** — це спосіб обробки металу, за якого заготовці або її частині надають зігнутої форми. Слюсарне згинання виконують молотками (краще з м'якими бойками) у лещатах, на плиті або за допомогою спеціальних пристроїв. Тонкий листовий метал згинають киянками. Вироби з дроту діаметром до 3 мм згинають плоскогубцями або круглогубцями.

Однак під час згинання потрібно, щоб заготовка після зняття навантаження зберегла надану їй форму, тому напруження згинання має перевищувати границю пружності.

У процесі згинання внутрішні шари заготовки стискаються та скорочуються, а зовнішні — розтягуються та подовжуються. Водночас середній шар заготовки (нейтральна лінія) не піддається ні стисненню, ні розтягненню. Його довжина до й після згинання залишається сталою.

Для **згинання деталей під прямим кутом** без заокруглень із внутрішнього боку припуск на загин беруть від 0,5 до 0,8 від товщини матеріалу. Додаючи довжину внутрішніх сторін кутника чи скоби, дістають довжину розгортки заготовки деталі.

Для **згинання профілів** тонких заготовок використовують опорні пристосування та оправки (рис. 7.9).

**Згинання труб у гарячому стані** застосовують, якщо їхній діаметр понад 100 мм. Під час гарячого згинання з наповнювачем трубу відпалюють і розмічають, а потім один кінець закривають дерев'яною чи металевою пробкою. Для уникнення вм'ятин, випинів і появи тріщин трубу наповнюють дрібним сухим піском, просіяним через сито з вічком 2 мм.

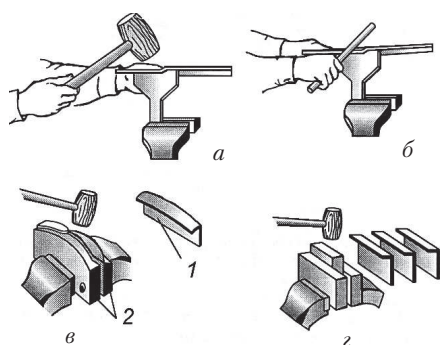


Рис. 7.9. Згинання профілів:

- a, б — на опорному пристосуванні;
- в, з — в оправках; 1 — готова деталь;
- 2 — оправка

**Згинання труб у холодному стані** виконують за допомогою різних пристроїв. Найпростішим пристроєм для згинання труб діаметром 10–15 мм є плита з отворами, у якій у відповідних місцях установлюють штирі, що слугують упорами під час згинання.

Труби невеликих діаметрів (до 40 мм) із великими радіусами кривизни згинають у холодному стані, застосовуючи прості ручні пристрої з нерухою оправкою.

Мідні труби згинають у холодному стані. Спочатку їх відпалюють за температури 600–700 °С і охолоджують у воді. Якщо мідні труби згинають у холодному стані, наповнювачем є каніфоль, а в нагрітому — пісок.

Латунні труби, які згинають у холодному стані, спочатку відпалюють за температури

+600–700 °С і охолоджують на повітрі. Наповнювач використовують той самий, що й для згинання мідних труб.

Дюралюмінієві труби перед згинанням відпалюють за температури +350–400 °С та охолоджують на повітрі.

Якщо згинання труб виконують із нагріванням струмами високої частоти, то згинання та охолодження відбуваються безперервно й послідовно в спеціальній високочастотній установці (подібній до) трубозгинальних верстатів.

## 7.6. Різання металу

**Різанням** називають відділення частини заготовок від сортового або листового металу.

Різання виконують як зі зняттям стружки, так і без зняття. Різання зі зняттям стружки здійснюють ручною ножівкою, на ножівкових, круглопилних і токарно-відрізних верстатах, а також може бути різання газове, дугове тощо. Без зняття стружки матеріали розрізують ручними важільними та механічними ножицями, гострозубцями, труборізами, прес-ножицями й у штампах.

**Звичайні ручні ножиці** (рис. 7.10) застосовують для різання сталевих листів завтовшки 0,5–1 мм і листів з кольорових металів завтовшки до 1,5 мм. Ручні ножиці виготовляють із прямими та кривими різальними лезами. За розміщенням різальної кромки лез ручні ножиці поділяють на *праві* й *ліві*.

Довжина ножиць становить 200, 250, 320, 360 і 400 мм, а різальної частини (від гострих кінців до шарніра) — відповідно 55–65, 70–82, 90–105, 100–120 і 110–130 мм.

Добре загострені й відрегульовані ножиці легко ріжуть папір середньої товщини.

Ножиці тримають правою рукою, охоплюючи рукоятки чотирма пальцями й притискаючи їх до долоні; мізинець розміщують між рукоятками. Стиснуті вказівний, безіменний та середній пальці розтискають, випрямляють мізинець і його зусиллям відводять рукоятку ножиць на потрібний кут.

**Ручні малогабаритні силові ножиці** (рис. 7.11) використовують для різання листового металу завтовшки до 2,5 мм і прутків діаметром до 8 мм.

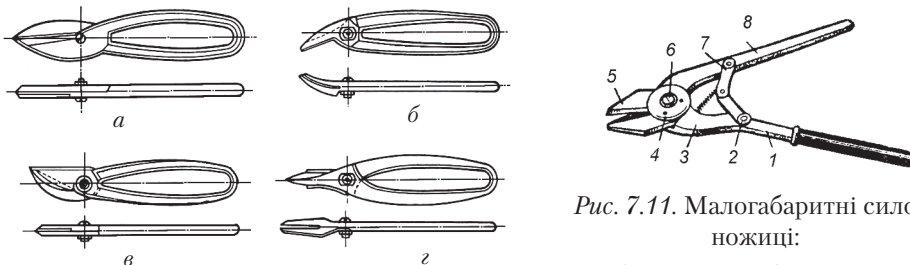


Рис. 7.10. Ручні ножиці для різання металу:

*a* — з прямими лезами;

*б, в* — з кривими лезами; *г* — пальчикові

Рис. 7.11. Малогабаритні силові ножиці:

1 — рукоятка; 2 — шарнір;

3 — важіль; 4 — диск; 5 — ніж;

6 — гвинт; 7 — двошарнірний ланцюг;

8 — рукоятка для закріплення в лещатах

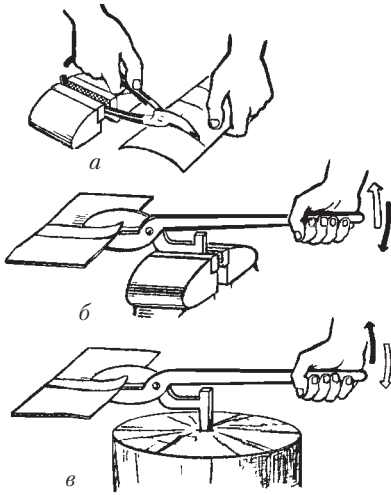


Рис. 7.12. Різання ручними стільцевими ножицями, закріпленими:  
а, б — у лещатах; в — на дерев'яній основі

**Стільцеві ножиці** застосовують для різання листового металу завтовшки до 3 мм. Нижню рукоятку закріплюють у лещатах або на дерев'яній основі (рис. 7.12).

**Важільні ножиці** (рис. 7.13) застосовують для різання листової сталі завтовшки до 4 мм, алюмінію та латуні — до 6 мм. Верхній, шарнірно закріплений ніж 3 приводиться в рух від важеля 2, нижній ніж 1 — нерухомий.

**Махові ножиці** (рис. 7.14) широко використовують для різання листового металу завтовшки 1,5–12,5 мм з границею міцності 450–500 МПа (сталь, дюралюміній тощо). Цими ножицями можна різати метал значної довжини. Махові ножиці мають чавунну станину 1 і стіл 2, у яких умонтовано нижній нерухомий ніж 8. Верхній рухомий ніж 5 із криволінійною різальною кромкою закріплено в ножедержачі 6 із противагою 7, яка врівноважує ножедержач із ножем.

**Ножиці з похилими ножами** (гільотинні) дають змогу різати листовий метал завтовшки до 32 мм, листи завдовжки 1000–32 000 мм, рідше — штабовий прокат, а також листові неметалеві матеріали.

Ручне різання зі зняттям стружки виконують ножівкою.

**Ручна ножівка (пила)** — інструмент для різання товстіших, ніж для різання ножицями, листів штабового, круглого та профільного металу, а також для прорізування шліців і пазів, обрізування та вирізування заготовок за контуром та інших робіт.

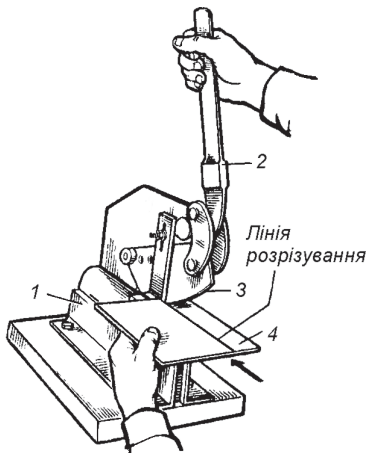


Рис. 7.13. Важільні ножиці:  
1 — нерухомий ніж; 2 — важіль;  
3 — рухомий ніж; 4 — лист

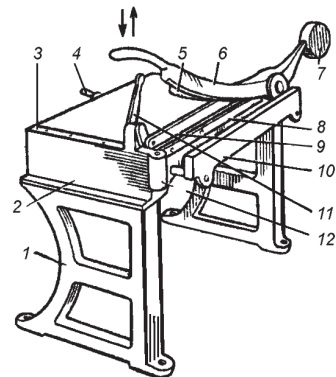


Рис. 7.14. Махові ножиці:

- 1 — чавунна станина; 2 — стіл; 3 — лист;  
4, 11 — рукоятки; 5 — рухомий ніж;  
6 — ножедержач; 7 — противага; 8 — нерухомий ніж;  
9 — притискальна планка; 10 — регульований упор;  
12 — пружинний упор

**Ручна слюсарна ножівка** (рис. 7.15, а) складається зі станка (рамки) 2 і ножівкового полотна 4. На одному кінці рамки є нерухома головка 5 із хвостовиком і рукояткою 6, а на іншому — рухома головка 3 з натяжним гвинтом і гайкою (баранцем) 1 для натягування полотна. У головках 5 і 3 є прорізи, у які вставляють ножівкове полотно й закріплюють його штифтами.

**Ножівкове полотно** — це тонка й вузька сталева пластина з двома отворами для закріплення; на одному з ребер вона має зуби. Полотна виготовляють зі сталі марок У10А та Х6ВФ, їхня твердість становить НРС<sub>с</sub> 61–64. Залежно від призначення, ножівкові полотна поділяють на *ручні* й *машинні*. Полотна встановлюють у рамку зубами вперед.

Для ручних ножівок застосовують ножівкові полотна, довжина яких становить 250–300 мм, висота 13 і 16 мм, товщина 0,65–0,8 мм.

Для різання металів використовують переважно ножівкові полотна з кроком, що дорівнює 1,3–1,6 мм, за якого на довжині 25 см налічується 17–20 зубів. Що товстіша заготовка, то більшими мають бути зуби й навпаки. Для різання металів різної твердості застосовують полотна з різною кількістю зубів: м'які метали — 16; сталь середньої твердості загартування — 19; чавун, інструментальна сталь — 22. Під час різання ручною ножівкою різати метал одночасно мають не менше двох-трьох зубів. Для уникнення заїдання (заклинювання) ножівкового полотна в металі зуби розводять.

**Розведення зубів**, залежно від значення кроку  $S$ , виконують по полотну або по зубу. Зуби ножівкових полотен, у яких  $S = 0,8$  мм, мають бути розведені по полотну (рис. 7.15, в), тобто кожен два суміжні зуби відгинають у протилежні боки на 0,25–0,6 мм. Таке розведення називають *хвилястим*; воно допускається і коли  $S = 1$  мм. Розведення виконують на висоті, що не перевищує подвоєну висоту зуба. Крок розведення беруть  $8S$ .

Полотна, у яких  $S > 0,8$  мм, розводять по зубу (рис. 7.15, б). Таке розведення називають *гофрованим*. Якщо крок зубів малий, два-три зуби відводять праворуч і два-три — ліворуч. Якщо крок середній — один зуб відводять ліворуч, другий праворуч, третій не відводять. Якщо крок зубів великий, то один зуб відводять ліворуч, а інший — праворуч. Звичайно розведення по зубу застосовують для ножівкових полотен із кроком зубів 1,25 або 1,6 мм.

Розведення ножівкового полотна має завершуватися за 30 мм від торця.

У процесі різання здійснюється два **ходи робочий**, коли ножівку переміщують уперед від працюючого, і **холостий**, коли ножівку переміщують назад, у напрямку до працюючого. За холостого ходу на ножівку не натискають, унаслідок чого зуби лише ковзають; за робочого ходу обома руками створюють легке натискання так, щоб ножівка рухалася прямолінійно. Розміщення корпусу, ніг і рук під час різання ножівкою показано на рис. 7.16 (с. 72).

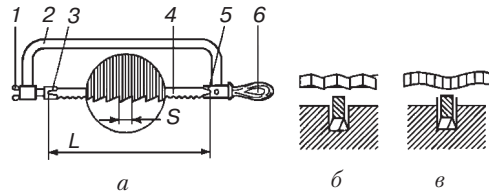


Рис. 7.15. Ручна ножівка:

а — загальний вигляд; б — розведення ножівкового полотна по зубу; в — розведення по полотну; 1 — гайка; 2 — станок; 3 — рухома головка; 4 — ножівкове полотно; 5 — нерухома головка; 6 — рукоятка;  $L$ ,  $S$  — довжина та крок ножівкового полотна

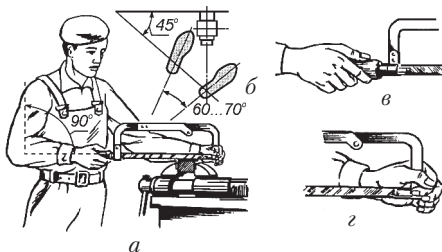


Рис. 7.16. Прийоми різання ножівкою:

*a* – розміщення корпусу й ножівки;  
*б* – розміщення ніг; *в* – розміщення правої руки; *г* – розміщення лівої руки

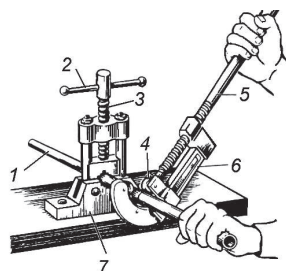


Рис. 7.17. Різання труби труборізом:

1 – труба; 2 – рукоятка;  
 3 – гвинт; 4 – рухомий ролик; 5 – рукоятка труборіза; 6 – труборіз; 7 – притискач

*Під час роботи ножівкою потрібно дотримуватися таких правил:*

- короткі заготовки різуть по найширшому боці;
- під час різання прокату кутового, таврового та швелерного профілів краще перемістити заготовку, ніж різати по вузькому боці;
- у роботі має використовуватись усе ножівкове полотно;
- працювати ножівкою треба не поспішаючи, плавно, без ривків, роблячи не більше 30–60 подвійних ходів на хвилину (сталь тверда – 30–40, сталь середньої твердості – 40–50 і м'яка сталь – 50–60);
- за швидших темпів швидше настає втома, і, крім того, ножівкове полотно нагрівається та швидко затупляється.

Для різання труб використовують **труборізи** (рис. 7.17), які виготовляють трьох розмірів: № 1 – для різання труб діаметром  $1/4 - 3/4$ "; № 2 –  $1 - 2 1/2$ "; № 3 –  $3 - 4$ ".

**Абразивне різання** застосовують для різання матеріалів найрізноманітнішого профілю розміром  $200 \times 200$  мм і труб діаметром до 600 мм.

Абразивні диски виготовляють з електрокорунду, карбіду кремнію та алмазу. Середній час абразивного різання залежить від діаметра заготовки (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

### Залежність часу різання від діаметра заготовки

Діаметр заготовки, мм	10	20	30	40	50	60
Час різання, с	1	2	3–4	4–5	6–8	9–12

## 7.7. Обпилювання металу

**Обпилюванням** називають операцію з обробки металів та інших матеріалів зняттям незначного шару напилками вручну або на обпилювальних верстатах.

За допомогою напилків обробляють площини, криволінійні поверхні, пази, канавки, отвори будь-якої форми й поверхні, розміщені під різними кутами, тощо. Припуски на обпилювання залишають невеликими – від 0,5 до 0,25 мм. Точність обробки обпилюванням становить 0,2–0,05 мм (іноді – до 0,001 мм).

**Напилки** – це сталевий брусок певного профілю і довжини, на поверхні якого є насічки, що утворюють западини, і гостро заточені зубці, які в перерізі мають

форму клина. Напилки виготовляють зі сталі марки У10А або У13А (допускається легована хромиста сталь ШХ15 або 13Х), які після насичення піддають термічній обробці.

Розрізняють напилки з одинарною (простою), подвійною (перехресною), точковою (рашпільною) і дуговою насічками.

**Напилки з одинарною насічкою** (рис. 7.18, а) можуть знімати широку стружку всією насічкою. Їх застосовують для обпилювання м'яких металів, сплавів (латуні, цинку, бабіту, свинцю, алюмінію, бронзи, міді тощо) з незначним опором різанню, а також неметалевих матеріалів. Крім того, ці напилки використовують для загострення пил, ножів і для обробки деревини. Одинарну насічку наносять під кутом  $\lambda = 25^\circ$  до осі напилка.

**Напилки з подвійною (перехресною) насічкою** (рис. 7.18, б) застосовують для обпилювання сталі, чавуну й інших твердих матеріалів із великим опором різанню. У напилках із подвійною насічкою спочатку під кутом  $\lambda = 25^\circ$  насікають нижню глибоку насічку (основну), а поверх неї під кутом  $\omega = 45^\circ$  — верхню неглибоку (допоміжну), що розрубє основну насічку на велику кількість окремих зубців. Перехресна насічка більше подрібнює стружку, що полегшує роботу.

**Напилки з рашпільною (точковою) насічкою** (рис. 7.18, в), або **рашпільі**, застосовують для обробки дуже м'яких металів (свинцю, олова, міді тощо) і неметалевих матеріалів (шкіри, гуми, деревини, пластичної маси), коли звичайні напилки непридатні через те, що їхня насічка швидко забивається стружкою і вони перестають різати.

**Напилки з дуговою насічкою** (рис. 7.18, г) застосовують для обробки м'яких металів (міді, дюралюмінію тощо). Дугову насічку одержують фрезеруванням. Вона має великі западини між зубцями й дугоподібну форму, що забезпечує високу продуктивність і підвищує якість оброблюваних поверхонь.

За кількістю  $n$  насічок (зубців), які припадають на 10 мм довжини, напилки поділяють на шість класів, а насічки мають номери 0, 1, 2, 3, 4 і 5.

До першого класу належать напилки з насічками № 0 та 1 ( $n = 4-12$ ). Їх називають **драчовими**. Вони мають найбільші зубці й слугують для грубого обпилювання.

До другого класу належать напилки з насічками № 2 і 3 ( $n = 13-24$ ). Їх називають **личкувальними** й застосовують для чистового обпилювання.

До третього, четвертого, п'ятого та шостого класів належать напилки з насічками № 4 і 5 ( $n = 28$ ). Їх називають **бархатними** й застосовують для остаточної обробки й доведення поверхонь.

Напилки поділяють на такі **типи**:

**плоскі** (рис. 7.19, а; с. 74) і **плоскі гостроносі** (рис. 7.19, б; с. 74) — застосовують для обпилювання зовнішніх або внутрішніх плоских поверхонь, а також пропилювання шліців і канавок;

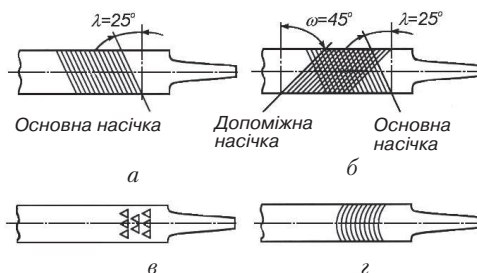


Рис. 7.18. Види насічок напилків:

а — одинарна; б — подвійна; в — рашпільна; г — дугова



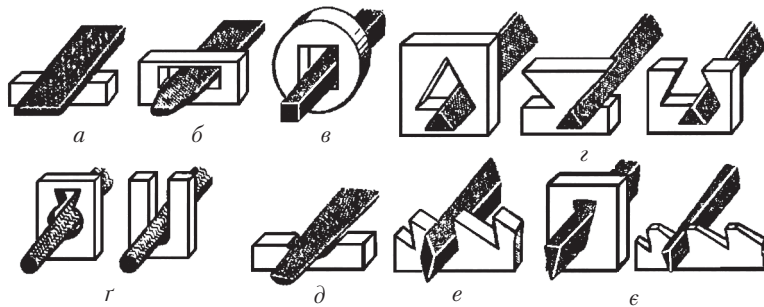


Рис. 7.19. Типи напилків:

*a* – плоский; *б* – плоский гостроносий; *в* – квадратний; *г* – тригранні;  
*г* – круглі; *д* – напівкруглий; *е* – ромбічний; *е* – ножівкові

*квадратні* (рис. 7.19, *в*) – застосовують для розпилювання квадратних, прямокутних і багатокутних отворів, а також для обпилювання вузьких плоских поверхонь;

*тригранні* (рис. 7.19, *г*) – використовують для обпилювання гострих кутів, які становлять  $60^\circ$  і більше, як із зовнішнього боку деталі, так і в пазах, отворах і канавках, а також для загострення пил по дереву;

*круглі* (рис. 7.19, *г*) – використовують для розпилювання круглих або овальних отворів і вигнутих поверхонь невеликого радіуса;

*напівкруглі* (рис. 7.19, *д*) із сегментним перерізом – застосовують для обробки вигнутих криволінійних поверхонь великого радіуса й великих отворів (випнутото боку), а також площин, випнутих криволінійних поверхонь і кутів понад  $30^\circ$  (плоским боком);

*ромбічні* (рис. 7.19, *е*) – застосовують для обпилювання зубів зубчастих коліс, дисків і зірочок, для зняття задирок із цих деталей після обробки їх на верстатах, а також обпилювання кутів понад  $15^\circ$  і пазів;

*ножівкові* (рис. 7.19, *е*) – слугують для обпилювання внутрішніх кутів, клиноподібних канавок, вузьких пазів, площин у тригранних, квадратних і прямокутних отворах, а також для виготовлення різальних інструментів і штампів.

**Таровані напилки** застосовують у всіх випадках, коли потрібно перевіряти твердість у малодоступних для алмазного наконечника приладу частинах виробу (бічний профіль зуба зубчастого колеса, різальні леза фрези тощо) і безпосередньо в цеху біля робочого місця терміста. Напилки тарують на певну твердість залежно від твердості виробу. Вони відрізняються від відповідних нормалізованих напилків підвищеною та стабільною якістю.

**Алмазні напилки** застосовують для обробки та доведення твердосплавних частин інструмента та штампів. *Алмазний напилочок* – це металевий стрижень із перерізом потрібного профілю та робочою поверхнею, на яку нанесено тонкий алмазний шар. Алмазне покриття на робочій частині виготовляють різної зернистості для попереднього й остаточного доведення.

**Надфілі** – невеликі напилки, які застосовують для лекальних і граверних робіт, а також для зачищення у важкодоступних місцях (отворах, кутах, коротких ділянках профілів тощо). Алмазні надфілі застосовують для обробки твер-

досплавних матеріалів, кераміки різних видів і скла, а також для доведення різального твердосплавного інструмента.

**Оберткові напилки** (борнапилки, дискові та пластичні) застосовують для обпилювання й зачищення поверхонь на спеціальних обпилювальних верстатах.

**Борнапилки** — це фасонні головки з насічками або фрезерованими зубцями. Їх виготовляють суцільними (з хвостовиками) і насадними (накручують на оправку). Борнапилки мають кутову, кулясту, циліндричну, фасонну й інші форми. Ними обробляють фасонні поверхні.

**Дискові напилки** (див. рис. 4.43; с. 44) застосовують для зачищення відливків, поковок, зняття задилок на заточувальному верстаті. Диски виготовляють діаметром 150–200 мм, завтовшки 10–20 мм. Зубці — фрезеровані або насічені. Диски закріплюють за допомогою спеціального пристрою.

*Під час роботи з напилками потрібно дотримуватися таких правил:*

- оберігати напилки від ударів, які можуть пошкодити зубці;
- зберігати напилки на дерев'яних підставках;
- оберігати напилки від забруднення мастилом і наждачним пилом;
- для захисту від забивання стружкою м'яких і в'язких металів напилки перед роботою натирати крейдою;
- періодично очищати напилки від стружки: час від часу постукувати носком напилка об верстак для очищення його від ошурків.

Напилки очищають кордовою щіткою. Замашені напилки чистять спочатку шматком березового вугілля (уздовж рядів насічки), а потім щіткою. Дуже замашені напилки миють у гасі або бензині.

Для обпилювання плоских поверхонь використовують плоскі напилки — драчовий і личкувальний. Спочатку обпилюють одну широку поверхню (вона є базою, тобто вихідною поверхнею для подальшої обробки), потім другу, паралельно першій, і т. д.

Щоб обпилювання було якісним, прагнуть забезпечити горизонтальне розміщення поверхні, яку обпилюють. Обпилювання здійснюють перехресними штрихами. Паралельність сторін перевіряють штангенциркулем, а якість обпилювання — лінійкою в різних положеннях (уздовж, уперек, по діагоналі).

Обпилювання поверхонь кутників, розміщених під прямим кутом, пов'язане з підгінкою внутрішнього кута, що зумовлює певні труднощі. Обравши одну з поверхонь за базову (зазвичай обирають більшу), обпилюють її начисто, а потім обробляють іншу поверхню під прямим кутом до базової.

## 7.8. Свердління

**Свердління** — це утворення отворів у суцільному матеріалі зняттям стружки за допомогою різального інструмента — свердла, якому надають обертового та поступального руху відносно його осі.

**Розсвердлюванням** називають збільшення розміру отвору в суцільному матеріалі, який утворився внаслідок лиття, штампування, кування тощо.

Свердлінням і розсвердлюванням можна зробити отвори з точністю до 10-го, а в окремих випадках — до 11-го квалітету та шорсткістю поверхні  $R_z$  320–80. Коли потрібна вища якість поверхні отвору, його (після свердління) додатково зенкерують і розвертають.

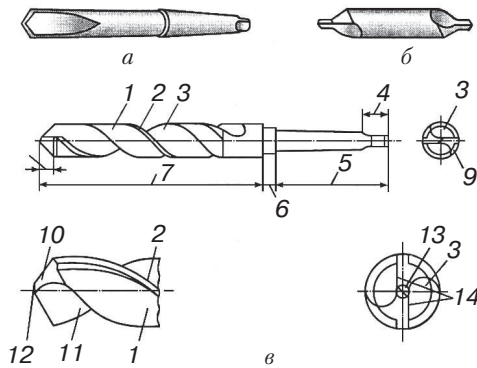


Рис. 7.20. Свердла:

*a* – перове; *б* – центрувальне; *в* – спіральне; 1 – спинка зуба; 2 – стрічка; 3 – канавка; 4 – лапка; 5 – хвостовик; 6 – шийка; 7 – робоча частина; 8 – різальна частина; 9 – зуб; 10 – задня частина; 11 – передня поверхня; 12 – перемичка; 13 – серцевина; 14 – різальна кромка

**Свердла** бувають різних видів (рис. 7.20). Їх виготовляють із швидкорізальних, легованих і вуглецевих сталей, а також оснащують твердосплавними пластинками.

Кут загострення свердла вибирають залежно від твердості матеріалу, що обробляється (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

**Залежність кута загострення свердла від твердості матеріалу, що обробляється**

Матеріали	Кут загострення, ...°
Чавун, сталь	116–118
Сталеві поковки, загартована сталь	125
Латунь, м'яка бронза	130–140
Алюмінієві сплави	35
М'яка мідь	125
Алюміній, бабіт	130–140
Силумін	90–100
Магнієві сплави	110–120
Ебоніт, целулоїд	80–90
Мармур та інші крихкі матеріали	90–100
Органічне скло	70
Пластмаси	50–60

**Свердла з гвинтовими канавками** забезпечують значно кращий вихід стружки з отворів, особливо під час свердління в'язких металів. Цього досягають завдяки тому, що на довжині 1,5–2,0 діаметра свердла канавка пряма, а далі, до хвостової частини свердла, – гвинтова.

**Свердла з прямими канавками** застосовують для свердління отворів у крихких металах. Вони простіші у виготовленні, але для свердління глибоких отворів ці свердла застосовувати не можна, бо затрудняється вихід стружки з отвору.

**Свердла зі скісними канавками** застосовують для свердління неглибоких отворів, бо довжина канавок у них дуже мала, тобто не забезпечує виходу стружки.

**Свердла з отворами для підведення охолоджувальної рідини** до різальних кромок використовують для свердління глибоких отворів у несприятливих умовах.

**Твердосплавні свердла** застосовують для свердління чавуну, загартованої сталі, скла, мармуру й інших твердих матеріалів. Такі свердла мають меншу довжину робочої частини, більший діаметр серцевини й менший кут нахилу гвинтової канавки. Корпус твердосплавних свердел виготовляють із сталей марок Р6М5, Р9, 9ХС, 45ХС та оснащують пластинками з твердих сплавів типу ВК. У свердлах прорізають паз під твердосплавну пластинку та закріплюють її мідним або латунним припоєм. **Твердосплавні монолітні свердла** призначені для обробки жароміцних сталей.

**Комбіновані свердла** (свердло-зенківка, свердло-розвертка, свердло-мітчик) застосовують для одночасного свердління та зенкування, свердління та розвірчування або свердління та нарізування різьби.

**Центрувальні свердла** використовують для виготовлення центрових отворів у різних заготовках. Їх роблять без запобіжного конуса або з ним.

**Перові свердла** найпростіші у виготовленні. Їх застосовують для свердління невідповідальних отворів діаметром до 25 мм (переважно ступінчастих і фасонних отворів у твердих поковках і виливках). Свердління перовими свердлами, як правило, здійснюють тріскачками та ручними дрелями.

Свердління найчастіше виконують на свердлильних верстатах. Коли деталь неможливо встановити на верстат або коли отвори розміщені у важкодоступних місцях, їх свердлять за допомогою коловоротів (див. рис. 4.32, *r*; с. 35), тріскачок, дрелів, ручних електричних і пневматичних свердлильних машин.

**Тріскачку** (рис. 7.21) застосовують для ручного свердління отворів великих діаметрів (до 30 мм), а також для свердління отворів у незручних місцях, коли не можна використати свердлильний верстат, електричну або пневматичну свердлильну машину.

**Ручний дріль** (рис. 7.22; с. 78) застосовують для свердління отворів діаметром до 10 мм.

**Ручні свердлильні електричні машини** застосовують під час монтажних, складальних і ремонтних робіт для свердління та розвертання отворів. Вони бувають трьох типів: легкі, середні (рис. 7.23; с. 78) і важкі (рис. 7.24; с. 98).

**Настільний вертикально-свердлильний верстат** (рис. 7.25; с. 79) призначений для свердління отворів діаметром до 12 мм у невеликих деталях.

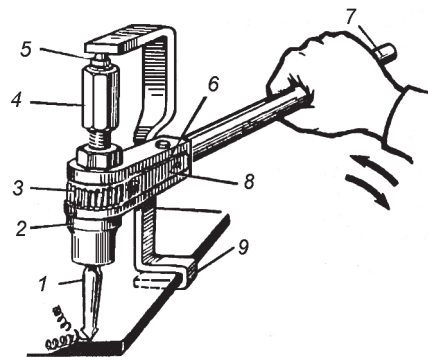


Рис. 7.21. Тріскачка:

- 1 — свердло; 2 — шпindelь;
- 3 — храпове колесо; 4 — довга гайка;
- 5 — центр; 6 — вилка;
- 7 — рукоятка; 8 — собачка; 9 — скоба

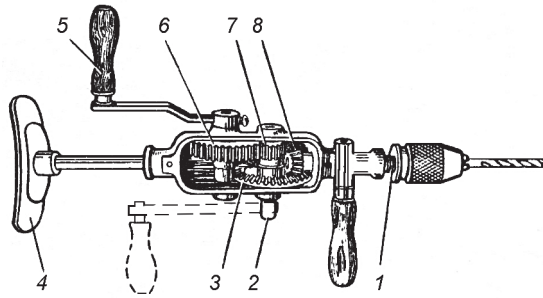


Рис. 7.22. Ручний дріль:

1 – шпindelь; 2 – вал; 3, 6, 7, 8 – зубчасті колеса; 4 – упор; 5 – рукоятка

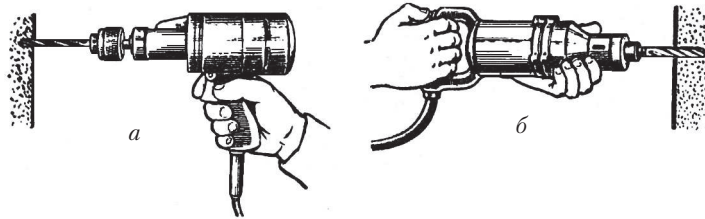


Рис. 7.23. Ручні свердлильні машини:

а – легкого типу; б – середнього типу

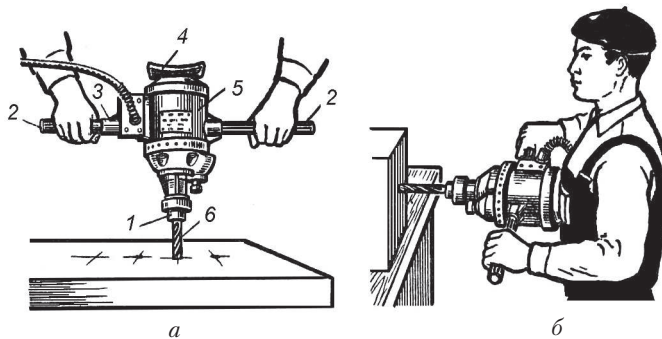


Рис. 7.24. Ручна свердлильна машина важкого типу:

а – вертикальне свердління; б – горизонтальне свердління; 1 – шпindelь; 2 – рукоятки; 3 – вимикач; 4 – упор; 5 – електродвигун; 6 – свердло

**Універсальний вертикально-свердлильний верстат** (рис. 7.26) використовують для свердління отворів, розсвердлювання та нарізання різьб.

Кріплення свердел, розверток, зенкерів і зенківок на свердлильних верстатах залежно від форми хвостовика здійснюють трьома способами: безпосередньо в кінчному отворі шпинделя (рис. 7.27, а), у перехідних кінчних втулках (рис. 7.27, б, в) і у свердлильному патроні (рис. 7.28–7.30; с. 80).

Швидкість різання, подача та глибина становлять режим різання. *Швидкість різання* – це шлях, який проходить у напрямку головного руху найвіддаленіша від осі інструмента точка різальної кромки за одиницю часу.

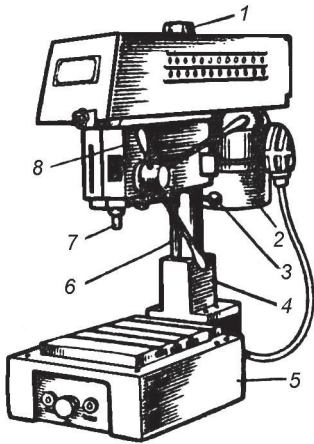


Рис. 7.25. Настільний вертикально-свердильний верстат:

- 1 – колона; 2 – привід;
- 3 – механізм підйому шпиндельної бабки та шпинделя;
- 4 – кронштейн; 5 – стіл;
- 6 – рукоятка ручної подачі;
- 7 – шпиндель;
- 8 – шпиндельна бабка

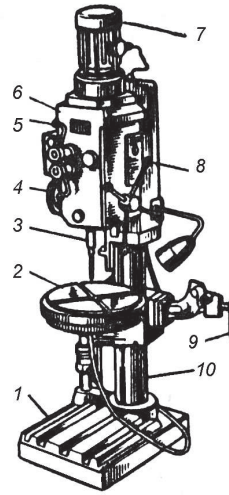


Рис. 7.26. Універсальний вертикально-свердильний верстат:

- 1 – фундаментна плита; 2 – стіл;
- 3 – шпиндель; 4, 5 – рукоятки;
- 6 – шпиндельна бабка; 7 – електродвигун;
- 8 – рукоятка переміщення шпинделя;
- 9 – рукоятка переміщення стола;
- 10 – колона

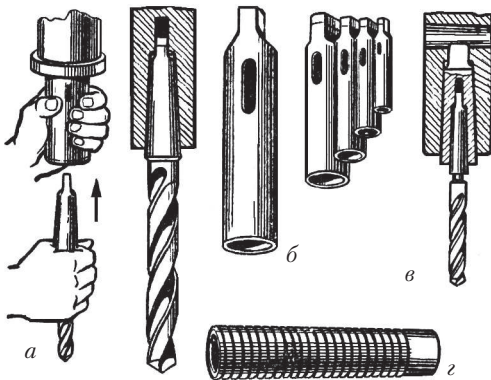


Рис. 7.27. Кріплення свердел:

- а – у шпинделі верстата; б – перехідні конічні втулки; в – кріплення за допомогою перехідних конічних втулок;
- г – перехідна втулка з пружинного дроту

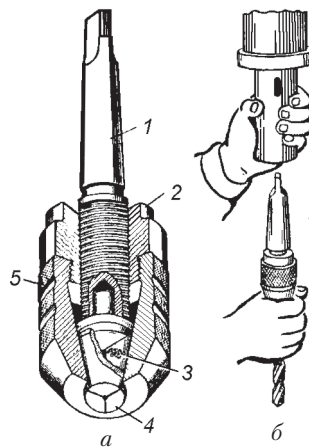


Рис. 7.28. Трикулачковий самоцентруючий патрон:

- а – конструкція; б – установлення; 1 – хвостовик;
- 2 – втулка; 3 – пружина;
- 4 – кулачки; 5 – корпус



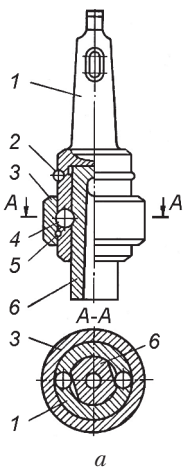


Рис. 7.29. Швидкознімний патрон:  
*a* – будова; *б* – схема заміни інструмента;  
 1 – хвостовик; 2 – пружинне кільце;  
 3 – обойма; 4 – кульки (дві);  
 5 – обмежувальне кільце; 6 – втулка

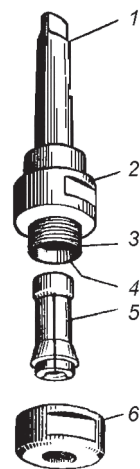


Рис. 7.30. Цанговий патрон:  
 1 – хвостовик; 2 – корпус;  
 3 – різьбова частина; 4 – конічний отвір;  
 5 – затискна цанга; 6 – гайка

Якщо відомі частота обертання свердла та його діаметр, швидкість різання визначають за формулою

$$v = \pi D n / 1000,$$

де  $v$  – швидкість різання,  $m/хв$ ;

$\pi$  – стале число, яке дорівнює 3,14;

$D$  – діаметр свердла,  $mm$ ;

$n$  – частота обертання свердла,  $об/хв$ .

Подача  $S$  (рис. 7.31, *a*) – це переміщення свердла вздовж осі за один його оберт або за один оберт заготовки (якщо обертається заготовка, а свердло здійснює поступальний рух). Одиницею подачі є міліметр на оберт ( $mm/об$ ).

Правильний вибір подачі має велике значення для збільшення стійкості інструмента. Потрібно працювати з більшою подачею і меншою швидкістю різання, бо в такому разі свердло спрацьовується повільніше.

Глибина різання  $t$  (рис. 7.31, *б*) – це відстань від обробленої поверхні до осі свердла, тобто радіус свердла. Глибину різання визначають у міліметрах за формулою  $t = D/2$ .

У разі розсвердлювання глибину різання  $t$  визначають як половину різниці між діаметром  $D$  свердла та діаметром  $d$  отвору, який було оброблено раніше, тобто  $t = (D - d)/2$ .

Для визначення частоти обертання шпинделя за певною швидкістю різання та діаметром свердла можна використати графік (рис. 7.31, *в*).

У процесі свердління розрізняють *наскрізні*, *глухі* й *неповні отвори*.

Свердління глухих отворів на задану глибину здійснюють за втулочним упором на свердлі або вимірjuвальній лінійці, закріпленій на верстаті.

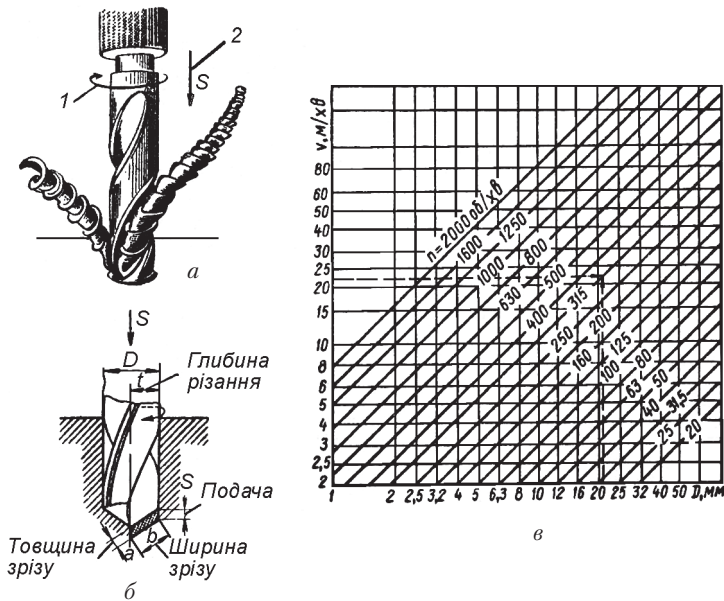


Рис. 7.31. Режими свердління:

*a* — рухи інструмента під час свердління; *b* — елементи різання; *v* — графік визначення частоти обертання інструмента за певною швидкістю різання та діаметром свердла; *1* — напрямок обертання свердла; *a* — товщина зрізу; *b* — ширина зрізу

## 7.9. Зенкерування, зенкування та розвертання отворів

Після утворення отворів свердлінням (рис. 7.32, *a*) або іншим способом для одержання точних розмірів, високої якості поверхні й потайних заглиблень виконують зенкерування, зенкування та розвертання.

**Зенкеруванням** (рис. 7.32, *б*) називають процес обробки зенкерами циліндричних і конічних необроблених отворів у деталях, виготовлених литвом, куванням і штампуванням, або отворів, попередньо просвердлених, для збільшення їхнього діаметра, підвищення якості поверхні й точності (зменшення конусності, овальності).

Зенкерування забезпечує точність обробки отворів у межах 8–13-го квалітетів, шорсткості обробленої поверхні  $R_a 10-2,5$ .

Зенкерування виконують інструментом, що має назву **зенкер**. Його, як і свердло, закріплюють у конічному отворі шпинделя верстата.

За зовнішнім виглядом суцільний зенкер подібний до свердла та складається з тих самих основних елементів, але має більше різальних кромки (три-чотири) і спіральних канавок. Три-чотири різальні кромки (зенке-

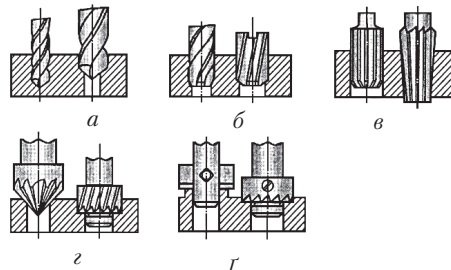


Рис. 7.32. Види обробки отворів:

*a* — свердління; *б* — зенкерування; *в* — розвертання; *г* — зенкування; *г* — цекування

ри називають відповідно *три-* й *чотирперими*) краще центрують інструмент в отворі й надають йому більшої жорсткості, що забезпечує високу точність. Зенкер складається з робочої частини, шийки, хвостовика й лапки. Зенкери виготовляють із швидкорізальної сталі. Вони бувають двох типів — суцільні з конічним хвостовиком і насадні. Їх застосовують відповідно для попередньої та остаточної обробки отворів.

**Суцільні зенкери з конічним хвостовиком** виготовляють діаметром 10–40 мм, з робочою частиною завдовжки 80–200 мм і трьома зубами.

**Насадні зенкери** виготовляють діаметром 32–80 мм, з робочою частиною завдовжки 0–18 мм і чотирма зубами.

**Насадні зенкери з напаяними твердосплавними пластинками** застосовують для обробки отворів діаметром 34–80 мм. Їх виготовляють завдовжки 40–65 мм, із кількістю зубів не менше чотирьох. Насадні зенкери з'єднують з оправкою за допомогою виступу на оправці та вирізу на торці зенкера.

**Зенкування** (рис. 7.32, г) — це процес обробки спеціальним інструментом циліндричних або конічних заглиблень і фасок просвердлених отворів під головки болтів, гвинтів і заклепок.

Інструментом для зенкування є **зенківки**. Основна особливість зенківок порівняно із зенкерами — наявність зубів на торці й напрямних цапф, якими зенківки вводять у просвердлений отвір. За формою різальної частини зенківки поділяють на *циліндричні*, *конічні* й *торцеві*, які називають **цеківками** (рис. 7.32, г).

**Розвертання** (рис. 7.32, в) — це процес чистової обробки отворів, який забезпечує точність за 7–9-м квалітетами та шорсткість поверхні  $R_a 1,25-0,63$ .

Інструментом для розвертання є **розвертки**. Розвертання отворів здійснюють на свердильних і токарних верстатах або вручну. Розвертки, які застосовують для ручного розвертання, називають *ручними*, а для розвертання на верстатах — *машинними*.

**Ручні циліндричні розвертки** застосовують для розвертання отворів діаметром 3–60 мм. За ступенем точності їх поділяють за номерами 1, 2 і 3.

**Машинні розвертки із циліндричним хвостовиком** виготовляють трьох типів: I, II і III. Розвертки застосовують для обробки отворів за 6–8-м квалітетами й виготовляють діаметром 3–50 мм. Їх закріплюють у самоцентруючих патронах верстатів.

**Машинні розвертки з конічним хвостовиком** типу II виготовляють діаметром 10–18 мм з коротшою робочою частиною. Ці розвертки закріплюють безпосередньо у шпинделі верстата.

**Машинні насадні розвертки** типу III виготовляють діаметром 25–50 мм. Цими розвертками оброблюють отвори за 5–6-м квалітетами.

**Машинні розвертки з квадратною головкою** виготовляють діаметром 10–32 мм. Їх використовують для обробки отворів за 6–7-м квалітетами й закріплюють у патронах, що допускають погойдування та самоцентрування розверток в отворах.

**Насадні розвертки зі вставними ножами** типу I мають те саме призначення, що й розвертки з квадратною головкою. Їх виготовляють діаметром 25–100 мм.

**Машинні розвертки, оснащені пластинками з твердого сплаву** марки T15K6, слугують для обробки отворів великих діаметрів з великою швидкістю та високою точністю.

Крім розглянутих, широко застосовують і інші розвертки, що підвищують точність та якість обробки отворів.

**Розсувні (регульовані) машинні розвертки** застосовують для розвертання отворів діаметром 24–80 мм. Вони допускають збільшення діаметра на 0,25–0,5 мм.

Розвертання завжди передує свердління або зенкерування отворів. Розмір свердла або зенкера, якими отвір обробляли перед розвертанням, добирають так, щоб на чорнове розвертання залишався припуск 0,25–0,5 мм, а на чистове — 0,05–0,015 мм.

## 7.10. Нарізання різьби

**Нарізання різьби** — це операція утворення різьби методом зняття стружки (а також пластичним деформуванням) на зовнішніх або внутрішніх поверхнях заготовок деталей.

Різьба буває зовнішньою та внутрішньою. Деталь (стрижень) із зовнішньою різьбою називають *гвинтом*, а з внутрішньою — *гайкою*. Різьби виготовляють на верстатах і вручну. У будь-якої різьби розрізняють такі основні елементи: профіль, кут і висота профілю, крок, а також зовнішній, середній та внутрішній діаметри.

**Профіль різьби** (рис. 7.33) розглядають у перерізі, що проходить через вісь болта або гайки. **Ниткою** (*витком*) називають частину різьби, утворену за одного повного оберту профілю.

**Кут  $\alpha$  профілю** — це кут між боковими сторонами (гранями) профілю різьби, який вимірюється в площині, що проходить через вісь болта. У метричній різьбі цей кут дорівнює  $60^\circ$ , у дюймовій —  $55^\circ$ .

**Висота (глибина) різьби  $H_1$  профілю** — це відстань від вершини різьби до основи профілю, що вимірюється перпендикулярно до осі болта.

**Крок різьби  $P$**  — відстань між паралельними сторонами або вершинами двох, розміщених поруч витків, яку вимірюють уздовж осі різьби. У метричній різьбі крок виражають у міліметрах, а дюймову різьбу характеризують кількістю ниток (витків) на одному дюймі.

**Зовнішній діаметр різьби  $d$**  — діаметр циліндра, описаного навколо різьбової поверхні. Зовнішній діаметр вимірюють у болтів за вершинами профілю різьби, а в гайок — за западинами.

**Внутрішній діаметр різьби  $d_1$**  — діаметр циліндра, вписаного в різьбову поверхню. Внутрішній діаметр вимірюють у болтів — за западинами, у гайок — за вершинами профілю різьби.

**Середній діаметр різьби  $d_2$**  — діаметр збіжного з різьбою циліндра, твірні якого поділяються боковими сторонами профілю на рівні відрізки.

Профіль різьби залежить від форми різальної частини інструмента, за допомогою якого проводять нарізання різьби.

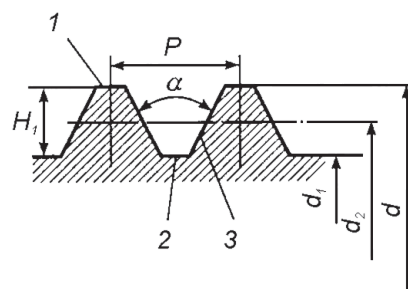


Рис. 7.33. Профіль різьби:

$H_1$  — висота різьби профілю;  
 $P$  — крок різьби;  $d$  — зовнішній діаметр різьби;  $d_1$  — внутрішній діаметр різьби;  $d_2$  — середній діаметр різьби;  $\alpha$  — кут профілю;  
1 — вершина; 2 — основа;  
3 — профіль

Найчастіше застосовують **циліндричну трикутну різьбу** (рис. 7.34, а), яку називають *кріпильною*, бо її нарізають на кріпильних деталях, зокрема на шпильках, болтах і гайках.

**Конічні трикутні різьби** дають змогу отримати щільне з'єднання. Такі різьби є на конічних пробках, інколи — у маслянках.

**Прямокутна різьба** (рис. 7.34, б) має прямокутний (квадратний) профіль. Вона не стандартизована, складна у виготовленні й неміцна; її застосовують рідко.

**Трапецеїдальна стрічкова різьба** (рис. 7.34, в) має переріз у формі трапеції з кутом профілю  $30^\circ$ . Коефіцієнт тертя в неї малий, тому її застосовують для передавання рухів або великих зусиль у металообробних верстатах (ходові гвинти), домкратах, пресах тощо. Витки цієї різьби мають великий переріз в основі, що забезпечує їй високу міцність і зручність під час нарізання. Основні елементи трапецеїдальної різьби стандартизовані.

**Упорна різьба** (рис. 7.34, з) має профіль у формі нерівнобічної трапеції з переднім кутом  $3^\circ$  і заднім кутом  $30^\circ$ . Основи витків заокруглені, що створює в небезпечному перерізі міцний профіль. Тому цю різьбу застосовують тоді, коли гвинт має передавати велике однобічне зусилля (у гвинтових пресах, домкратах тощо).

**Кругла різьба** (рис. 7.34, р) має профіль, утворений двома дугами, спряженими з невеликими прямокутними ділянками; кут профілю становить  $30^\circ$ . У машинобудуванні цю різьбу застосовують рідко. Переважно її використовують у з'єднаннях, які дуже спрацьовуються, у забрудненому середовищі (арматура пожежних трубопроводів, вагонні стяжки, гаки вантажопідіймних машин тощо). Ця різьба не стандартизована.

За кількістю ниток різьби поділяють на *одноходові* (однозахідні) і *багатоходові* (багатозахідні). *Ходом різьби* називають осьове переміщення гвинта за один його оберт. Для однозахідних різьб хід дорівнює *кроку* (відстань між суміжними витками), а для багатозахідних — добутку кроку на кількість заходів. Його можна визначити, якщо поглянути на торець гвинта (гайки), тоді буде видно, скільки ниток беруть свій початок з торця. В однозахідній різьби на торці гвинта або гайки видно лише один кінець витка, а в багатозахідних — два, три й більше.

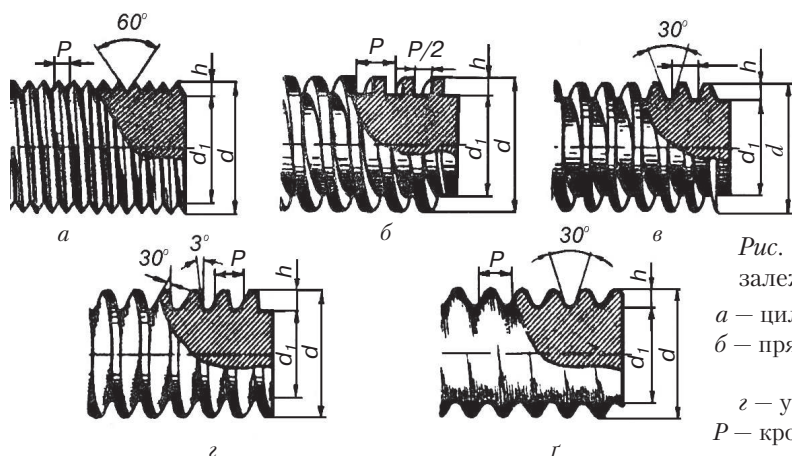


Рис. 7.34. Види різьби залежно від профілю:  
 а — циліндрична трикутна;  
 б — прямокутна; в — трапецеїдальна;  
 з — упорна; р — кругла;  
 $P$  — крок різьби;  $h$  — висота профілю різьби;  
 $d, d_1$  — зовнішній та внутрішній діаметри різьби



Багатозахідні різьби застосовують у разі потреби швидкого переміщення по різьбі з найменшим тертям. При цьому за один оберт гвинта (або гайки) гайка (або гвинт) переміститься на величину ходу гвинтової лінії різьби. Багатозахідні різьби використовують у механізмах для передавання руху (рис. 7.35).

Розрізняють різьби трьох типів: метричну, дюймову й трубну.

**Метрична різьба** (рис. 7.36, а) має трикутний профіль із плоскозрізаними вершинами. Кут профілю дорівнює  $60^\circ$ , діаметри та крок виражають у міліметрах.

Метричні різьби поділяють на різьби з нормальним кроком (для зовнішніх діаметрів 1–68 мм) і з малим кроком (для зовнішніх діаметрів 1–600 мм).

Метричні різьби з нормальним кроком позначають, наприклад, М20 (число — це зовнішній діаметр різьби), з малим кроком — М20×1,5 (перше число — зовнішній діаметр, друге — крок).

В основному метричні різьби застосовують як кріпильні: з нормальним кроком — за значних навантажень і для кріпильних деталей (болтів, гайок, гвинтів), із малим кроком — за малих навантажень і тонких регулюваннях.

**Дюймова різьба** (рис. 7.36, б) має трикутний плоскозрізаний профіль з кутом  $55^\circ$  (різьба Вітворта) або  $60^\circ$  (різьба Селлєрса). Усі розміри цієї різьби виражають у дюймах ( $1'' = 25,4$  мм). Крок — це кількість ниток (витків) на довжині в один дюйм.

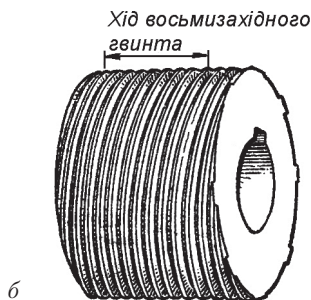
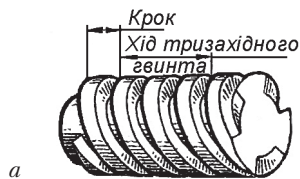
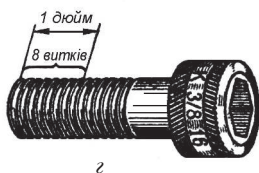
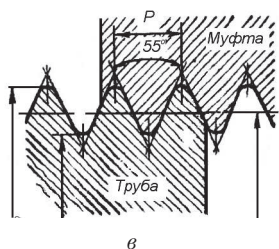
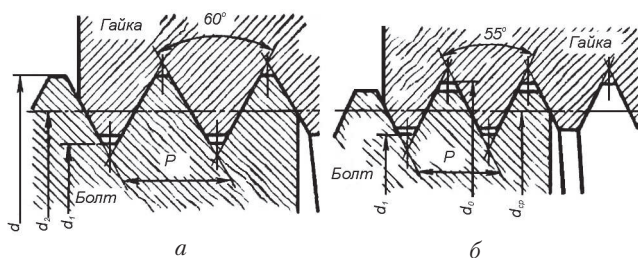


Рис. 7.35. Види різьб залежно від кількості заходів:

- а — тризахідна;
- б — восьмизахідна

Рис. 7.36. Типи різьб:

- а — метрична; б — дюймова;
- в — трубна;
- г — деталь із дюймовою різьбою; P — крок різьби; d, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> — зовнішній, внутрішній та середній діаметри різьби



Стандартизовані дюймові різби мають діаметр від  $\frac{3}{16}$  до 4" і кількість ниток на 1" від 24 до 3. Зовнішній діаметр різби виражають у дюймах. Від метричної різби дюймова відрізняється більшим кроком (рис. 7.36, з).

**Трубна циліндрична різба** (рис. 7.36, в) стандартизована. Це дрібна дюймова різба, але, на відміну від неї, спряжується без зазорів (для збільшення герметичності з'єднання) і має заокруглені вершини.

За номінальний діаметр трубної різби взято внутрішній діаметр труби (діаметр отвору, або, як кажуть, «діаметр труби на світло»), тобто зовнішній діаметр трубної різби буде більшим за номінальний на подвоєну товщину стінок труби.

Трубну циліндричну різбу застосовують для зовнішніх діаметрів  $\frac{1}{8}$ –6" з кількістю ниток на одному дюймі від 28 до 11. Кут профілю дорівнює  $55^\circ$ . Її використовують на трубах для їхнього з'єднання, а також на арматурі трубопроводів та інших тонкостінних деталях.

Трубну циліндричну різбу позначають так: Труб.  $\frac{3}{4}$ " (цифри – номінальний діаметр різби в дюймах).

Стандартизовані трубні різби діаметрами від  $\frac{1}{8}$  до 6" з кількістю ниток на одному дюймі від 28 до 11.

**Внутрішню різбу** нарізають мітчиком, **зовнішню** – плашками й іншими інструментами.

**Мітчики** (рис. 7.37) поділяють:

- за призначенням – на ручні й машинні;
- за профілем нарізуваної різби – для метричної, дюймової та трубної різби;
- за конструкцією – на суцільні, збірні (регульовані й такі, що самовиключаються) і спеціальні.

Ручні мітчики для метричної та дюймової різби стандартизовані та виготовляються комплектом із двох мітчиків для різби з кроком до 3 мм включно (для основної метричної різби діаметром від 1 до 52 мм і для дюймової різби діаметром від  $\frac{1}{4}$  до 1") і комплектом із трьох мітчиків для різби з кроком понад 3 мм (для метричної різби діаметром від 30 до 52 мм і для дюймової різби від  $1\frac{1}{8}$  до 2"). До комплекту, що складається з трьох мітчиків, входять чорновий, середній та чистовий мітчики.

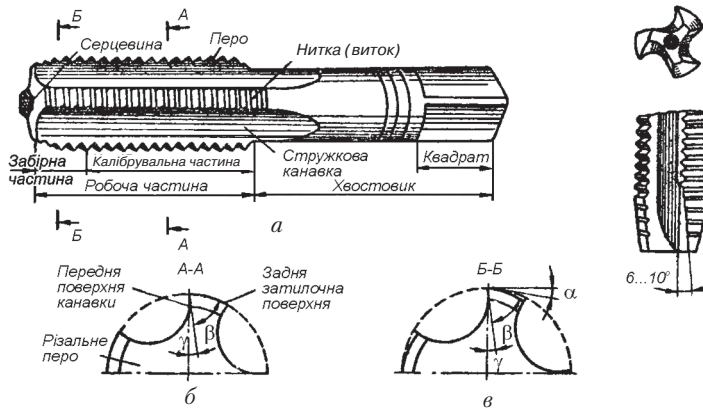


Рис. 7.37. Будова мітчика:

а – конструкція; б – елементи; в – головні кути

Діаметр свердла для свердління під метричні й трубні різьби визначають за довідковими таблицями. Коли не можна скористатися таблицями, діаметр під метричну різьбу приблизно розраховують за формулою:

$$d_c = d - K_c P,$$

де  $d_c$  — діаметр свердла, мм;

$d$  — номінальний діаметр різьби, мм;

$K_c$  — коефіцієнт, що залежить від розбивання отвору (його беруть за таблицями), звичайно  $K_c = 1-1,08$ ;

$P$  — крок різьби, мм.

Використовують різні прийоми нарізання різьби. Після підготовки отвору під різьбу та вибору воротка заготовку закріплюють у лещатах і в цей отвір вертикально вставляють мітчик за кутником.

Притискаючи лівою рукою вороток до мітчика, правою повертають його праворуч доти, поки мітчик не вріжеться на кілька ниток у метал і не набуде стійкого положення, після чого вороток беруть за рукоятку двома руками й обертають із перехопленням рук через кожні півоберта.

Для полегшення роботи вороток із мітчиком обертають не весь час за годинниковою стрілкою, а здійснюють один-два оберти праворуч і півоберта ліворуч і т. д. Завдяки такому зворотно-обертальному руху мітчика стружка ламається, стає короткою (подрібненою), а процес різання значно полегшується.

**Плашки** (рис. 7.38) використовують для нарізання зовнішньої різьби вручну й на верстатах.

Залежно від конструкції, плашки поділяють на круглі, накатні й розсувні (призматичні).

Діаметр *суцільних круглих плашок* передбачено стандартом: для основної метричної різьби — від 1 до 76 мм, для дюймової — від  $1/4$  до 2", для трубної — від  $1/8$  до  $1 1/2$ ". Круглі плашки для нарізання різьби вручну закріплюють у спеціальному воротку.

*Розрізні плашки*, на відміну від суцільних, мають проріз (0,5–1,5 мм), що дає змогу регулювати діаметри різьби в межах 0,1–0,25 мм. Через зниження жорсткості нарізання цими плашками різьба має недостатньо точний профіль.

На корпусі *різьбонакатувальних плашок*, які застосовують для накатування точних профілів різьби, установлюють накатувальні ролики з різьбою. Ролики можна регулювати за розміром нарізуваної різьби. Плашки обертають двома рукоятками, що вкручуються в корпус.

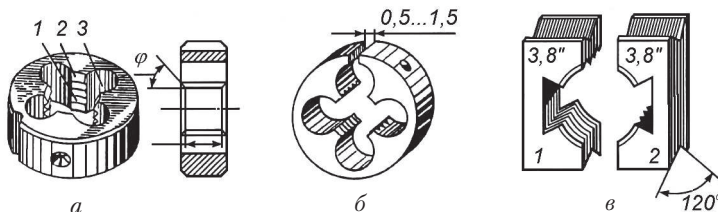


Рис. 7.38. Плашки:

$a$  — кругла: 1 — калібрувальна частина, 2 — напрямна частина, 3 — канавка для стружки;  
 $b$  — розрізна;  $c$  — розсувна (призматична)

*Розсувні (призматичні) плашки*, на відміну від круглих, складаються з двох половинок, які називають *півплашками*. На кожній з них зазначено розмір зовнішньої різьби та цифра 1 чи 2 для правильного закріплення в спеціальному пристрої — *клучі*. На зовнішньому боці півплашок є кутові канавки (*пази*), якими їх установлюють у виступи клупа.

Розсувні (призматичні) плашки виготовляють комплектами з 4–5 пар у кожному. Кожну пару в разі потреби вставляють у клуп. Розсувні плашки виготовляють для метричної різьби діаметром від М6 до М52, для дюймової — від  $1/4$  до 2" і для трубної — від  $1/8$  до  $1\frac{3}{4}$ ". Розсувну плашку закріплюють у клупі, який складається із скісної рамки з двома рукоятками й затискного гвинта. Півплашки вставляють у виступи рамки, уводять сухар і закріплюють гвинтом.

Для нарізання різьби плашкою вручну стрижень закріплюють у лещатах так, щоб його кінець, який виступає над рівнем губок, був на 20–25 мм більшим за довжину нарізаної частини. Для забезпечення врізування на верхньому кінці стрижня знімають фаску. Потім на стрижень накладають закріплену в клупі плашку й обертають так, щоб вона врізалася приблизно на одну-дві нитки. Після цього частину стрижня, яку нарізали, змащують мінеральним маслом та обертають клуп із рівномірним тиском на обидві рукоятки так, як під час нарізання мітчиком, тобто один-два оберти праворуч і пів оберта ліворуч.

**Зовнішню трубку різьбу** нарізають плашкою, **внутрішню** — мітчиком.

Клуп для нарізання зовнішньої трубної різьби складається з корпусу, довгих рукояток, чотирьох плоских різьбових плашок (гребінок), які можуть одночасно зближуватися до центра або розходитися від нього під час повороту планшайби. Завдяки цьому одним і тим самим клупом можна нарізати труби різних діаметрів.

Плашки, залежно від діаметра труби, встановлюють обертанням черв'яка, який зачеплений із зубчастим сектором, а після встановлення потрібного розміру стопорять натисканням важеля. Точне встановлення різьбових плашок на потрібний діаметр здійснюють за поділками (ноніусом) на корпусі клупа.

Крім чотирьох різьбових плашок, у корпусі клупа встановлено напрямні плашки (гладенькі, без різьби). До клупа додають кілька комплектів плашок (гребінок), що дає змогу нарізати трубні різьби діаметром від  $1/2$  до 3".

*Трубку різьбу треба нарізати в такому порядку:*

- оглянути плашки: стружкові канавки мають бути чистими, без задирок та інших дефектів, а різальні кромки — гострими, без задирок, завалів, викришених місць і зламів;

- закріпити кінець труби, який нарізатимуть, в трубному притискачі;
- частину труби, на яку нарізуватиметься різьба, змастити маслом (оліфою);
- установити клуп на трубу та зблизити плашки із зусиллям, розрахованим так, щоб різьба була нарізана на кілька робочих ходів (для діаметрів до 1" достатньо два ходи, а для діаметрів понад 1" — три);

- обертати клуп навколо труби;
- розсунути плашки рукояткою планшайби (тоді клуп знімається з труби вільно);

- перевірити якість нарізаної різьби;
- протерти клуп із плашками та змастити мінеральним маслом.

Під час нарізання різьби можлива поломка мітчиків. У такому разі мітчик видаляють з отвору кількома способами.

Якщо з отвору стирчить уламок мітчика, то частину, яка виступає, затискають плоскогубцями або ручними лещатами й викручують уламок з отвору. Якщо виступаючої частини немає, то в канавки мітчика протягують два кінці зігнутого дроту й викручують мітчик за його допомогою. Коли ж невеликий уламок мітчика не вдається викрутити за допомогою дроту, мітчик розламують на дрібні шматки загартованим пробійником, який нагадує кернер, і шматки видаляють з отвору.

Якщо зламано мітчик із швидкорізальної сталі, деталь з уламком мітчика нагрівають у муфельній або нафтовій печі й дають охолонути разом з піччю (у разі використання цього способу деталь нагрівають наприкінці роботи, тобто перед виключенням печі до наступного дня); відпалений мітчик висвердлюють.

Якщо зламано мітчик з вуглецевої сталі, деталь разом з уламком нагрівають до червоного кольору, потім повільно охолоджують і після повного охолодження висвердлюють уламок мітчика.

*Якщо ж деталь надто велика, а її нагрівання пов'язане зі значними труднощами, застосовують такі способи:*

- за допомогою спеціальної оправки, що має на торці три виступи (ріжки), якими вона входить у канавки мітчика. Перед видаленням уламка мітчика з деталі в отвір заливають гас, щоб полегшити видалення, після чого вставляють оправку й, обережно розхитуючи обертанням воротка, викручують уламок; для видалення мітчиків різних діаметрів є набір вилок (ріжків);

- за допомогою спеціального зенкера;

- приварюванням електродом планки до уламка мітчика, зламаного в деталі із силуміну; після охолодження мітчик вільно викручується з отвору;

- за допомогою ключа, який надівають на квадратний кінець спеціальної оправки, привареної до поламаного мітчика;

- травленням мітчика, зламаного в деталі з алюмінієвого сплаву. У тілі мітчика висвердлюють отвір, намагаючись не пошкодити різьбу деталі; травлять розчином азотної кислоти, яка, добре розчиняючи сталь (матеріал мітчика), майже не впливає на алюмінієвий сплав (матеріал деталі). Як каталізатор застосовують шматочки залізного (в'язального) дроту, які опускають у розчин кислоти, налитій в отвір мітчика; через кожні 5–10 хв використану кислоту видаляють з отвору мітчика піпеткою, а отвір знову заповнюють свіжою кислотою. Процес продовжується декілька годин, допоки метал мітчика не буде остаточно зруйновано. Після цього залишки кислоти видаляють, а отвір промивають (травлення здійснюють також соляною кислотою з підігріванням деталі).

## 7.11. Шабрування

**Шабрування** — це опоряджувальна обробка поверхонь, які попередньо оброблені різанням і приганяються в процесі складання шляхом зняття тонкої стружки шабером вручну або механічним способом. Метою шабрування є забезпечення щільного прилягання спряжуваних поверхонь і герметичності (непроникності) з'єднання.

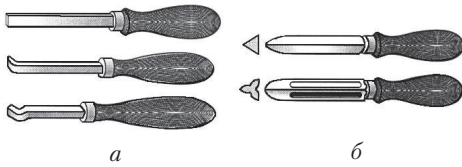


Рис. 7.39. Шабери:

*a* — плоский і з відігнутими кінцями;  
*б* — тригранні

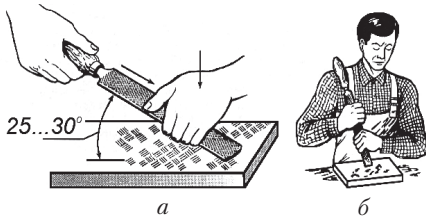


Рис. 7.40. Прийоми шабрування:

*a* — від себе; *б* — на себе

За один робочий хід шабером знімають шар металу завтовшки 0,005–0,07 мм. Шабруванням досягають високої точності (до 30 несучих плям на поверхні розміром 25×25 мм) і шорсткості поверхні не більше за  $R_a$  0,32. Його широко застосовують в інструментальному виробництві як завершальний процес обробки незагартованих поверхонь.

На шабрування залишають припуск 0,1–0,4 мм залежно від ширини й довжини поверхні.

За формою різальної частини **шабери** поділяють на *плоскі* (рис. 7.39, *a*), *тригранні* (рис. 7.39, *б*), *фасонні* (спеціальної форми); за кількістю різальних вінець (граней) — на *однобічні* та *двобічні*; за конструкцією — на *суцільні* та зі *вставними пластинами*.

Перед шабруванням виявляють нерівності поверхонь шляхом їхнього пофар-

бування. *Шабрувальна фарба* — це суміш машинного мастила з блакиттю, рідше із суриком та ультрамарином (синька), які, на відміну від блакиті, погано змішуються з мастилом і нечітко проглядаються на заготовці. Блакить можна замінити сажею, замішаною на суміші автолу з гасом.

Фарбу наносять на оброблювану поверхню тампоном з чистої льняної ганчірки, складеної у кілька шарів. Процес шабрування полягає в поступовому знятті металу з ділянок, де є сірі плями. Правою рукою шабер тримають за рукоятку, а лівою натискають на його кінець. Щодо оброблюваної поверхні шабер установлюють під кутом 25–30°; різальна кромка має міститися на пофарбованій поверхні. Метал знімають скоблінням. Робочим ходом під час шабрування є рух уперед, тобто від себе (рис. 7.40, *a*), а працюючи плоским шабером із відігнутим униз кінцем — рух назад, тобто на себе (рис. 7.40, *б*). Під час холостого ходу шабер трохи піднімають.

Шабруванням можна досягти високої точності (0,003–0,01 мм) та якості обробки. Якість шабрування визначають за кількістю плям (точок), які припадають на одиницю обробленої поверхні. Для визначення ступеня точності потрібно накласти квадратну рамку розміром 25×25 мм на прошабровану поверхню й полічити кількість плям. Для зручності рамку роблять із ручкою. Шабрування завершують, якщо кількість плям на поверхні розміром 25×25 мм становить: чорнове — 8–10, напівчистове — 12, чистове — 15, точне — 20, тонке — 25.

## 7.12. Розпилювання, пригінка та припасування

Під час складання та ремонту виробів доводиться часто виконувати пригінку, припасування, розпилювання, обпилювання, шабрування, полірування та інші шлюсарні операції. Причиною є неточність виготовлення деталей.

Обсяг слюсарно-припасувальних робіт залежить від рівня й типу виробництва. Найбільше таких робіт (20–35 %) виконують в одиничному та дрібносерійному виробництві. Деталі зачищають після механічної обробки, доробляють і припасовують одну до одної під час складання, використовуючи універсальне обладнання, пристрої та інструменти. У великосерійному та масовому виробництві складання проводять з урахуванням принципів повної або часткової взаємозамінності, що зменшує (5–7 %) або повністю вилучає застосування слюсарно-припасувальних робіт. Основний спосіб зменшення обсягу цих робіт — поліпшення технологічності конструкції, застосування рухомих компенсаторів, удосконалення технічного контролю.

**Розпилювання** — це обробка отворів для надання їм потрібної форми. Обробку круглих отворів виконують круглими й напівкруглими напилками, тригранних — тригранними, ножівковими й ромбічними, квадратних — квадратними напилками.

Спочатку проводять розмічання та накернювання розмічальних рисок. Потім за розмічальними рисками свердлять отвори й вирубують проїми, утворені висвердлюванням. Під розпилювання просвердлюють один отвір, коли проїма невелика; у більших проїмах просвердлюють два чи кілька отворів, щоб мати найменший припуск на розпилювання. Великі перемички важко видалити з просвердленої проїми, однак не можна розміщувати отвори й надто близько для запобігання стисканню, що може призвести до поломки свердла.

Для розпилювання квадратного отвору в заготовці воротка спочатку розмічають квадрат, а в ньому — отвір (рис. 7.41, а). Потім просвердлюють отвір свердлом, діаметр якого на 0,5 мм менший за довжину сторони квадрата. У просвердленому отворі квадратним напилком пропилюють чотири кути, не доходячи 0,5–0,7 мм до розмічальних рисок. Далі розпилюють отвір до розмічальних рисок: спочатку пропилюють сторони 1 і 3, потім 2 та 4 і приганяють отвір по мітчику так, щоб він заходив в отвір на глибину 2–3 мм. Подальшу обробку сторін (рис. 7.41, б) здійснюють доти, поки квадратна головка легко, але щільно не ввійде в отвір.

Для розпилювання в заготовці тригранного отвору розмічають контур трикутника, а в ньому — отвір, і свердлять його свердлом, не торкаючись розмічальних рисок трикутника (рис. 7.42, а, б). Після цього в круглому отворі пропилюють три кути й послідовно розпилюють сторони 1, 2 і 3, не

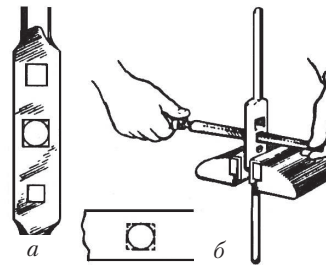


Рис. 7.41. Розпилювання квадратного отвору:  
а — розмітка;  
б — прийом роботи

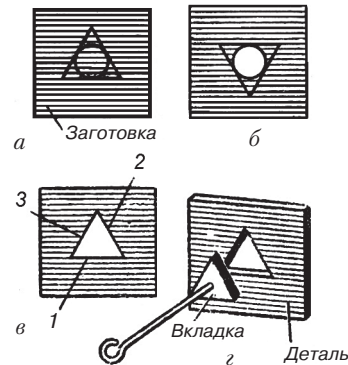


Рис. 7.42. Розпилювання тригранного отвору:  
а — розмітка;  
б — висвердлений отвір;  
в — послідовність розпилювання;  
г — перевірка вкладкою;  
1–3 — сторони проїми



доходячи 0,5 мм до розмічальних рисок, а потім приганяють сторони трикутника (рис. 7.42, в; с. 91). Точність обробки перевіряють вкладкою (рис. 7.42, з; с. 91).

Виконуючи пригінку, треба стежити за тим, щоб вкладка входила в розпилюваний отвір вільно, без перекосу та щільно. Зазор між сторонами трикутника та вкладкою у разі перевірки щупом не повинен перевищувати 0,05 мм.

**Пригінка** — це обробка однієї деталі за іншою для виконання з'єднання. Для пригінки необхідно, щоб одна з деталей була цілком готовою — за нею проводять пригінку. Цю операцію широко застосовують під час ремонтних робіт, а також у процесі складання в одиничному виробництві.

Пригінку виконують напилками, шліфувальними кругами й борголовками, використовуючи обпилювально-зачисні верстати. Після пригінки деталі мають входити одна в одну без хитань, вільно. Якщо виріб на просвіт не проглядається, то припилюють за фарбою. Інколи без фарби можна помітити сліди від тертя однієї поверхні об іншу. Такі сліди — блискучі плями — указують на те, що це місце заважає руху однієї деталі по іншій. Ці місця (виступи) обробляють до рівномірного блиску по всій поверхні або відсутності такого блиску взагалі. Завершуючи пригінку, не можна залишати гострих ребер і задирок на деталях. Їх згладжують личкувальними напилками або абразивними інструментами.

**Припасування** — це точна взаємна пригінка з'єднаних деталей без зазорів за будь-яких перекантовок. Припасування забезпечує високу точність обробки, яка необхідна для беззазорного спряження деталей (світлова щілина понад 0,002 мм проглядається). Припасовують як замкнуті, так і напівзамкнуті контури. З двох деталей, що припасовуються, отвір називають *проймою*, а деталь, яка входить у пройму, — *вкладкою*.

Пройми бувають відкриті (рис. 7.43, а) і замкнуті (див. рис. 7.42, в; с. 91). Припасування виконують напилками з дрібною і дуже дрібною насічками — № 2, 3, 4 і 5, а також абразивними порошками та пастами.

У разі виготовлення та припасування шаблонів із півкруглими зовнішніми та внутрішніми контурами спочатку виготовляють деталь із внутрішнім контуром — *пройму* (рис. 7.43, а). До обробленої пройми приганяють (припасовують) вкладку (рис. 7.43, б).

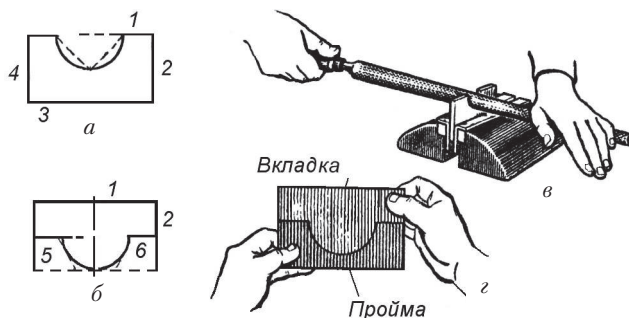


Рис. 7.43. Припасування:

а — пройма; б — вкладка; в — обпилювання; г — перевірка вкладкою;  
1–6 — ребра (вузькі грані)

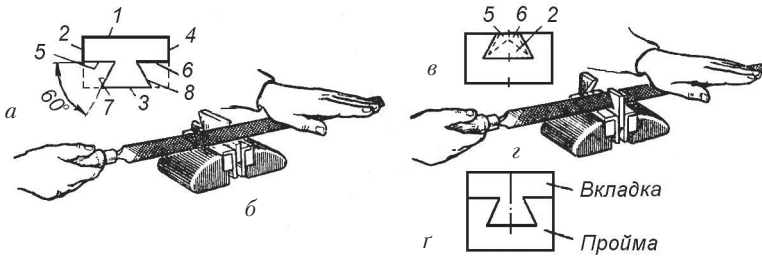


Рис. 7.44. Припасування косокутних вкладок:

- a* – схема розмічання зовнішніх кутів; *б* – обпилювання зовнішніх поверхонь;  
*в* – схема розмічання внутрішніх кутів; *г* – обпилювання внутрішніх кутів;  
*г* – перевірка вкладкою

Обробляючи пройму, спочатку точно обпилюють широкі площини як базові поверхні, потім начорно – ребра (вузькі грані) 1, 2, 3 і 4. Після цього циркулем розмічають півколо, яке вирізають ножівкою (на рисунку показано штрихом), здійснюють точне обпилювання півкруглої виїмки (рис. 7.43, в) і перевіряють точність обробки вкладкою, а також симетричність щодо осі (за допомогою штангенциркуля). Для виготовлення вкладки спочатку обпилюють широкі поверхні, а потім ребра 1, 2 і 3. Далі розмічають і вирізають кути. Після цього припасовують ребра 5 і 6. Якщо припасування виконано точно, вкладка має входити в пройму без перекосу, хитання та просвітів (рис. 7.43, г).

Послідовність виготовлення та припасування косокутних вкладок у пройми типу «ластівчин хвіст» показано на рис. 7.44.

Криволінійні та фасонні деталі обробляють на шліфувальних верстатах спеціальними профільованими абразивними кругами. Широко застосовують також електроіскрові, хімічні й інші методи обробки, які виключають додаткову роботу з опорядження вручну.

У сучасних умовах ручне розпилювання, пригінку й припасування виконують із використанням металорізального обладнання загального та спеціального призначення, завдяки чому роль слюсаря зводиться до керування машинами й контролю розмірів.

### 7.13. Притирання та доведення

**Притирання** – це обробка деталей, які працюють у парі, для забезпечення спряження їхніх робочих поверхонь.

Припуск на притирання становить 0,01–0,02 мм. Точність притирання – 0,001–0,002 мм. Притирають клапани та їхні сідла у двигунах внутрішнього згоряння, робочі поверхні вимірювальних інструментів, гідравлічні пари, пробки й корпуси кранів тощо.

**Доведенням** називають чистову обробку деталей для одержання точних розмірів і малої шорсткості поверхонь.

Припуск на доведення становить 0,001–0,0025 мм. Доведення забезпечує точність за 5–6-м квалітетами та шорсткість поверхні до  $R_z 0,05$ .

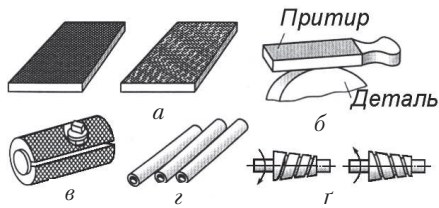


Рис. 7.45. Притири:

- a* — плоскі; *б* — для притирання деталей великого діаметра;
- в* — регульовані з робочою внутрішньою циліндричною поверхнею;
- з* — нерегульовані з робочою зовнішньою циліндричною поверхнею;
- р* — конічні

Плоский притир для попередньої обробки має канавки завглибшки й завширшки 1–2 мм, розміщені на відстані 10–15 мм, у яких накопичуються залишки абразивного матеріалу. Притири для остаточного доведення роблять гладкими.

**Циліндричні притири** застосовують для доведення циліндричних зовнішніх і внутрішніх поверхонь (отворів). Вони бувають регульовані з робочою внутрішньою циліндричною поверхнею (рис. 7.45, *в*) і нерегульовані з робочою зовнішньою циліндричною поверхнею (рис. 7.45, *з*). Деталі великого діаметра притирають притиром, подібним до плоского напилка (рис. 7.45, *б*).

**Конічними притирами** (рис. 7.45, *р*) доводять конічні отвори. Конічний притир для попередньої обробки має спіральну канавку, у якій утримується абразивно-притиральний матеріал. Притир для обробки зовнішньої конічної поверхні виготовляють у формі конічної втулки.

**Спеціальні притири** (складної форми) застосовують для доведення поверхонь різноманітної форми та важкодоступних поверхонь малих розмірів.

Притири бувають рухомі й нерухомі. Рухомий притир під час доведення переміщується, а деталь залишається нерухомою або переміщується відносно притира.

**Абразивні матеріали** поділяють на природні та штучні, тверді й м'які.

**Твердими природними** абразивними матеріалами є мінерали, що містять оксид алюмінію (природний корунд, наждак) та оксид кремнію (кварц, кремій, алмаз).

До **штучних** абразивних матеріалів належать: електрокорунд нормальний (1А), електрокорунд білий (2А), електрокорунд хромистий (3А), монокорунд (4А), карбід кремнію (карборунд) зелений (6С), карбід кремнію чорний (5С), карбід бору (КБ), кубічний нітрид бору (КБ71), ельбор (Л) та алмаз синтетичний (АС).

**М'якими** абразивними матеріалами притирають (доводять) відпалену сталь, чавун, мідні й алюмінієві сплави. Для грубого притирання використовують абразивні шліфувальні порошки зернистістю 5–3, для попереднього притирання — мікропорошки М28, М20 і М14, а для остаточного — М10, М7 і М5.

З м'яких абразивних матеріалів найчастіше застосовують *пасту ДОІ*.

Поверхні, які обробляють доведенням, стійкі проти спрацювання та корозії, що дуже важливо під час експлуатації вимірювальних інструментів і точних деталей.

Притирання та доведення здійснюють абразивними порошками або пастами, які наносять на поверхні, що обробляються, або на спеціальний інструмент — **притир**. Притири виготовляють із чавуну та міді. Форма притира має відповідати формі оброблюваної поверхні. За формою притири поділяють на плоскі, циліндричні (стрижні й кільця), різьбові та спеціальні (кульові, асиметричні й фасонні).

**Плоскі притири** (рис. 7.45, *а*) — це чавунні плити, на яких доводять поверхні.

Розрізняють такі **види абразивної пасти ДОІ\***:

*груба* (світло-зеленого кольору) — застосовують для знімання шару металу завтовшки в декілька десятих часток міліметра (утворюється матова поверхня);

*середня* (зеленого кольору) — знімають шар металу, що вимірюється сотими частками міліметра (чиста поверхня без штрихів);

*тонка* (чорного кольору із зеленуватим відтінком) — знімають припуски в тисячні частки міліметра, надаючи поверхні дзеркального блиску.

Кожний вид пасти має номер, що відповідає її абразивній здатності: груба паста — № 50, 40, 35, 30, 25 і 20, середня — № 15 і 10, тонка — № 7, 4 і 1. Розміри зерен грубої пасти становлять 40–17 мкм, середньої — 16–8 і тонкої — менш як 8 мкм.

*Алмазні пасти* застосовують для притирання та доведення виробів із твердих сплавів, сталей та неметалевих матеріалів (скла, рубіну, кераміки). Їх випускають 12 зернистостей, які поділяють на велику, середню, дрібну й тонку. Алмазні пасти кожної групи мають свій колір: пасти великої зернистості — червоний (АП100, АП80, АП60); середньої — зелений (АП40, АП28, АП20); дрібної — блакитний (АП4, АП10, АП7); пасти тонкої зернистості — жовтий (АП5, АП3, АП1). У межах кожної групи пасту найбільшої зернистості позначають чорною смужкою, середньої — сірою, а дрібної — білою (цими кольорами фарбують тюбики й упакування пасти).

Зміна кольору пасти вказує на зняття шару матеріалу, що обробляється. Якщо притир і пасту вибрано правильно, то після нетривалої роботи алмазна паста набуває темного кольору. Це свідчить про безперервне зняття матеріалу.

Застосування алмазних паст забезпечує шорсткість оброблюваної поверхні  $R_a 0,04$  і  $R_z 0,05$ .

У маркуванні пасти буква А означає, що порошок виготовлено з алмазу, П — паста, цифри — розмір зерна. Наприклад: АП100 — розмір зерна 100–80 мкм; АП80 — 80–60, АП3 — 3–1 та АП1 — 1 мкм і менше.

За консистенцією пасти бувають тверді, мазеподібні й рідкі.

Мастильні матеріали (мастила) прискорюють притирання та доведення, зменшують шорсткість та охолоджують поверхню деталі. Найчастіше як мастила застосовують мастильно-охолоджувальні рідини: гас, бензин, мінеральні масла, содову воду.

Під час попереднього доведення потрібно зняти великий шар металу. Для цього використовують притири з м'якого металу (міді), які утримують крупний абразив значно краще, ніж сірий чавун.

Для остаточного доведення застосовують чавунні притири, які знімають невеликий шар металу. Притири в основному утримують найдрібніші зерна й завдяки твердості полегшують обробку. Сталеві притири спрацьовуються швидше, ніж чавунні.

Для остаточного доведення пастами ДОІ й одержання дзеркальної поверхні використовують притири, виготовлені зі скла «пірекс» або дзеркального литого скла, що не має бульбашок, глибоких подряпин і раковин.

---

\* Більш відома як паста ГОІ (*рос.*) — від назви наукової установи (Державний оптичний інститут), у якій цей продукт був розроблений у 1930-х роках.

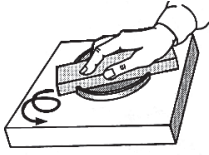


Рис. 7.46. Притирання плоских поверхонь

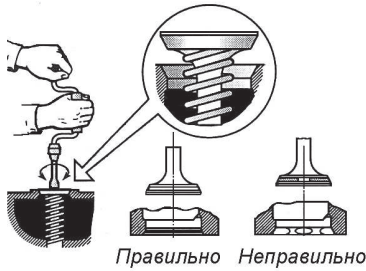


Рис. 7.47. Притирання клапана до сідла

Застосовують два способи покривання притирів абразивним порошком:

- 1) абразивний порошок удавлюють у притир до роботи;
- 2) притир покривають шаром мастила, на яке потім насилають абразивний порошок.

Працюють притиром до повного затуплення абразивних зерен. Додавати новий абразивний порошок під час роботи (особливо перед завершенням доведення) не треба, бо це призведе до зниження точності обробки.

Притирання плоских поверхонь виконують на нерухомих довідних плитах (рис. 7.46). Поверхню плити посипають шліфувальним порошком.

Доведення поділяють на *попереднє* (чорнове) та *остаточне* (чистове). Виріб пересувають круговими рухами. Доведення ведуть доти, поки поверхня не буде матовою або дзеркальною. Попереднє доведення проводять на плиті з канавками, а остаточне — на гладкій плиті.

Доведення вузьких поверхонь (шаблонів, кутників, лінійок) виконують за допомогою чавунних і сталевих напрямних брусків (кубиків) і призм.

Притирання конічних поверхонь виконують за допомогою ручного дрילה або коловороту (рис. 7.47). На рис. 7.47 показано притирання, виконане правильно й неправильно (сліди фарби уривчасті).

Зовнішню різьбу доводять різьбовими кільцями, а внутрішню — суцільними різьбовими оправками. Для доведення деталей із твердих сплавів застосовують алмазні пасти, карбіди бору та кремнію. Для механізації довідних і притиральних робіт використовують довідні верстати, відповідно пристосовані свердлильні та ін.

Після доведення поверхні перевіряють на фарбу: на добре доведених поверхнях фарба розподіляється рівномірно. Площинність у процесі доведення контролюють лекальною лінійкою з точністю вимірювання до 0,001 мм.

Паралельність плоских поверхонь перевіряють мікрометром, індикатором або іншими важільно-механічними приладами, заданий профіль — шаблонами, лекалами (за методом світлової щілини), кути — кутниками, кутомірами, шаблонами.

**Полірування** використовують для усунення шорсткості після обробки деталей, які працюють на стирання та із змінними навантаженнями (шийки колінчастих валів, декоративні поверхні деталей), а також для підвищення стійкості поверхонь проти корозії. Припуск на полірування становить не більше 0,01 мм. Полірування виконують напівмеханізованим способом на полірувально-шліфувальних верстатах, а також на механізованих та автоматизованих верстатах м'якими кругами (із фетра, шкіри, сукна) або стрічками з полірувальною пастою.

Крім абразивних порошоків, використовують спеціальну мастику: 35 % оксиду алюмінію, 40 % оксиду хрому і 25 % шліфувального порошку або пасту: 72 % вапна,

23 % стеаринової кислоти, по 1,5 % церезину й сала і 2 % скипидару. Після полірування поверхню витирають сукном і промивають у бензині.

Використовують також *гідрополірування*, де як інструмент застосовують струмінь суспензії, що складається з 64 % води, 33 — дрібноабразивного матеріалу, 2 — соди й 1 % нітрату натрію.

#### **7.14. Випробування деталей перед складанням**

Багато деталей та складальних одиниць перед складанням піддають випробуванням, визначаючи потрібні характеристики в штучно створених умовах, подібних до експлуатаційних. Якщо деталі й складальні одиниці виготовлені з похибками, то їхня надійність і довговічність не гарантуються, а виявити це можливо під час випробувань. Способи випробування вибирають залежно від функціональних особливостей та призначення деталей і складальних одиниць.

На герметичність випробовують деталі й складальні одиниці, які під тиском не повинні пропускати пару, стиснене повітря, масло, воду, рідке паливо тощо. Такими деталями є гільзи, блоки циліндрів, корпуси гідравлічних і пневматичних насосів, кришки та ін.

Деталі й складальні одиниці, що працюють під тиском, піддають гідравлічним випробуванням. Для цього в порожнини під підвищеним тиском нагнітають воду, емульсію або повітря. Для наповнення також використовують гас, трансформаторне й дизельне масла. Поява на стінках деталі рідини (вологи або крапель) указує на наявність дефектів. Виявлені дефекти зачищають, після чого заварюють, паяють та чеканять, а потім знову випробовують.

Для випробування використовують різні пристосування: заглушки, універсальні й спеціальні стенди, насоси тощо. Як ущільнювальні матеріали застосовують гуму, шкіру чи картон, змащений цинковими білилами або суриком.

Пневмогідравлічні випробування полягають у тому, що рідина подається в порожнину деталі під тиском повітря (від балона, компресора). Цей спосіб використовують, якщо тиск стисненого повітря на рідини невеликий (до 50 МПа).

Вакуумне випробування проводять для перевірки зварних, паяних, заклепувальних та інших з'єднань. На досліджувану ділянку встановлюють спеціальний ковпак з органічного скла, і за допомогою вакуумної установки з-під нього викачують повітря. Тиск навколишнього середовища на ковпак створить ще більше прилягання його до поверхні складальної одиниці. Під ковпаком і поверхнею встановлюють прокладку, яка запобігає потраплянню повітря в ковпак. Щільність визначають за часом, протягом якого під ковпаком зберігатиметься розрідження.

Випробування під навантаженням виконують для перевірки масляних насосів (помп), двигунів внутрішнього згорання, компресорів тощо. Для цих випробувань використовують спеціальні стенди.

#### **7.15. Клеймування та маркування деталей під час складання**

На підтвердження відповідності деталей та складальних одиниць кресленням і технічним умовам на них наносять спеціальний знак — *клеймо*.

Деталі, з яких складається вузол, після підбору або пригінки маркують, тобто ставлять на них знаки, букви або цифри, що вказують на відхилення від номінальних розмірів і маси, загальні номери взаємно підігнаних деталей,



розмірну групу і т. ін. Наприклад, маркують поршні двигунів, вкладиші підшипників.

**Механічний спосіб** полягає у вибиванні знаків, букв або цифр на поверхнях деталей ударами молотка по сталевому загартованому клейму, на торці якого є відповідний знак.

Ручне клеймування має певні недоліки, які призводять до неоднорідності відбитків. Ці недоліки усувають, застосовуючи спеціальні преси й автомати.

Для **ультразвукового клеймування** клеймо-пуансон виготовляють із сталі, як абразив використовують карбіди кремнію, бору або оксид алюмінію дрібної зернистості.

Неметалеві деталі (органічне скло, текстоліт, вініпласт) маркують на легких пневматичних пресах. Спеціальна касета з набором клейм обладнана електричним пальником і нагрівається до температури 200 °С. Відтиски полірують протягом кількох секунд.

**Хімічний спосіб** застосовують для маркування та клеймування деталей із сталей і мідних сплавів. Для цього гумові штампи з нанесеними на них знаками, буквами або цифрами змочують, опускаючи їх у фетрові або войлочні подушки, просочені спеціальною рідиною: для *сталевих деталей* – 10 % азотної кислоти, 30 % – оцтової кислоти, 5 % – денатурованого спирту та 55 % води; для *бронзових деталей* – 5%-й розчин соляної кислоти в азотній кислоті.

Перед клеймуванням поверхні очищають від іржі й мастила, промивають бензином і протирають фетровою ганчіркою з нанесеним на неї вапном. Після клеймування витримують 1–2 хв до появи тексту та видаляють залишки кислоти з поверхні деталі фільтрувальним папером. Одержаний відбиток промивають 10%-м розчином кальцинованої соди або содовою водою. Для уникнення корозії місця клеймування покривають мастилом, витирають чистою марлею і наносять тонкий шар технічного вазеліну.

Часто для маркування деталей використовують фарби білого, синього, зеленого, жовтого, червоного й інших кольорів. Фарбові знаки наносять на неробочі поверхні деталей.

**Електрографіювання** виконують за допомогою електрографа, який складається з однофазного знижувального трансформатора потужністю 150–200 Вт з вторинною напругою 4–6 В. Первинну обмотку під'єднують до електромережі напругою 127 або 220 В, а вторинну з'єднують із латунною підставкою для деталі. До клем вторинної обмотки приєднують електроолівці. Під час дотику електроолівця до деталі вторинне коло замикається, і на місці дотику виникає електрична дуга, яка плавить поверхневий шар деталі. У такий спосіб на деталь наносять певні знаки.

У масовому виробництві використовують **електроерозійний спосіб** клеймування та маркування, що ґрунтується на електроіскровому ефекті.

## 7.16. Технічний контроль

**Технічним контролем** називають перевірку готової продукції відповідно до встановлених технічних вимог. За його допомогою визначають правильність з'єднання і взаємодії деталей та складальних одиниць і в цілому всього виробу.

Залежно від технологічного процесу та характеру виконання розрізняють: попередній контроль матеріалів, напівфабрикатів і заготовок; поопераційний контроль деталей після кожної операції; груповий контроль деталей; вибірко-вий контроль (3–5 % виробів від партії); обов'язковий контроль відповідальних виробів; стаціонарний контроль у спеціальному пункті; ковзний контроль безпосередньо на робочому місці; попереджувальний контроль для виявлення браку; остаточний контроль виробу.

Методи виконання технічного контролю поділяють: *за видом вимірювальних засобів* (механічний, пневматичний, гідравлічний, оптичний тощо); *за способом визначення якості виробу* (поелементний і комплексний, абсолютний і відносний, контактний і безконтактний); *за ступенем технічного забезпечення* (механізований та автоматизований).

Безпосередній контроль за якістю продукції здійснюють працівники служби технічного контролю, які вибраковують матеріали, заготовки, деталі й вироби; повертають їх для перевірки або виправлення дефектів; вимагають припинення роботи, якщо продукція не відповідає технічним вимогам або виготовлена з порушенням технології; оформляють документацію на прийняту та браковану продукцію.

Під час виконання технічного контролю користуються технічною документацією, зокрема операційною картою технічного контролю. Для оформлення результатів контролю використовують паспорти та журнали контролю, технологічні бирки, карти вимірювань і клеймування.

### **Запитання та завдання**

1. Як очищують деталі?
2. Назвіть та охарактеризуйте основні способи миття деталей.
3. З якою метою виконують пригінку деталей?
4. Що називають *припасуванням*?
5. Для чого виконують полірування?
6. Як класифікують напилки?
7. Що таке *припуск*?
8. Якими інструментами виконують розмічання?
9. Які інструменти використовують для рубання металу?
10. Як можна вирівняти деталі?
11. Назвіть способи згинання металів.
12. Якими інструментами виконують ручне різання металу?
13. Що називають *свердлінням*?
14. Які є види свердел?
15. Для чого виконують розвертання отворів?
16. У чому полягає відмінність операцій зенкерування та зенкування?
17. Охарактеризуйте особливості будови зенкерів, зенківок і розверток.
18. Що таке *шабрування*?
19. Як класифікують різьби?
20. Якими інструментами нарізають різьби?
21. Які є види випробування деталей та складальних одиниць?
22. Назвіть способи клеймування та маркування деталей.
23. Що таке *технічний контроль*?

## СКЛАДАННЯ РОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ

## 8.1. Загальні дані про різьбові з'єднання

Різьбові з'єднання є найпоширенішими. Їм властиві простота й надійність, зручне регулювання затягування кріпильних деталей, можливість розбирати та повторно скласти з'єднання без заміни деталей. У конструкціях виробів різьбові з'єднання становлять 15–25 % від загальної кількості з'єднань. Трудомісткість складання різьбових з'єднань у масовому виробництві не перевищує 25–40 % від загальної трудомісткості складальних робіт.

Різьбові з'єднання збирають за допомогою кріпильних деталей, які поділяють на основні й допоміжні. *Основними кріпильними деталями* є болти, гвинти, шпильки, а *допоміжними* — гайки, контргайки, шайби, шплінти, установлювальні штифти тощо. У кріпильних і з'єднуваних деталях використовують метричні, дюймові й трубні типи різьб (*див. підрозділ 7.10*). Розрізняють різьби зовнішні та внутрішні, праві й ліві, одно- й багатозахідні (*табл. 8.1*).

Таблиця 8.1

## Основні види різьб

Різьба	Діаметр, мм	Крок або кількість кроків на довжину 25,4 мм, мм	Кут профілю, ... °	Приклад позначення на кресленнях
Метрична з великим кроком	0,25–68	0,075–6	60	М 10
Метрична з малим кроком	1–600	0,2–6	60	М 10×1
Трубна циліндрична	1/16–6"	28–11"	55	Труб 3/4"
Трапецеїдальна	8–640	1,5–48	30	Тр 40×7
Упорна	10–600	2–48	Передній–3, задній–30	Уп 80×16
Метрична конічна	6–60	1–2	60	МК 20×15
Конічна дюймова	1/16–1 1/2	27–11 1/2"	60	К 3/4"
Трубна конічна	1/16–6"	28–11"	55	К 1/2"

Надійність різьбового нерухомого з'єднання залежить від сили тертя, що діє в елементах з'єднання. Найбільша сила тертя — за циліндричної трикутної різьби (*див. рис. 7.34, а; с. 84*), яку найчастіше застосовують у різьбових з'єднаннях.

Різьбові з'єднання всіх видів поділяють на *нормальні* (відносно нерухомість деталей забезпечують кріпильні деталі) та *спеціальні* (кріпильними є самі з'єднані деталі).

Взаємозамінність різьбових з'єднань досягається шляхом виготовлення різьб із розмірами, обмеженими допусками й указаними в стандартах.

Основними різьбовими з'єднаннями є болтові, гвинтові та шпилькові (рис. 8.1). Як кріпильні деталі використовують болти, гвинти, шпильки, гайки, шайби тощо.

**Болт** — це стрижень із різьбою для гайки на одному кінці й головкою на іншому.

**Гвинт** — це стрижень із головкою на одному кінці й різьбою на іншому, яким він укручується в з'єднувані деталі.

**Шпилька** — це стрижень із різьбою на двох кінцях: один кінець закручують у з'єднувану деталь, а на інший накручують гайку.

**Гайка** — це деталь із різьбовим отвором, яка накручується на болт або шпильку; призначена для силового замикання деталей.

**Шайба** — це підкладка, яку розміщують під гайку, головку болта або гвинта; призначена для збільшення площі опорної поверхні або стопоріння різьбового з'єднання.

**Гайкові замки, шплинти** призначені для запобігання самовільному відкручуванню гайок і гвинтів.

*Болти загального призначення бувають:*

- із шестигранною зменшеною головкою та напрямним підголовником нормальної та підвищеної точності;
- із шестигранною головкою нормальної та підвищеної точності;
- із напівкруглою головкою та підголовником (рис. 8.2);
- із напівкруглою збільшеною головкою;
- із потайною головкою;
- із потайною головкою та квадратним підголовником;
- з отворами в стрижні й головці (для стопоріння).

*Гвинти загального призначення бувають:*

- із циліндричною головкою;
- із циліндричною головкою та шестигранним заглибленням під ключ;
- із потайною головкою;
- із напівпотайною головкою;
- із напівкруглою головкою;
- із квадратною головкою та буртиком (рис. 8.3);
- із головкою під викрутку (рис. 8.4; с. 102).

За зовнішнім виглядом гвинти поділяють на гвинти з головкою під викрутку й під ключ.

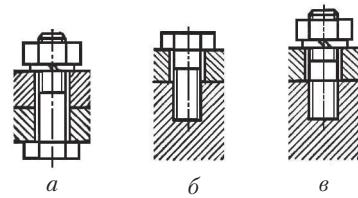


Рис. 8.1. Види різьбових з'єднань:

*a* — болтові; *б* — гвинтові; *в* — шпилькові

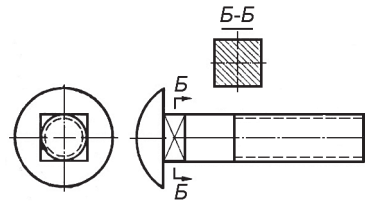


Рис. 8.2. Болт із напівкруглою головкою та квадратним підголовником

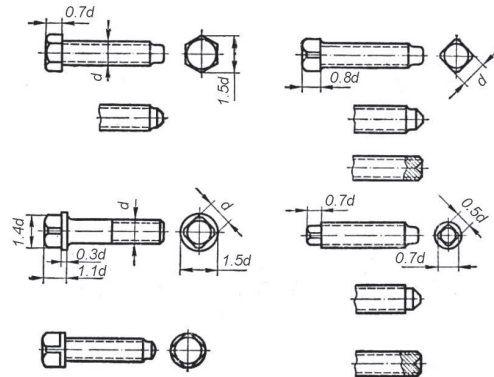


Рис. 8.3. Гвинти з квадратними головками та буртиками

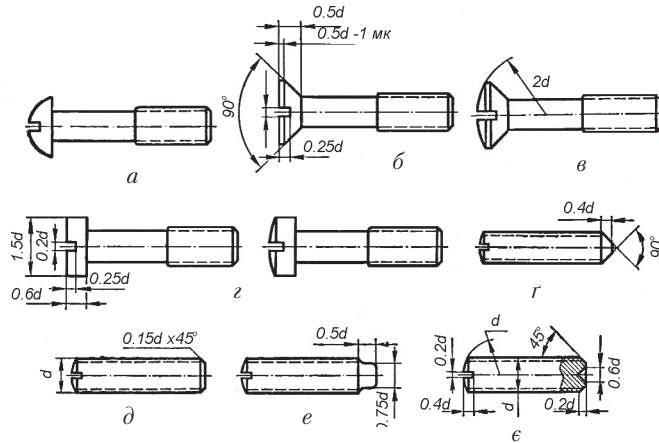


Рис. 8.4. Гвинти з головою під викрутку:

*a* – напівкруглою; *б* – потайною; *в* – напівпотайною; *г* – циліндричною;  
*р* – установочні з конічним кінцем; *д* – із плоским кінцем;  
*е* – із циліндричним кінцем; *е* – із засвердленим кінцем

Гайки загального призначення бувають (рис. 8.5):

- шестигранні нормальні та підвищеної точності;
- шестигранні прорізні й корончасті;
- корончасті;
- гайки-баранці (відкриті й закриті);
- за висотою: низькі, нормальні, високі та дуже високі.

Гвинти для дерев'яних виробів мають різьбу трикутного профілю з кутом  $60^\circ$  і збільшеним кроком. Гвинти із потайною, напівпотайною та напівкруглою головками називають *шурупами*, а з квадратною та шестигранною – *глухарями*.

*Шайби* бувають:

- плоскі;
- пружинні (із сталевого дроту марки 65Г, їх називають *гравери*);
- спеціальні.

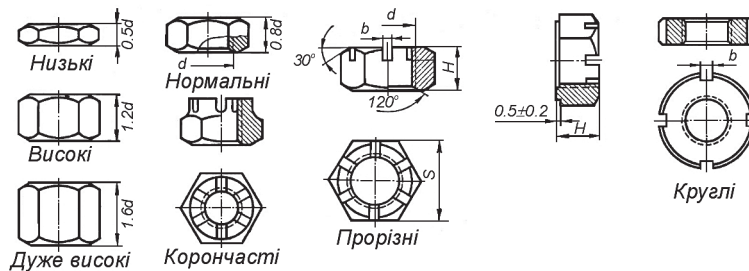


Рис. 8.5. Гайки загального призначення

## 8.2. Технологія складання різьбових з'єднань

*Під час складання різьбових з'єднань необхідно дотримуватися таких вимог:*

- спряжувані поверхні не повинні бути шорсткими;
- з'єднувані деталі мають бути добре підігнаними одна до одної;
- осі кріпильних деталей мають бути перпендикулярними до площини з'єднаних деталей;
- поперечний переріз і довжина кріпильних деталей одного з'єднання мають бути однаковими;
- висота гайок і головок болтів, а також гвинтів мають бути однаковими;
- кінці болтів і шпильок мають виходити з-під гайок на однакову довжину (2–3 кроки різби);
- головки потайних болтів і гвинтів не повинні виступати;
- головки болтів і гвинтів не повинні бути скрученими;
- прорізи на головках гвинтів не повинні бути розбитими;
- різьба кріпильних деталей не повинна мати зірваних ниток;
- шайби мають бути рівними, без перекосів;
- торцеві поверхні гайок, шайб і поверхні деталей під головками болтів і гвинтів мають бути гладкими.

*Технологічний процес складання різьбових з'єднань містить такі елементи:*

- подавання деталей на складання;
- установлення різьбових деталей;
- попереднє закручування (наживлення);
- підведення та встановлення інструмента;
- затягування кріпильних деталей;
- стопоріння різьбових з'єднань.

### 8.2.1. Технологічний процес складання болтових і гвинтових з'єднань

Складанню болтових з'єднань передую операція свердління отворів (*див. підрозділ 7.8*).

Отвори в з'єднуваних деталях під установлення болтів свердлять за розміткою, по шаблону або *кондуктору* (шаблон з відповідними отворами). Осі отворів у деталях мають збігатися. Під час складання одноболтових з'єднань осі отворів можуть не збігатися, але не більше ніж 0,15 мм на кожні 10 мм діаметра болта для відповідальних з'єднань. Як кондуктор використовують одну із з'єднуваних деталей. Деталі з'єднують струбцинами і свердлять найвіддаленіші отвори, у які вставляють монтажні (тимчасові) болти, знімають струбцини і свердлять решту отворів. Відповідність діаметрів отворів і різби наведено в *табл. 8.1 і 8.2 (с. 100 і 104)*.

Технологічний процес складання болтових з'єднань містить такі основні операції: підготовка спряжуваних поверхонь деталей, установлення деталей, установлення болта (шайби) та затягування гайки.

Для рівномірного розподілу тиску та збільшення площі поверхні, на яку він діє, під гайки, а в певних випадках і під головки болтів, підкладають шайби. Шайби мають бути чистими, рівними, без задирок, рисок і рубців, оскільки їхня наявність створюватиме значне тертя між шайбою і гайкою та не даватиме змоги затягнути гайку до кінця.



Підбираючи кріпильні деталі, особливу увагу приділяють їхнім основним параметрам. Типи різьб, їхні стандартні розміри, ступінь точності й основні відхилення наведено в *табл. 8.2–8.6*.

*Таблиця 8.2*

### Наскрізні отвори під кріпильні деталі

Діаметр стрижня кріпильної деталі, мм	Діаметр наскрізного отвору, мм			Діаметр стрижня кріпильної деталі, мм	Діаметр наскрізного отвору, мм		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
1	1,2	1,3	–	42	43	45	48
1,2	1,4	1,5	–	45	46	48	52
1,4	1,6	1,7	–	48	50	52	56
1,6	1,7	1,8	2	52	54	56	62
2	2,2	2,4	2,6	56	58	62	66
2,5	2,7	2,9	3,1	60	62	66	70
3	3,2	3,4	3,6	64	66	70	74
4	4,3	4,5	4,8	68	70	74	78
5	5,3	5,5	5,8	72	74	78	82
6,6	6,4	6,6	7	76	78	82	86
7	7,4	7,6	8	80	82	86	91
8	8,4	9	10	85	87	91	96
10	10,5	11	12	90	93	96	101
12	13	14	15	95	98	101	107
14	15	16	17	100	104	107	112
16	17	18	19	105	109	112	117
18	19	20	21	110	114	117	122
20	21	22	23	115	119	122	127
22	23	24	26	120	124	127	132
24	25	26	28	125	129	132	137
27	28	30	32	130	134	137	144
30	31	33	35	140	144	147	155
33	34	36	38	150	155	158	165
36	37	39	42	160	165	168	175
39	40	42	45	–	–	–	–

Примітка. Вибір ряду діаметрів залежить від способу одержання отворів:

1-й ряд — обробка за кондуктором отворів будь-якого розташування;

2-й — обробка отворів за розташуванням в один або кілька рядів;

3-й ряд — обробка за розміткою отворів, розташованих по колу.

Таблиця 8.3

## Ряди номінальних діаметрів і кроки метричної різьби

Номінальний діаметр $d$ , мм	Крок $P$ , мм	
	великий	малий
1-й ряд		
3,0	0,5	0,35
4,0	0,7	0,50
5	0,8	0,50
6	1	0,75; 0,5
8	1,25	1; 0,75; 0,5
10	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
20	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	3	2; 1,2; 1; 0,75
30	3,5	(3); 2; 1,5; 1
36	4	3; 2; 1,5; 1
42	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
56	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
64	6	4; 3; 2; 1,5; 1
72; 80	–	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
90; 100; 110; 125; 140	–	6; 4; 3; 2; 1,5
2-й ряд		
3,5	(0,6)	0,35
14	2	1,5; 1,25; 1
18; 22	2,5	0,75; 0,5
27	3	2; 1,5; 1; 0,75
33	3,5	0,5
39	4	2; 1,5; 1; 0,75
45	4,5	(3); 2; 1,5; 1
52	5	0,75; 0,5
60	(5,5)	(3); 2; 1,5; 1
68	6	(4); 3; 2; 1,5; 1
76	–	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
85; 95; 120; 130; 150	–	6; 4; 3; 2; 1,5
3-й ряд		
(5,5)	–	0,5
7	1	0,75; 0,5
9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
11	(1,5)	1; 0,75; 0,5
15; 17	–	1,5 (1)
25	–	2; 1,5; (1)
(26); 35; (38)	–	1,5
(28)	–	2; 1,5; 1
(32)	–	2; 1,5
40; 50	–	(3); (2); 1,5
55; 58; 62; 65; 75	–	(4); (3); 2; 1,5
70	–	(6); (4); (3); 2; 1,5
(78); (82)	–	2
135; 145	–	6; 4; 3; 2; 1

Примітка. 1. Вибираючи різьбу, віддавати перевагу: ряд 1 – ряду 2, ряд 2 – ряду 3 діаметрів різьб.

2. Діаметри і кроки різьб, зазначені в дужках, по можливості не застосовують.

**Розміри трубної циліндричної, конічної дюймової  
та трубної конічної різьб**

Позначення різьби, дюйми		Кількість кроків на довжині 25,4 мм			Зовнішній діаметр трубно-ї циліндричної та трубно-ї конічної різьб, мм
1-й ряд	2-й ряд	трубна циліндрична	конічна	трубна конічна	
1/16	–	28	27	28	7,723
1/8	–	28	27	28	9,728
1/4	–	19	18	19	13,157
3/8	–	19	18	19	16,662
1/2	–	14	14	14	20,955
–	5/8	14	–	–	22,911
3/4	–	14	14	14	26,441
–	7/8	14	–	–	30,201
1	–	11	11 <sup>1/2</sup>	11	33,249
–	1 <sup>1/8</sup>	11	–	–	37,897
1 <sup>1/4</sup>	–	11	11 <sup>1/2</sup>	11	41,910
–	1 <sup>3/8</sup>	11	–	–	44,323
1 <sup>1/2</sup>	–	11	11 <sup>1/2</sup>	11	47,803
–	1 <sup>3/4</sup>	11	–	–	53,746
2	–	11	–	11	59,614
–	2 <sup>1/4</sup>	11	–	–	65,710
2 <sup>1/2</sup>	–	11	–	11	75,184
–	2 <sup>3/4</sup>	11	–	11	81,534
3	–	11	–	11	87,884
–	3 <sup>1/4</sup>	11	–	–	93,980
3 <sup>1/2</sup>	–	11	–	11	100,330
–	3 <sup>3/4</sup>	11	–	–	106,680
4	–	11	–	11	113,030
–	4 <sup>1/2</sup>	11	–	–	125,730
5	–	11	–	11	138,430
–	5 <sup>1/2</sup>	11	–	–	151,130
6	–	11	–	11	163,830

Таблиця 8.5

## Діаметри й кроки трапецеїдальних однозахідних різьб, мм

Номинальний діаметр різьби $d$		Крок $P$	Номинальний діаметр різьби $d$		Крок $P$
1-й ряд	2-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	
8	–	1,5; 2	–	46	3; 8; 12
–	9	1,5; 2	48	–	3; 8; 12
10	–	1,5; 2	–	50	3; 8; 12
–	11	2; 3	52	–	3; 8; 12
12	–	2; 3	–	55	8; 9; 12; 14
–	14	2; 3	60	–	8; 9; 12; 14
16	–	2; 4	–	65	4; 10; 16
–	18	2; 4	70	–	4; 10; 16
20	–	2; 4	–	75	4; 10; 16
–	22	2; 3; 5; 8	80	–	4; 10; 16
24	–	2; 3; 5; 8	–	85	4; 5; 12; 18; 20
–	26	2; 3; 5; 8	90	–	4; 5; 12; 18; 20
28	–	2; 3; 5; 8	–	95	4; 5; 12; 18; 20
–	30	3; 6; 10	100	–	4; 5; 12; 20
32	–	3; 6; 10	–	110	4; 5; 12; 20
–	34	3; 6; 10	120	–	6; 14; 16; 22; 24
36	–	3; 6; 10	–	130	6; 14; 16; 22; 24
–	38	6; 7; 10	140	–	6; 14; 16; 24
40	–	3; 6; 7; 10	–	150	6; 16; 24
–	42	3; 7; 10	160	–	6; 8; 16; 24; 28
44	–	3; 7; 8; 12	–	170	6; 8; 16; 24; 28

Таблиця 8.6

## Ступені точності й основні відхилення різьб

Вид різьби	Ступені точності	Основні відхилення	Приклади позначення
Метрична:			
зовнішня	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	d, e, f, g, h	M 12 – 6g
внутрішня	4; 5; 6; 7; 8; 9	E, F, G, H	M12–6H
Трапецеїдальна:			
зовнішня	4; 6; 7; 8; 9; 10	c, e, g	Tr 40×7 – 8e
внутрішня	4; 6; 7; 8; 9	H	Tr 40×7–8H
Упорна:			
зовнішня	7; 8; 9	h	Уп 40×10–9h
внутрішня	7; 8; 9	AZ	Уп 40×10–9AZ

Розміри отвору для нарізання внутрішньої метричної різьби визначають за формулою:

$$d_{\text{отв}} = d - P,$$

де  $d$  – зовнішній (номінальний) діаметр різьби, мм;

$P$  – крок різьби, мм.

Діаметри стрижнів для нарізання плашками зовнішньої різьби наведено в табл. 8.7.

Таблиця 8.7

### Діаметри стрижнів для нарізання різьби плашками

Номінальний діаметр різьби, мм	Різьба метрична		Різьба трубна циліндрична		
	Діаметр стрижня, мм		Номінальний діаметр різьби, дюйми	Зовнішній діаметр труби, мм	
	найбільший	найменший		найбільший	найменший
5	4,92	4,74	1/8	9,67	9,34
6	5,89	5,69	1/4	13,10	12,76
8	7,87	7,63	3/8	16,60	16,23
10	9,85	9,59	1/2	20,88	20,50
12	11,83	11,54	5/8	22,84	22,46
14	13,80	13,51	3/4	26,37	25,99
16	15,80	15,51	7/8	30,13	29,73
18	17,80	17,43	1	33,17	32,73
20	19,80	19,43	1 1/8	37,82	37,38
24	23,79	23,35	1 1/4	41,83	41,39
27	26,79	26,35	1 3/8	44,24	43,80
30	29,79	29,28	1 1/2	47,72	47,28
33	32,79	32,28	1 3/4	53,67	53,18
36	35,78	35,19	2	59,53	59,04
39	38,78	38,19			
42	41,78	41,14			
45	44,78	44,08			

Нерухомість різбового з'єднання забезпечують затягуванням гайки або гвинта гайковим ключем. Довжина рукоятки гайкового ключа не повинна перевищувати  $15D$ , де  $D$  – діаметр різьби (мм), який уможливує нормальне затягування та запобігає зриванню різьби. Розміри під ключ, залежно від діаметра різьб, наведено в табл. 8.8.

Стрижень болта й отвір не потребують точної обробки при звичайних різбових з'єднаннях. Центрування з'єднаних деталей виконують установленням циліндричних або конічних (здебільшого двох) штифтів, максимально віддалених один від одного. Штифти запресовують в отвори попередньо складених і відрегульованих деталей.

Установлюючи з'єднані деталі, крім установлювальних штифтів, використовують мітки. *Мітками* називають різні умовні знаки (прорізи, риски), які

наносять на пригнані одна до одної деталі для фіксації їхнього взаємного розміщення. Мічені деталі встановлюють так, щоб однорідні мітки збігалися.

Якість складання різьбових з'єднань визначається правильністю затягування болтів і гайок, досягненням потрібних посадок, відсутністю перекосів, викривлень стрижнів болтів і гвинтів і надійністю стопорних пристроїв.

Таблиця 8.8

### Розміри «під ключ» для шестигранної гайки або головки болта

Номинальний діаметр, мм	Розміри під ключ, мм		Номинальний діаметр, мм	Розміри під ключ, мм	
	нормальний	зменшений		нормальний	зменшений
3	5,5	–	16	24	22
4	7	–	20	30	27
5	8	–	24	36	32
6	10	–	30	46	41
8	13	12	36	55	50
10	17	14	42	65	60
12	19	17	48	75	70

Складаючи різьбове з'єднання, спочатку накручують гайку або гвинт без ключа до легкого дотику їхньої опорної поверхні з поверхнею деталі (без гойдання). Надто велике гойдання (у різьбі) може призвести до зривання різьби під час затягування з'єднання. Гайки треба затягувати поступово, спочатку на половину заданого зусилля, а потім остаточно.

Групові з'єднання (рис. 8.6) потрібно затягувати в певній послідовності: спочатку затягують середню пару гайок, потім пару сусідніх праворуч, після цього пару сусідніх ліворуч і т. д., наближаючись до кінців. Коли гайки розташовані по колу, їх затягують хрест-навхрест.

Під час складання болтових з'єднань спочатку накручують усі болти або гайки до повного дотику з поверхнями деталей, потім трохи затягують і тільки за третій раз виконують повне затягування. У відповідальних з'єднаннях для рівномірного й правильного затягування гайок використовують ключі з однаковою довжиною рукоятки або з регульованим крутним моментом (динамометричні й граничні ключі). Затягування різьбових з'єднань можна контролювати, змінюючи видовження болта або шпильки, за допомогою мікрометра або індикатора. Для цього вимірюють довжину болта до і після затягування.

Важливою умовою нормальної роботи різьбового з'єднання є відсутність напруг згину в тілі болта або шпильки.

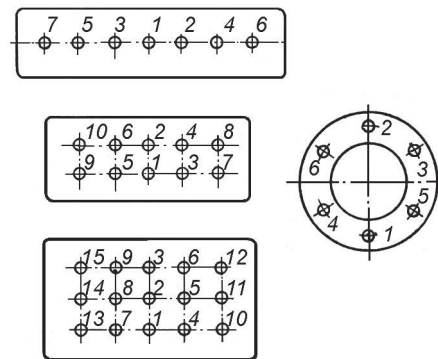


Рис. 8.6. Послідовність затягування різьбових з'єднань



Для підвищення герметичності з'єднань спряжені поверхні деталей змащують спеціальним герметиком, який утворює тонку плівку, що не пропускає масло або іншу рідину. У певних випадках установлюють спеціальні прокладки (паперові, шкіряні, гумові, картонні, паронітові та ін.).

### 8.2.2. Технологічний процес складання шпилькових з'єднань

Для з'єднання двох або кількох деталей іноді використовують шпильки.

У шпильці 2 (рис. 8.7, а), на відміну від болта, немає головки, а різьба нарізна на її двох кінцях. Одним кінцем шпильку вкручують у корпус деталі 4, а на другий установлюють з'єднувану деталь 3 і накручують гайку 1. Крутний момент, який прикладається до гайки, частково передається і шпильці. Щоб вона не крутилась із гайкою, її треба вкручувати в деталь щільно й до кінця; у з'єднанні шпильки 2 з деталлю 4 має бути натяг, а з гайкою 1 — зазор.

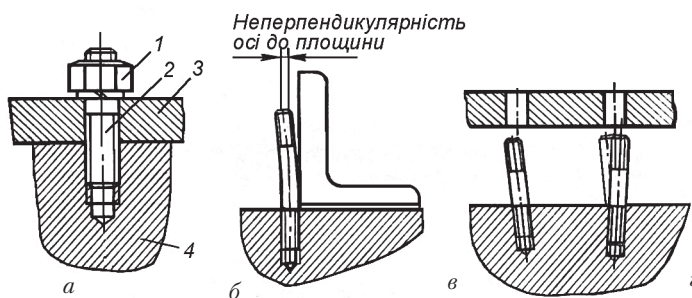


Рис. 8.7. Шпилькові з'єднання:

а — складання циліндричними шпильками; б — перевірка перпендикулярності шпильки; в — дефекти внаслідок перекосу отвору під шпильку; г — дефекти внаслідок перекосу різьби шпильки; 1 — гайка; 2 — шпилька; 3, 4 — деталі

Для одержання щільної посадки використовують фарби. Шпильки вкручують перпендикулярно до поверхні деталей, у які їх вставляють.

**Заборонено підгинати шпильку в разі, коли вона не потрапляє в отвір деталі! Перекоси шпильки можна виправити тільки нарізанням нової різьби. Шпильки, які викручуються під час відкручування гайок, замінюють.**

Довжина нарізаної частини шпильок і глибина отворів для них мають відповідати розмірам, наведеним у табл. 8.9.

Таблиця 8.9

#### Залежність довжини нарізаної частини шпильок від глибини отворів

Параметр, мм	Сталева деталь	Чавунна деталь
Загальна глибина свердління отвору	$1,5d + 4P$	$1,6d + 2P$
Глибина різьби в отворі деталі	$1,0d + 4P$	$1,25d + 2P$
Довжина різьби шпильки	$1,0d$	$1,35d$

Примітка:  $d$  — діаметр шпильки, мм;  $P$  — крок різьби, мм.

**Закручування шпильок** — найскладніша та трудомістка операція, яку виконують двома способами:

1) на вільний різбовий кінець шпильки накручують дві гайки, а потім, обертаючи ключем верхню гайку, укручують шпильку в отвір з різбою (недоліком цього способу є послаблення посадки шпильки в різбовому отворі під час накручування гайок);

2) на кінець шпильки накручують спеціальний інструмент «солдатик». Це висока шестигрanna гайка, застопорена на кінці шпильки гвинтом, діаметр якого менший за діаметр шпильки (див. підрозділ 4.11).

Для встановлення великої кількості шпильок використовують електричні та пневматичні ручні інструменти — **шпилькокрути** (рис. 8.8). На шпильку накручують змінну гайку 1 і встановлюють шпилькокрут на гайку так, щоб кулька 2 дотикалася до гайки. Під час укручування шпильки кулька 2 піднімається вгору до упору в п'ятку 3, а доторкнувшись до неї, починає пробуксовувати. У цьому разі шпилькокрут треба ввімкнути на зворотний хід. Хвостовик 4 призначений для з'єднання шпилькокрута з електричним або пневматичним приводом. Хвостовик на кінці має шість граней, які дають змогу закручувати шпильки вручну.

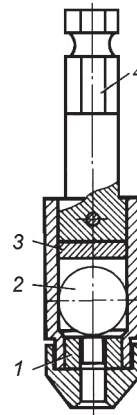


Рис. 8.8. Шпилькокрут:

- 1 — змінна гайка;
- 2 — кулька; 3 — упорна п'ятка; 4 — хвостовик

Установлення шпильок може викликати неправильне їхнє розташування щодо з'єднаних деталей.

**Відхилення від перпендикулярності осі шпильки** до площини деталі виникає через недостатню точність обробки отвору й нарізання в ньому різби. Тому свердління отворів і нарізання різби виконують на верстатах із застосуванням кондукторів. Перпендикулярність осі шпильки перевіряють кутником (див. рис. 8.7, б).

**Незбіг осі шпильки й отвору (перекіс)** є наслідком перекосів різби шпильки або отвору (рис. 8.7, в, г). Виправляти шпильку не потрібно через можливість її поломки. Шпильку треба викрутити й дорізати різбу. Якщо перекоп великий, можна висвердлити стару різбу й нарізати нову, точнішу, але більшого діаметра. Установлюють похибки різби, спостерігаючи за розміщенням осі шпильки під час її викручування. Якщо шпилька не зміщується, то різба перекошена в отворі, а якщо шпилька «б'є» (рис. 8.7, г), то різба перекошена на шпильці.

**Шпилька недокручена**, тобто її виступна частина довша, ніж це потрібно, і далі в отвір не закручується. У цьому випадку треба викрутити шпильку й «прогнати» різбу мітчиком в отворі та плашкою на шпильці або замінити шпильку новою з меншим середнім діаметром. Якщо виступна частина шпильки перевищує нормальний розмір менше, ніж на 1–1,5 кроки різби, то в невідповідальних з'єднаннях таку шпильку залишають, але встановлюють під гайку спеціальну шайбу збільшеної товщини.

**Шпилька закручена надто глибоко** — у такому разі заборонено викручувати її на кілька витків для одержання потрібної висоти або збігу прорізу в гайці з отвором для шплінта, бо послабиться посадка шпильки. Її треба обережно викрутити, прочистити різбу мітчиком і закрутити нову шпильку з більшим середнім діаметром різби.

**Шпилька закручена недостатньо щільно** й під час відкручування гайки викручується з отвору. У цьому випадку необхідно замінити шпильку на іншу з більшим середнім діаметром різьби. Коли немає можливості замінити шпильку, то різьбу треба прогнати плашкою або зачистити надфілем пошкоджені місця, якщо за висотою вони не перевищують у сумі половини витка.

**Шпилька зламалася**, і її кінець залишився в отворі деталі. Залишок шпильки видаляють одним із способів:

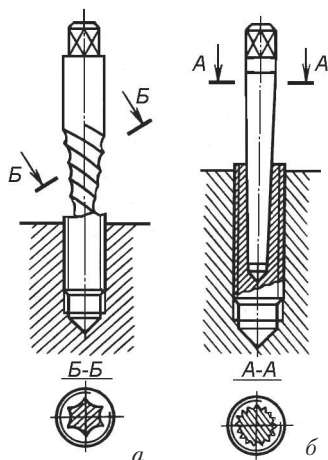


Рис. 8.9. Інструменти для видалення шпильок:

- a* – зубчастий бор;
- б* – екстрактор

- виступний кінець шпильки запилують під ключ і викручують як гвинт;
- свердлять отвір у шпильці, у який забивають зубчастий бор або екстрактор (рис. 8.9, *a*, *б*), а потім, обертаючи їх воротком або ключем, викручують зламану шпильку;
- застосовують метод електроіскрового свердління за допомогою спеціальної установки;
- витравлюють зламану шпильку азотною кислотою (якщо базова деталь виготовлена з алюмінію або його сплавів: кислота розчиняє сталь, але слабо діє на алюміній);
- приварюють електродом до зламаної шпильки пластину або гайку та за її допомогою викручують залишок шпильки.

### 8.2.3. Технологічний процес складання арматурних різьбових з'єднань

**Арматурними деталями** називають деталі, які вкручують у різьбовий отвір корпусної деталі (втулки, пробки, штуцери, заглушки тощо). Для тривалої та надійної роботи з'єднання необхідно, щоб різьби в отворі корпусної деталі й на вкручуваній у корпус деталі не мали зірваних ниток, подряпин і задирок, які можуть призвести до пошкодження різьби в корпусі.

Щоб запобігти спрацюванню різьби, у корпусі деталі свердлять і розвертають отвір великого діаметра, у який запресовують спеціальну втулку. Потім втулку в корпусі розкернують, нарізають у ній різьбу й закручують гвинт. У таких з'єднаннях немає потреби в щільній посадці (як у шпильках) через багаторазове складання та розбирання з'єднання. Ще одним способом є вкручування втулки в різьбу деталі для забезпечення герметичності різьби, щоб вона не пропускала пар, воду, бензин, масло тощо.

Щільності з'єднання досягають за допомогою не тільки різьби, а й ущільнювальних деталей (матеріалів): під торець деталі встановлюють прокладки з гуми, картону, азбесту, шкіри, міді, алюмінію тощо. Якщо з'єднання розбирають рідко, то різьбу замащують фарбами. Під час складання старі й деформовані прокладки щоразу замінюють новими. Якість з'єднань перевіряють з використанням рідини або повітря, які подають під тиском.

Корпусними деталями можуть бути картери двигунів, компресорів, коробок швидкостей, радіатори тощо.

#### 8.2.4. Технологічний процес складання самоформуючих різьбових з'єднань

**Самоформуючими** називають з'єднання, отримані за допомогою спеціальних самоформуючих гвинтів (саморізів). Так з'єднують деталі із сталевих листів з балками, профілями або тонкостінними деталями. Особливістю з'єднань є те, що кріпильні деталі використовують без попереднього свердління отворів. Це дає можливість уникнути незбігу осей отворів. За допомогою таких гвинтів можна свердлити сталь завтовшки 0,8–12 мм.

**Самоформуючі гвинти** бувають:

**самонарізні** — утворюють різьбу нарізанням і видаленням залишків матеріалу (рис. 8.10, а). Їх використовують для крихких матеріалів і виготовляють двох типів — А (з кількома різьбовими гранями) і Б (з однією або двома різьбовими гранями);

**самовитискні** — утворюють різьбу без видалення залишків матеріалу (рис. 8.10, б). Їх використовують для пластичних матеріалів і виготовляють двох типів — А (для з'єднання деталей без попереднього свердління отворів) і Б (для з'єднання деталей із попереднім свердлінням отворів).

Забірні частини різьбонарізного гвинта (саморіза) складається з пружинної та жорсткої частин і має канавку для виведення стружки. Різьбні кромки гвинта утворені канавкою і призначені для нарізання різьби в отворі.

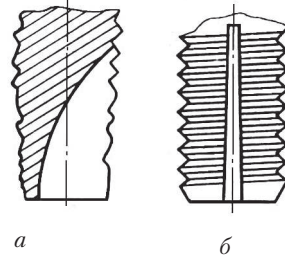


Рис. 8.10. Самоформуючі гвинти:

а — самонарізний;  
б — самовитискний

#### 8.2.5. Стопоріння різьбових з'єднань

Під час експлуатації виробів через вплив змінних навантажень зусилля затягування різьбових з'єднань поступово зменшується. Причинами цього є сила затягування, спосіб одержання різьби, жорсткість стиків, шорсткість спряжуваних поверхонь, напруги й деформації тощо. Самовільне послаблення затягування різьбового з'єднання може призвести до повного його роз'єднання, руйнування виробу, аварії. Основним конструкційним заходом боротьби із самовідкручуванням є стопоріння. Застосовують кілька способів стопоріння різьбових з'єднань.

**Стопоріння контргайкою** (рис. 8.11, а; с. 114) є найпростішим і найпоширенішим. Звичайну або штамповану контргайку накручують на кінець болта (шпильки) після затягування кріпильної гайки й затягують до повного дотику з торцем основної гайки. Цей спосіб потребує збільшеної довжини різьби болта або шпильки, що призводить до збільшення маси виробу.

**Стопоріння пружинною шайбою** (рис. 8.11, б; с. 114) широко використовують для стопоріння різьбових з'єднань. Шайба має бути достатньо пружною, що визначають за розводом її кінців — не меншим за півтори товщини шайби. У разі правильного затягування гайки пружинна шайба прилягає до опорної поверхні деталі й торця гайки по всьому колу. Зазор у розрізі шайби може становити

половину її товщини, але не більше як 2 мм. Установлення інших пружинних шайб не допускається.

**Стопоріння шайбою з лапкою** (рис. 8.11, в) або шайбою із зовнішніми виступами є найпростішим способом. Шайбу виготовляють із листової сталі завтовшки 1–1,5 мм. Після затягування гайки виступи (лапки) шайби відгинають: один — на грань, а другий — на кромки корпусу. Якщо болт розташований на значній відстані від краю корпусу, шайбу роблять круглою, із зовнішнім діаметром у 2,5 раза більшим за діаметр болта. На деталі попередньо просвердлюють отвір, у який молотком і кернером відгинають край шайби. Повторне відгинання шайби по одному й тому самому місцю не допускається. Відігнута частина шайби має щільно прилягати до грані гайки та не мати тріщин у місці згину.

**Стопоріння розвідним шплінтом** (рис. 8.11, з) застосовують для конічних гайок. Шплінт має розміщуватися в отворі болта або шпильки щільно й виступати над торцевою поверхнею гайки не більше ніж на 0,3 його діаметра. Кінці шплінта розводять: один — на торець болта (шпильки), а інший — на грань гайки. Після встановлення шплінта перевіряють відсутність тріщин і надломів на його згинах.

**Стопоріння накернюванням торця різьбового стрижня** (рис. 8.11, г) здійснюють шляхом місцевої пластичної деформації. Після затягування болта (гайки)

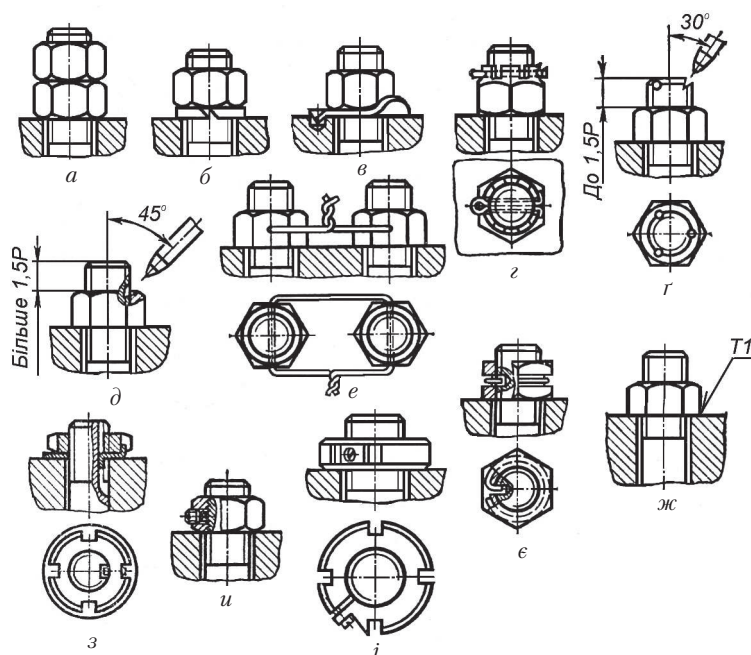


Рис. 8.11. Способи стопоріння кріпильних деталей:

- а — контргайкою; б — пружинною шайбою; в — шайбою з лапкою; г — розвідним шплінтом; г — накернюванням торця різьбового стрижня; д — боковим накернюванням різьбових деталей; е — дротом; ж — засвердлюванням гайки та різьбового стрижня і встановленням пружинного кільця з виступним усередину кінцем;
- ж — приварюванням стрижня болта до гайки; з — стопорною багатоланковою шайбою; и — стопорним гвинтом із м'якою прокладкою;
- и — розрізною гайкою, стягнутою гвинтом



роблять накернювання на краю стрижня. Цей спосіб використовують для з'єднань, які не потребують розбирання.

**Стопоріння боковим накернюванням різьбових деталей** (рис. 8.11, д) відрізняється від попереднього тим, що накернюються одночасно дві кріпильні деталі: стрижень болта (шпильки) та гайки.

**Стопоріння дротом** (рис. 8.11, е) використовують для відкритих головок болтів (гвинтів). Застосовують м'який дріт, яким попарно зв'язують головки. Попередньо просвердлюють отвори в головках болтів або гайках. Дріт вставляють послідовно або хрест-навхрест так, щоб натяг після стягування кінців створював момент, який діє в напрямку затягування. Кінці дроту скручують та обрізають на відстані 5–7 мм від початку скрутка.

**Стопоріння засвердлюванням гайки та різьбового стрижня** і встановленням пружинного кільця з виступним усередину кінцем зображено на рис. 8.11, є.

**Стопоріння різьбових з'єднань приварюванням різьбового стрижня до гайки** (рис. 8.11, ж) використовують за потреби забезпечити нерознімність різьбового з'єднання. У цьому випадку кріпильні деталі не підлягають повторному використанню.

**Стопоріння багатоланковою шайбою** показано на рис. 8.11, з.

**Стопоріння гвинтом із м'якою прокладкою** (рис. 8.11, и) забезпечує місцеве збільшення кроку різьби, підвищений осьовий тиск і тертя в різьбі. Під час вкручування різьбової деталі гвинт має бути викручений. Сам гвинт стопориться завдяки пружності основної, або кріпильної, деталі. М'яку прокладку використовують, щоб уникнути пошкодження різьби на кріпильній деталі.

**Стопоріння спеціальними гайками** (рис. 8.11, і) виконують за допомогою розрізної гайки. У такому разі в різьбі гайки виникають додаткові сили тертя від радіального натягу завдяки пружності її верхньої частини. Пружність забезпечують обтисканням розрізної гайки на еліпс або стягуванням щілини розрізу регулювальним гвинтом.

**Стопоріння пружиною** використовують у глухих отворах. Для цього пружину закладають в отвір, після чого закручують гвинт, який, стискаючи пружину, перебуватиме в постійному натягу. Це утримує гвинт від саморозкручування.

**Стопоріння лаками та клеями** використовують для малих різьбових з'єднань. Мініатюрна капсула, наповнена спеціальним клеєм, у процесі з'єднання руйнується, і клей забезпечує міцне з'єднання (клей твердне за кімнатної температури). Розбирання виконують звичайними методами, що не спричиняє руйнування деталей. Клей, крім того, забезпечує захист з'єднання від корозії.

Із зазначених способів стопоріння різьбових з'єднань найширшого застосування набуло стопоріння пружинними шайбами (75–80 %), шплінтами (10–12 %), спеціальними шайбами (5–7 %) і дротом (1–2 %).

### 8.2.6. Контроль різьбових з'єднань

Якість складання різьбових з'єднань визначають надійністю та довговічністю, які залежать від правильного їхнього затягування, складання, стопоріння тощо. Контроль різьбових з'єднань є відповідальною операцією технологічного процесу. Найпоширеніший спосіб — контроль зусилля затягування із використанням динамометричних і граничних ключів. На точність зусилля затягування значно



впливає коефіцієнт тертя. Його значення залежить від якості поверхні тертьових елементів деталей, класу точності різьби, мастильного матеріалу тощо. Залежно від цього коефіцієнт тертя може бути в межах від 0,2 до 0,4 — для різьби та від 0,08 до 0,12 — для торцевої поверхні гайки. Однак динамометричні й граничні ключі не забезпечують відповідної точності зусилля затягування.

Контроль затягування різьбового з'єднання можна виконати шляхом вимірювання довжини болта та шпильки мікрометром або індикатором годинникового типу. Ними вимірюють довжину кріпильної деталі до й після затягування з'єднання. Видовження болта вимірюють індикатором за допомогою контрольного штифта, який установлюють у спеціальному отворі болта.

### 8.3. Загальні дані про шпонкові з'єднання

**Шпонковими** називають з'єднання, призначені для закріплення на валах і осях зубчастих коліс, зірочок, шківів та інших деталей за допомогою шпонок для передавання крутного моменту від вала до маточини насадженої деталі або навпаки. Крім того, шпонками на валу фіксують розміщення деталей в осьовому напрямку.

**Шпонка** — це деталь, яку вставляють у пазах вала й насадженої на нього деталі. За характером роботи розрізняють *ненапружені* (призматичні й сегментні) і *напружені* (клинові й тангенціальні) *шпонки*, а також *нерухомі* й *рухомі шпонкові з'єднання*.

Шпонкові з'єднання прості й зручні для складання та розбирання. Їхнім недоліком є те, що шпонкові пази послаблюють переріз деталей та зменшують жорсткість під час кручення, а це може призвести до руйнування деталей з'єднання.

**Призматичні шпонки** (рис. 8.12, а) бувають звичайні та високі з округленими або плоскими кінцями. Вони призначені для нерухомих з'єднань маточин з валами й забезпечують добре центрування вала із спряжуваними деталями. Призматичні шпонки встановлюють у пазах із натягом по бокових (вузьких) сторонах і з обов'язковим зазором між широкими гранями шпонки та дном паза маточини, тобто в них має бути радіальний зазор. У перерізі вони мають форму прямокутника із взаємно паралельними протилежними гранями. Крутний момент передають бокові грані.

**Сегментні шпонки** (рис. 8.12, б) використовують тільки для нерухомих з'єднань. Вони, як і призматичні, передають крутний момент боковими гранями. Перевагою сегментних шпонок є простота виготовлення, а недоліком — необхідність виготовлення глибоких пазів у валах, що знижує їхню міцність. Тому сегментні шпонки використовують для передавання невеликих крутних моментів. За потреби на валу встановлюють дві або більше сегментних шпонок.

**Напрямні шпонки** (рис. 8.12, г) — це призматичні шпонки, які використовують у рухомих з'єднаннях для переміщення охопленої (зовнішньої) деталі вздовж вала. Їх кріплять за допомогою гвинтів. Під час з'єднання шпонку вставляють у паз із менш щільною посадкою, але з додатковим кріпленням гвинтом, а в пазу охопленої деталі роблять вільну посадку (для переміщення).

**Ковзні шпонки** (рис. 8.12, в) використовують замість напрямних, коли потрібно перемістити охоплену деталь уздовж вала на значну відстань. Такі шпонки рухаються разом з цими деталями й з'єднуються між собою за допомогою спеціального виступу циліндричної форми.

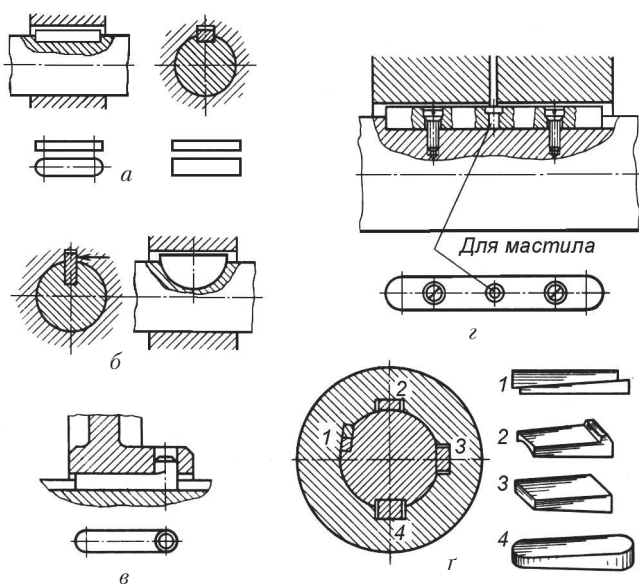


Рис. 8.12. Види шпонок:

*а* – призматичні із заокругленими та прямими торцями; *б* – сегментні;  
*в* – ковзні; *з* – напрямні; *г* – клинові: 1 – тангенціальні, 2 – з головкою,  
 3 – з плоскими торцями, 4 – з круглими торцями

**Клинові шпонки** (рис. 8.12, *г*) – це клин із нахилом 1:100, який запресовують між валом і маточиною. Вони мають прямокутний переріз і широкі робочі грані. Для звичайних клинових шпонок на валу роблять паз без нахилу, а на маточині – нахил щодо осі. Клинові шпонки використовують для складання вузлів, які не вимагають високої точності, тому що вони зміщують вісь маточини щодо осі вала й у разі короткої маточини можуть спричинити перекося з'єднання.

Залежно від виду посадочного місця на валу (лиска, паз), з'єднання називають **клиновим на лисці** або **врізним**.

**Врізні шпонки** встановлюють у пази вала й маточини. Такі шпонки забезпечують передавання значних крутних моментів і надійність з'єднання, але знижують міцність вала на 6–10 %.

**Шпонки на лисці** встановлюють на спеціальний зріз (**лиску**), виконаний на валу. Такі шпонки значно гірше утримують маточину з валом, але лиска менше послаблює вал.

**Фрикційні шпонки** мають сферичну опорну поверхню, яка відповідає діаметру вала. Їх використовують у приладобудуванні. Такі шпонки не можуть передавати значні крутні моменти, хоча міцність вала не знижується.

**Тангенціальні шпонки** (рис. 8.12, *г*, поз. 1) складаються із двох клинів з нахилом 1:100, які мають загальний поперечний переріз у формі прямокутника. Клини встановлюють назустріч один одному в паз вала, забезпечуючи передавання крутного моменту тільки в один бік. За потреби реверсивного руху встановлюють дві шпонки під кутом 120°, які передають значні крутні моменти, але знижують міцність вала. Є два виконання тангенціальних шпонок: нормальні (для діаметрів 60–100 мм) і підсилені (для діаметрів 100–1000 мм).

## 8.4. Технологія складання шпонкових з'єднань

Шпонкове з'єднання складається з вала (осі), зовнішньої деталі (маточини) і шпонки. Під час складання шпонкових з'єднань важливо дотримуватися посадок у спряженні шпонки з валом і маточиною. Основною причиною порушення правильності розподілу навантаження та зминання або руйнування шпонки є збільшення зазору в з'єднанні. Зміщення осей шпонкових пазів призводить до неправильного розміщення шпонки й незбігу бокових поверхонь пазів. Це утруднює складання через деформацію стінок паза та перекіс маточини на валу. За конструкцією призматичні шпонкові з'єднання є ненапруженими, а клинові — напруженими.

**З'єднання з призматичними шпонками виконують у такій послідовності:**

- знімають задирки та зачищають гострі грані шпонок і пазів;
- приганяють шпонку за пазом вала;
- приганяють шпонковий паз маточини за шпонкою;
- установлюють шпонку в паз вала за допомогою мідного молотка, струбцин або під пресом;
- перевіряють відсутність бокового зазору між пазом і шпонкою за допомогою щупа;
- перевіряють наявність радіального зазору між маточиною і шпонкою за допомогою щупа (розмір зазору стандартизований). Коли неможливо перевірити радіальний паз, до складання треба детально перевірити розміри пазів вала й маточини за допомогою шаблонів.

Призматичні шпонки вставляють без зазору по бокових гранях. У зібраному з'єднанні між верхньою гранню шпонки й основою паза маточини має бути зазор (табл. 8.10).

Таблиця 8.10

### Залежність діаметра вала й зазору між поверхнями шпонки та паза

Діаметр вала, мм	25–90	90–170	Понад 170
Зазор, мм	0,3	0,4	0,5

З'єднання призматичними шпонками буде ненапруженим і може передавати тільки крутний момент, але не осьові сили.

**З'єднання з клиновими шпонками** не забезпечують високої точності складання. Клинові шпонки запресовують (забивають) у пази вала й маточини молотком через м'яку прокладку. Під час складання потрібно стежити за тим, щоб шпонка щільно прилягала до дна (основи) паза вала й маточини та мала зазори на своїх бокових гранях. Розміри цих зазорів наведено в табл. 8.11.

Таблиця 8.11

### Залежність зазору між пазом і шпонкою від номінальних розмірів шпонок

Номінальні розміри шпонок, мм		Зазор, мм
Ширина	Висота	
12–18	5–11	0,35
20–28	8–16	0,4
32–50	11–28	0,5
60–100	32–50	0,6

Клинові шпонки створюють напружене з'єднання, яке може передавати не тільки крутний момент, а й осеві сили. Кути нахилу на робочій поверхні шпонки й у пазу маточини мають збігатися, бо інакше деталь розміщуватиметься на валу з перекосом. Точність посадки й відсутність зазору між дном паза маточини та поверхнею шпонки перевіряють щупом з обох боків маточини. Наявність зазору з одного боку вказує на незбіг кута нахилу шпонки з нахилом паза в маточині. Це не завжди забезпечує механічна обробка паза маточини, тому під час складання доводиться припилювати або шабрувати паз.

**З'єднання з тангенціальними й сегментними шпонками** виконують так само, як і з клиновими.

**Пригінку та контроль шпонкових з'єднань** виконують в умовах одиничного й дрібносерійного виробництва, коли до з'єднання ставлять вимоги підвищеної точності.

*Пригінку виконують у такій послідовності:*

- установлюють вал у призмах на плиті горизонтально;
- шабрують бокові стінки паза, стежачи за тим, щоб вони були паралельні до його осі (допускається відхилення від паралельності не більше ніж 0,01 мм на 200 мм довжини паза);
- перевіряють паралельність стінок паза індикатором, а його ширину — калібром;
- перевіряють висоту виступаючої частини шпонки за допомогою мікрометричної головки й мостика, а взаємне розташування шпонок на валу контролюють індикатором.

Особливу увагу приділяють точності центрування шпонкового з'єднання та щільності посадки на валу маточини.

**Витягування шпонок** із пазів вала й маточини виконують м'якими вибивачами (рис. 8.13, а, б). Для розбирання з'єднань зовнішню деталь зсувають із посадочного місця, а коли деталь закріплена на кінці вала — видаляють шпонки з паза. Шпонку з головкою витягують спеціальними пристосуваннями. Якщо до

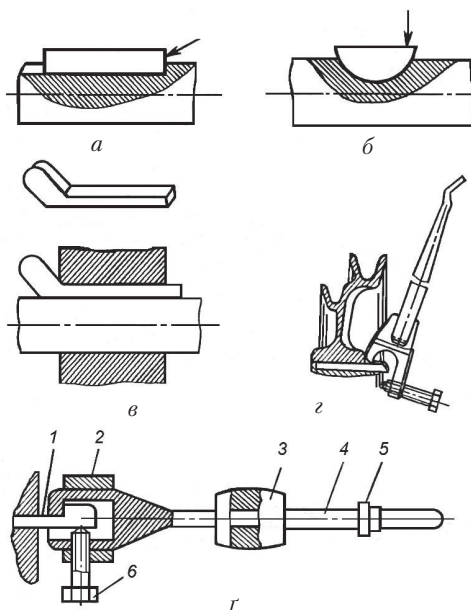


Рис. 8.13. Способи витягування шпонок:

- а — призматичної; б — сегментної;  
 в — клинкової з головкою; з — важільним інструментом; р — спеціальним пристосуванням: 1 — шпонка, 2 — кільце, 3 — вантаж, 4 — стрижень, 5 — упор, 6 — гвинт

клинової шпонки є доступ з боку, протилежного головці, то її виштовхують спеціальним вибивачем (рис. 8.13, в). Коли ж доступу немає, для витягування клинової шпонки використовують прості важільні інструменти (рис. 8.13, г) або спеціальні пристосування (рис. 8.13, г).

Спеціальне пристосування встановлюють на головку шпонки 1 і закріплюють за допомогою кільця 2 і гвинта 6. Вантаж 3 може вільно переміщатися вздовж стрижня 4. На кінці стрижня є упор 5. Ударяння вантажем 3 в упор 5 створює осьові сили, які забезпечують витягування шпонки з паза.

Для витягування клинових шпонок **категорично заборонено** користуватися молотком і зубилом, яке забивається між головкою шпонки й маточиною, через можливість викривлення шпонки та пошкодження торцевих поверхонь маточини, а також викривлення вала.

### 8.5. Загальні дані про шліцьові з'єднання

**Шліцьовими** називають з'єднання, які використовують для передавання значних крутних моментів і точного центрування деталей на валах. У таких з'єднаннях застосовують виступи на валу (їх називають *шліцями*), що входять у відповідні пази в маточині. Шліцьові з'єднання бувають *рухомі*, коли охоплені (зовнішні) деталі можуть переміщатися вздовж вала, і *нерухомі*, коли ці деталі закріплені на валу. Шліцьові з'єднання забезпечують більшу міцність, тому що вал менше послаблюється шліцями, ніж гніздами під шпонки.

*Шліцьові з'єднання мають певні переваги перед шпонковими, а саме:*

- деталі на валах краще центруються;
- збільшується площа поверхні зминання на гранях шліців;
- зменшується ослаблення міцності вала;
- забезпечується передавання більшої кількості крутних моментів.

Профілі шліців поділяють на прямобічні, евольвентні й трикутні (рис. 8.14).

*Прямобічні* шліцьові з'єднання використовують із центруванням по зовнішньому  $D$  і внутрішньому  $d$  діаметрах (рис. 8.15, а, б), а також по бокових гранях шліців (рис. 8.15, в).

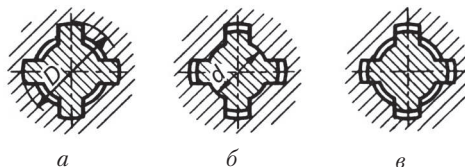


Рис. 8.14. Профілі шліців:

а — прямобічні; б — евольвентні; в — трикутні

Рис. 8.15. Способи центрування шліцьових з'єднань:

а, б — по зовнішньому та внутрішньому діаметрах;  
в — по бокових гранях шліців



*Евольвентні* шліцьові з'єднання використовують із centruванням по бокових гранях шліців і зовнішньому діаметру. Такі з'єднання забезпечують високу міцність шліців.

*Трикутні* шліцьові з'єднання використовують із centruванням тільки по бокових гранях шліців для передавання невеликих крутних моментів.

Залежно від посадки центрувальних поверхонь шліцьові з'єднання бувають *тугорознімні, легкорознімні й рухомі*.

## 8.6. Технологія складання шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання зазвичай складають без слюсарних і припасовувальних робіт, тому що після механічної обробки деталей з'єднання має забезпечувати їхню повну сумісність. Підготовку до складання шліцьових з'єднань починають із візуального огляду деталей щодо відсутності на них задирок, забоїн та інших дефектів. Для запобігання можливому заїданню шліців необхідно, щоб були правильно виготовлені зовнішні фаски на торцях деталей та заокругленнях шліців.

Під час складання тугорознімних (нерухомих) шліцьових з'єднань, які мають глуху, тугу або щільну посадку, зовнішню деталь напресовують на вал за допомогою спеціального пристосування або на пресі.

**Не рекомендовано** складати з'єднання за допомогою молотка або кувалди, тому що від різних за силою ударів утворюються задирки на шліцах або переки насаджуваної деталі. Коли за допомогою преса важко отримати потрібну посадку, зовнішню деталь перед напресуванням нагрівають до температури  $+100-120$  °С, а після посадки й охолодження на повітрі перевіряють точність складання.

Для складання легкорознімних і рухомих шліцьових з'єднань застосовують незначні зусилля. Насаджені деталі перевіряють на биття та гойдання (*люфт*). Причиною перекоосу спряжених деталей у легкорознімному з'єднанні є зазори. Залежно від потрібної точності та довжини шліцьового з'єднання відхилення допускається в межах  $0,01-0,02$  мм на довжині  $100-200$  мм. Велике значення має збіг осей отвору насадженої деталі та шліцьового вала. Коли осі збігаються, то всі шліці вала контактують із шліцями отвору, а якщо ні, то такого контакту не буде. Це значно погіршує умови роботи з'єднання.

Для перевірки співвісності вала й маточини використовують фарбу, за відбитками якої встановлюють правильність складання.

Нерухомі шліцьові з'єднання перевіряють тільки на биття.

## 8.7. Технологія складання конусних з'єднань

Конусні з'єднання використовують для насадження шківів, зубчастих коліс, муфт та інших деталей на кінці валів. Насаджені деталі закріплюють шайбою та гайкою, яку накручують на хвостовик вала з різьбою (*рис 8.16, а; с. 122*) або за допомогою гвинта, який укручують у різбовий отвір вала.

Конусні з'єднання є нерухомими й мають переваги над циліндричними: краще самоцентрування вала й маточини (втулки), що унеможливорює перекоси деталей, і спрощується складання та розбирання з'єднань.

**Конусні з'єднання** складають такими способами: затягуванням на різьбі, ударним зусиллям, запресовуванням або за допомогою нагрівання.



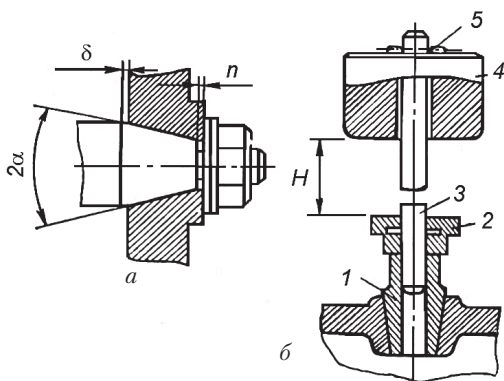


Рис. 8.16. Конусні з'єднання:

- a* – з'єднання, закріплене гайкою;  
*b* – з'єднання за допомогою ударного зусилля; 1 – напрессована деталь;  
 2 – накладка; 3 – стрижень; 4 – вантаж;  
 5 – штифт

Дотримуючись заданих вимог до натягу, під час складання застосовують спеціальні пристосування, які дають змогу контролювати зусилля запресовування. Для цього наносять удари певної сили (рис. 8.16, б) або використовують прес із тарованим зусиллям на штоці. По стрижню 3 вільно переміщується вантаж 4. Довжину стрижня вибирають так, щоб висота  $H$  була достатньою для створення потрібної сили удару, що передається через накладку 2 до напрессованої деталі 1. Підйом вантажу обмежується штифтом 5. Сила удару тарована залежно від висоти  $H$  підйому вантажу й регулюється перестановкою штифта 5. Прес має бути оснащений пристроєм для забезпе-

чення стабільності потрібного зусилля на штоці.

Під час складання конусних з'єднань перевіряють: кути конусів  $2\alpha$  (рис. 8.16, а); щільність прилягання конусних поверхонь на фарбу й на гойдання (*люфт*); розмір зазору  $n$  між торцями вала та маточини, що потрібний для створення натягу під час запресовування деталей (кінець вала не повинен доходити до торця маточини); правильність розміру  $\delta$ , який дорівнює різниці розміщення конуса до й після затягування.

Для надійного передавання великого крутного моменту конусне з'єднання доповнюють шпонковим.

Якщо під час складання кількох однакових комплектів конусних з'єднань виявляють невідповідність кутів спряжуваних конусів, то спряжувані пари підбирають і маркують.

## 8.8. Технологія складання клинових з'єднань

**Клиновими** називають з'єднання, призначені для встановлення (фіксації) деталей у потрібному положенні. Вони складаються з клина, втулки та стрижня. Клин вставляють у наскрізні прорізи стрижня та втулки як кріпильну деталь.

Клинові з'єднання залежно від призначення поділяють на *силові* (рис. 8.17, а) і *встановлювальні* (рис. 8.17, б). Клини забезпечують міцність з'єднання, фіксацію деталей у потрібному положенні й регулювання їхнього розміщення.

Залежно від способу складання розрізняють *напружені* й *ненапружені* клинові з'єднання.

Широко використовують напружені клинові з'єднання за знакозмінних навантажень. Попередній натяг у них створюють за допомогою заплечиків на стрижні 1 або посадки хвостовика у втулці 2 на конусі. Утримування клина 3 проходить тільки завдяки силам тертя. Для забезпечення надійного утримування клина в силових з'єднаннях його нахил має бути невеликим: 1 : 100, 1 : 40 або 1 : 30.

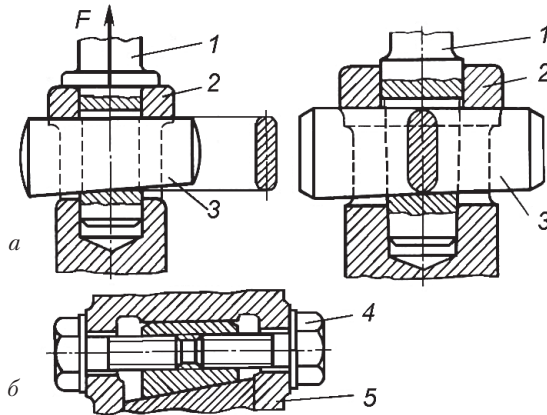


Рис. 8.17. Клинові з'єднання:

*a* – силові; *б* – встановлювальні; 1 – стрижень; 2 – втулка;  
3 – клин; 4 – гвинт; 5 – корпус

## 8.9. Складання штифтових з'єднань

**Штифтовими** називають з'єднання, які використовують для точної взаємної фіксації деталей (за відсутності інших фіксувальних або центрувальних деталей), для обмеження переміщення однієї деталі щодо іншої, для передавання невеликих навантажень, а також як упори.

За формою штифти поділяють на циліндричні й конічні. *Циліндричні штифти* (рис. 8.18, *a*) встановлюють в отворі з натягом, вони утримуються тертям. Під час розбирання з'єднання посадка може змінюватися. *Конічні штифти* забезпечують щільні безлофтові з'єднання деталей.

Для з'єднань, які не піддаються великим зусиллям на зріз (здебільшого всі штифтові з'єднання працюють на зріз), використовують прості *трубчасті розрізні штифти* з пружної листової сталі. Для того щоб штифти не випадали, їх накернюють або встановлюють спеціальні пружинні кільця, які виготовляють із дроту діаметром 0,5–0,8 мм.

Для з'єднання деталей штифтами використовують спеціальні оправки. Коли треба отримати щільне безлофтове з'єднання, дві деталі одночасно розсвердлюють і в одержані отвори вставляють штифти. Повністю штифти встановлюють на потрібне місце ударами молотка. Під час розбирання з'єднань штифти вибивають спеціальними вибивачами з відповідними підставками.

Отвори для встановлення конічних штифтів просвердлюють у процесі складання. Спочатку свердлять циліндричний отвір в одній половині маточини, а потім,

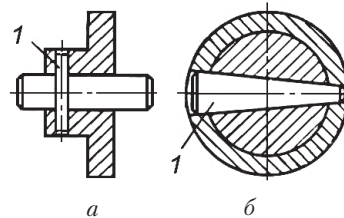


Рис. 8.18. Штифтові з'єднання:

*a* – із циліндричним штифтом 1;  
*б* – з конічним штифтом 1

після її встановлення на вал, свердлять наскрізний отвір у валу й у другій половині маточини. Насамкінець конічною розверткою розвертають отвори й уставляють штифт (рис. 8.18, б).

Конічні штифти (рис. 8.19, а–в) бувають гладкі, розвідні та з різьбою. Розвідні штифти використовують, коли з'єднання зазнають поштовхів, вібрацій. Щоб запобігти випаданню штифта, його розрізані кінці розводять. Штифти з різьбою використовують для встановлення в глухий отвір, з якого їх неможливо вибити. Для витягування таких штифтів на кінець із різьбою накручують гайку.

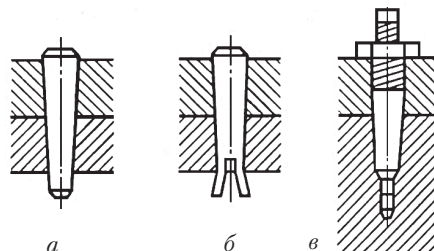


Рис. 8.19. Типи конічних штифтів:

а — гладкий; б — розвідний; в — з різьбою

Надійність штифтових з'єднань залежить від правильності підбирання конічного штифта до отвору. Нормальний натяг буде тоді, коли штифт входить в отвір під час установлення на 70–75 % від його довжини. На решту довжини штифт забивають молотком з використанням оправки або запресовують пресом.

**Рекомендовано** для кращого розбирання штифтових з'єднань залишати незначний виступ кінця штифта над поверхнею деталі. Штифтові з'єднання розбирають за допомогою спеціальних вибивачок з підставками.

## 8.10. Байонетні та клемові з'єднання. Шплінти

Різновидом штифтових легкокорознімних з'єднань є **байонетне** (рис. 8.20) — з'єднання двох деталей циліндричної форми під час введення однієї деталі в іншу з подальшим її прокручуванням, коли виступи (штифти, гвинти) однієї деталі входять у паз іншої.

Байонетні з'єднання використовують у часто з'єднуваних і роз'єднуваних вузлах: патронах та екранах ламп, з'єднувальних муфтах кабелів тощо. Щоб уникнути

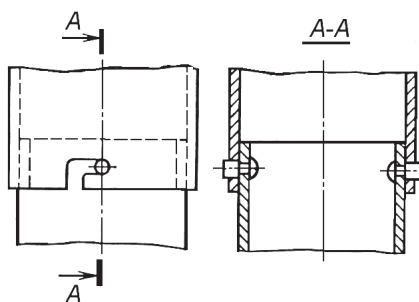


Рис. 8.20. Байонетне з'єднання

самовільного роз'єднання під час вібрацій, використовують спеціальні конструкції із замками — пружини, фіксувальні канавки тощо.

**Клемові з'єднання** — це такі, що передають зовнішні навантаження завдяки силам тертя, які створені затягуванням болтів чи гвинтів. Тому клемові з'єднання інколи називають **фрикційно-гвинтовими**. Їх застосовують для закріплення на валах, осях та інших циліндричних деталях кривошипів,

важелів і шківів, якщо вони вимагають частих перестановок. Прикладом може бути кленове з'єднання сідла велосипеда з рамою.

За конструктивними ознаками розрізняють два **типи клемових з'єднань**:

- 1) клемові з'єднання з маточиною, що має розріз;
- 2) клемові з'єднання з рознімною маточиною.

Рознімна маточина дещо збільшує масу й вартість з'єднання, проте є можливість установлювати клеми на валу незалежно від сусідніх ділянок та інших деталей, розташованих на валу.

Переваги клемових з'єднань: простота монтажу й демонтажу; самозбереження від перевантажень; можливість регулювання взаємного розташування деталей як в осьовому, так і в радіальному напрямках.

Недоліками є утрудненість точного встановлення маточини відносно вала й обмеженість граничних навантажень силами тертя між контактними поверхнями.

**Розвідні шплінти** використовують для кріплення шайб і гайок на осях і болтах. Шплінт вільно вставляється в отвір, а кінці його розводять в різні боки, завдяки чому він утримується.

### **Запитання та завдання**

1. Назвіть різьбові кріпильні деталі.
2. Укажіть основні види різьбових з'єднань.
3. Чим відрізняється болтове з'єднання від гвинтового?
4. Для чого призначені шайби?
5. Яких вимог необхідно дотримуватися під час складання різьбових з'єднань?
6. Охарактеризуйте особливості технології складання болтових і гвинтових з'єднань.
7. Як визначають розміри отвору для нарізання внутрішньої метричної різьби?
8. Як виконують затягування різьбових з'єднань?
9. Охарактеризуйте технологію складання шпилькових з'єднань.
10. Назвіть способи закручування шпильок.
11. Назвіть похибки розташування шпильок щодо з'єднаних деталей.
12. Як виймають поламані шпильки?
13. Які особливості складання арматурних різьбових з'єднань?
14. Охарактеризуйте технологію складання самоформуєчих різьбових з'єднань.
15. Наведіть приклади стопоріння різьбових з'єднань.
16. Як контролюють різьбові з'єднання?
17. Для чого призначені шпонкові з'єднання?
18. Які є види шпонок?
19. Охарактеризуйте технологію складання шпонкових з'єднань.
20. Як виконують пригінку та контроль шпонкових з'єднань?
21. Назвіть способи витягування шпонок.
22. За яких умов застосовують шліцьові з'єднання?
23. Які є профілі шліців?
24. Охарактеризуйте технологію складання шліцьових з'єднань.
25. Назвіть способи складання конусних з'єднань.
26. Охарактеризуйте технологію складання клинових з'єднань.
27. Як виконують складання штифтових з'єднань?
28. Охарактеризуйте байонетне з'єднання.

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ НЕРОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ

### 9.1. Загальні дані про нерознімні з'єднання

**Нерознімними** називають з'єднання, розбирання яких неможливе без руйнування з'єднаних деталей. Вони бувають нерухомі та рухомі.

**Нерухомими нерознімними з'єднаннями** є зварні, паяні, клейові, заклепувальні, пресові й вальцювальні. Деякі з цих з'єднань можуть бути рухомими, наприклад заклепувальні й вальцювальні. У нерухомих нерознімних з'єднаннях розміщення деталей завжди є незмінним, а в **рухомих нерознімних** відбувається зміщення деталей одна щодо іншої.

**Пресовими** називають з'єднання, у яких одна деталь охоплює іншу з натягом. За такого з'єднання деталі не можуть зміщуватися між собою під впливом попередніх навантажень. Натяг залежить від шорсткості поверхонь спряжених деталей. Рекомендована шорсткість  $R_a = 2,500 \div 0,63$  мкм.

### 9.2. Складання пресових з'єднань із використанням пластичної деформації

З'єднання шляхом пластичної деформації використовують із деталями, які мають достатню пластичність (сталь, мідь, алюміній та ін.). Для створення пластичної деформації деталь піддають напругам, більшим за їхню границю пружності, але меншим від границі міцності. У пресових з'єднаннях не можна використовувати деталі з таких крихких матеріалів, як чавун, бронза та ін.

Найпоширенішими видами з'єднання деталей із використанням пластичної деформації є розвальцювання, відбортовування та розкатування.

**Розвальцювання** застосовують для з'єднання труб із фланцями й іншими деталями. За цього виду з'єднання натяг створюється завдяки радіальному розширенню труби обертовим роликівим інструментом — *вальцівкою*. Вальцівки бувають ручні й машинні.

**Ручна вальцівка** (рис. 9.1, а) складається із сталевого стрижня, на одному кінці якого є конус 1, а на іншому — квадратна головка 4 для захоплення воротком. Стрижень подається вперед пустотілим гвинтом 3, який укручується в корпус. Для розвальцювання на кінець труби 5 установлюють фланець 6 із канавками в його отворі. Потім у трубу вставляють вальцівку й починають її обертати. Під час обертання роликівки 2, які насаджені на конус 1, будуть розвальцювати трубу, утискаючи її метал у канавки фланця.

**Машинні вальцівки** (рис. 9.1, б) приводять у дію переносні пневматичні або електричні машини. Під час обертання стрижня 7 разом із конусом 12 роликівки 8 і корпусу 9 передається обертовий рух. Стрижень 7 укручується в корпус і розсуває роликівки, допоки гайка 10 не буде дотикатися торцевими зубами до зубів муфти 13, яка підтискається пружиною 14. Характерне потріскування вказує на закінчення процесу розвальцювання. Натяг пружини 14 регулює гайка 10, яка стопориться контргайкою 11. Для витягування вальцівки їй надають зворотного обертання. Швидкість машинного розвальцювання становить 15–20 м/хв.

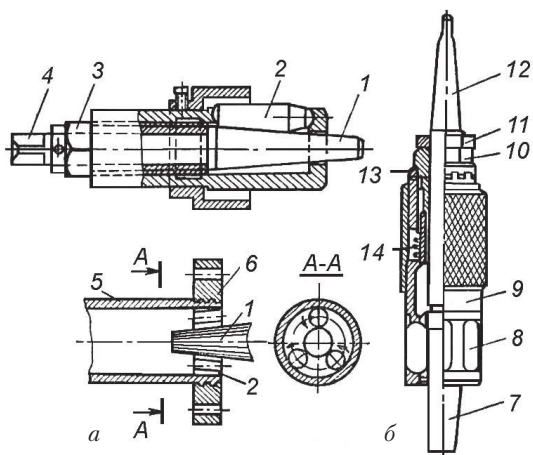


Рис. 9.1. Вальцівки:

*a* – ручна вальцівка і схема розвальцьовування труби; *б* – машинна вальцівка;  
 1, 12 – конуси; 2, 8 – ролики; 3 – гвинт; 4 – квадратна головка; 5 – труба;  
 6 – фланець; 7 – стрижень; 9 – корпус; 10 – гайка; 11 – контргайка;  
 13 – муфта; 14 – пружина

Для розвальцьовування труб використовують також метод «вибухового дроту». Трубу вільно встановлюють у фланець. Усередину труби укладають дріт, з'єднаний із джерелом живлення. Під впливом імпульсу струму великої потужності (напругою 5–10 кВ) дріт з діелектричним покриттям миттєво (за 10–15 мкс) випаровується, утворюючи вибухову хвилю, яка розвальцьовує трубу. Механізація процесу вальцювання підвищує продуктивність праці порівняно з ручним процесом у 8–10 разів.

Кінці труб розвальцьовують і вручну. У цьому випадку гайку 1 (рис. 9.2, *a*) установлюють на трубу 2 і затискають у лещатах 3. Оправкою 4 розвальцьовують торець труби та притискають її до гайки 1 (рис. 9.2, *б*).

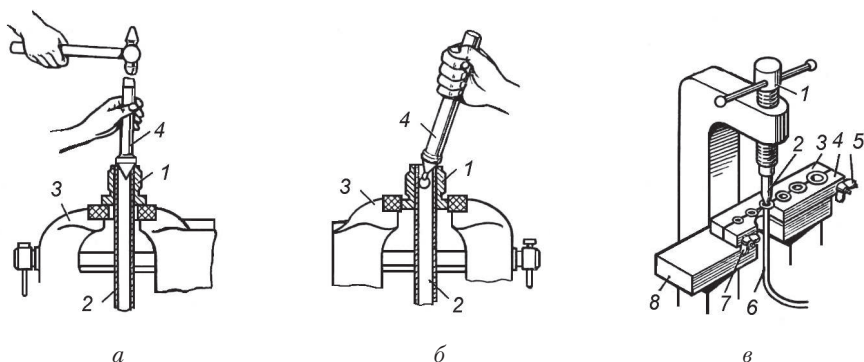


Рис. 9.2. Ручне розвальцьовування:

*a* – притискання кінця труби до гайки; *б* – розвальцьовування кінця труби оправкою;  
 1 – гайка, 2 – труба, 3 – лещата, 4 – оправка; *в* – розвальцьовування гвинтовим пристосуванням: 1, 5, 7 – гвинти, 2 – центр, 3, 4 – пластини, 6 – трубка, 8 – стіл



Зручніше виконувати розвальцьовування за допомогою гвинтового пристосування (рис. 9.2, в; с. 127). Трубку 6 уставляють в один з отворів (матрицю) між двома паралельними пластинами 3 і 4, які закріплюють гвинтами 5 і 7. Пластини укладають у прорізи стола 8 так, щоб трубка 6 містилася під центром 2. Повертаючи гвинт 1 його конусною частиною, розвальцьовують трубку.

**Відбортовування** — це з'єднання деталей шляхом відгинання кінців труб (бортів) на кут  $90^\circ$  до осі труби для закріплення на них фланців або інших деталей. Відбортовування виконують ручним способом, на пресах і відбортовувальних верстатах.

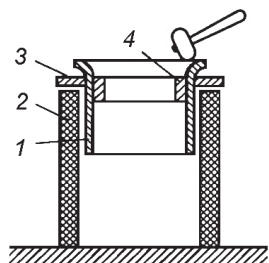


Рис. 9.3. Відбортовування:

- 1 — заготовка;
- 2 — упор; 3 — фланець;
- 4 — розпірне кільце

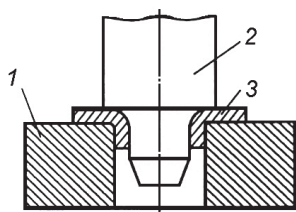


Рис. 9.4. Відбортовування оправкою:

- 1 — матриця;
- 2 — оправка (пуансон);
- 3 — борт

Ручне відбортовування виконують металевими, текстолітовими та дерев'яними молотками на ковадлі за допомогою оправок і розпірних кілець. У разі відбортовування на ковадлі, яке закріплюють у лещатах, удари наносять не прямо по краях, а навскіс, щоб не утворилися тріщини. Операцію виконують поступово за три переходи. Під час першого переходу кромки відгинають на кут  $30-45^\circ$ , під час другого — на  $60^\circ$  і під час третього — на  $90^\circ$ . Борт утворюється внаслідок розтягування металу під ударами молотка (рис. 9.3).

**Рекомендовано**, щоб не змінився основний діаметр труби, усередину вставляти (запресовувати) розпірне кільце. Фланець туго встановлюють на зовнішню поверхню труби й ударами молотка здійснюють відбортовування.

У разі відбортовування за допомогою оправок (пуансона) 2 і матриці 1 удари наносять молотком або створюють осьовий тиск пуансоном (рис. 9.4).

**Розкатування** виконують для одержання нерухомих з'єднань тонкостінної трубки (втулки) з корпусом. Втулка, яку запресовують із невеликим натягом, розтискається роликми обертової розкатки до потрібного діаметра. Через пластичну деформацію втулки на спряжених поверхнях проходить активне зчеплення мікронерівностей та збільшується міцність посадки. Спочатку роликам надають радіальну подачу, а потім калібрують отвір за постійного розміщення роликів. Частота обертання розкатки становить  $90-120$  об/хв, тривалість розкатування —  $1,2-1,5$  хв, зокрема калібрування —  $18-20$  с. Припуск на розкатування не перевищує  $0,04-0,06$  мм (для втулок діаметром  $50$  мм).

### 9.3. Складання пресових з'єднань за допомогою механічного впливу

Залежно від потрібного зусилля запресовування деталей виконують вручну молотками або на ручних, гідравлічних, пневматичних пресах і домкратах. Уручну запресовують невеликі деталі (штифти, клини, шпонки), користуючись сталевими, мідними, свинцевими, дерев'яними молотками або кувалдами.

Перед запресовуванням деталі уважно оглядають, щоб на них не було гострих кромек з боку запресовуваного кінця, задирок, подряпин та інших дефектів. Придатні деталі промивають, запресовуваний кінець змащують мастилом для зменшення тертя. Як мастило використовують *сірчаний молібден* — порошок, який наносять на поверхні спряжуваних деталей. Це забезпечує відсутність задирок у разі розбирання пресового з'єднання.

Запресовуючи деталі, спочатку завдають легких ударів, щоб деталь увійшла в отвір без перекосів. Потім збільшують силу ударів, а завершують запресовування різким ударом, щоб деталь щільно сіла на своє місце.

Для запресовування малих деталей використовують **молотки із вставними бойками** з м'якого металу або пластмаси (рис. 9.5, а). Під час складання та розбирання пресових з'єднань користуються **вибивачами** (рис. 9.5, б) із змінними наконечниками.

Для запресовування втулок молотками використовують різні **оправки** (рис. 9.5, в). Хвостовик оправки вводять у втулку й наносять удари по головці оправки. Запресовування виконують за допомогою кільця з м'якого металу. Також застосовують **гвинтові пристосування** (рис. 9.5, г): для запресовування втулки 9 у корпус 10 закручують гайку 11.

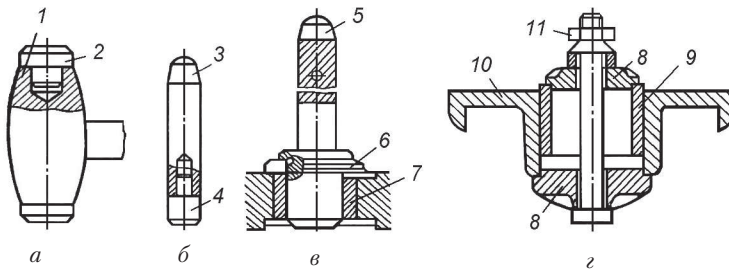


Рис. 9.5. Інструменти та пристосування для складання пресових з'єднань:

а — молоток із вставним бойком; б — вибивач; в — оправка; г — гвинтове пристосування;  
1 — молоток; 2 — вставний бойок; 3 — стрижень; 4 — змінний наконечник; 5 — оправка;  
6 — кільце; 7, 9 — втулки; 8 — шайба; 10 — корпус; 11 — гайка

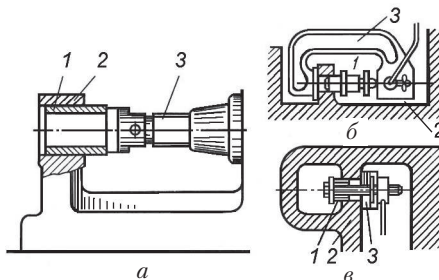


Рис. 9.6. Способи запресовування деталей:

а — ручним домкратом; б, в — домкратом з гідравлічним і гвинтовим пристосуваннями; 1 — запресовувана деталь; 2 — корпус; 3 — домкрат

Для запресовування невеликих деталей у важкі корпусні деталі, особливо у важкодоступних місцях, використовують **домкрати** з ручним (рис. 9.6, а) або пневматичним приводом, гідравлічні (рис. 9.6, б) і гвинтові (рис. 9.6, в) пристосування, які забезпечують плавність і надійність запресовування.

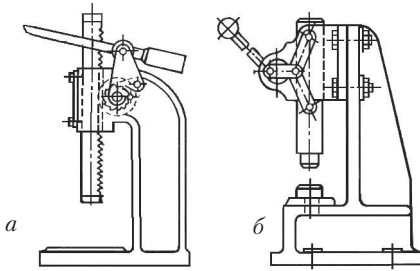


Рис. 9.7. Види пресів:  
 а – рейково-важільний;  
 б – ексцентриковий

Механізоване запресовування виконують на пресах. Для запресовування та випресовування невеликих деталей (пальців, втулок, валиків, штифтів) використовують **ручні преси**. Вони бувають гвинтові, рейково-важільні (рис. 9.7, а) та ексцентрикові (рис. 9.7, б).

**Пневматичні преси** використовують для запресовування деталей із зусиллям від 420 до 3400 кгс/см<sup>2</sup> (42–340 МПа).

**Гідравлічні преси** використовують для запресовування деталей із зусиллям від 3000 до 200 000 кгс/см<sup>2</sup> (300–20 000 МПа).

Запресовування спочатку виконують на малій швидкості та з невеликим зусиллям, а наприкінці різко натискають на деталь. Це забезпечує щільність посадки деталі. Коли деталь пройде чверть своєї довжини, її запресовують з більшою швидкістю — 3–5 мм/с.

Для визначення натягів необхідно знати діаметр з'єднання, клас точності й вид пресової посадки. Надто великі натяги спричиняють тріщини, а малі — недостатні для надійного з'єднання деталей.

Перед запресовуванням вимірюють спряжувані поверхні деталей та визначають **натяг**  $H$  як різницю між дійсними розмірами (діаметрами) вала й отвору відповідно:

$$H = d - D.$$

Наприклад, якщо діаметр вала становить 50,095 мм, а отвір втулки 50,035 мм, то натяг  $H = 50,095 - 50,035 = 0,06$  мм.

**Зусилля запресовування** залежить від довжини спряжуваних поверхонь. Його визначають за формулою:

$$P = f\pi d p L,$$

де  $P$  — зусилля запресовування, кгс;

$f$  — коефіцієнт тертя (з мащенням становить 0,85 і без мащення — 0,13);

$d$  — зовнішній діаметр запресовуваної деталі, мм;

$p$  — питомий тиск на спряжуваних поверхнях, кгс/мм<sup>2</sup>;

$L$  — довжина спряжуваних поверхонь, мм.

**Тиск на поверхні спряження**, кгс/см<sup>2</sup>, визначають за формулою:

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{H}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}},$$

де  $H$  — натяг, см;

$C_1$  і  $C_2$  — коефіцієнти, що характеризують відносні діаметри спряжуваних деталей (табл. 9.1);

$E_1$  і  $E_2$  — модулі пружності матеріалу вала й отвору, кгс/см<sup>2</sup> (табл. 9.2).

Таблиця 9.1

Значення коефіцієнтів  $c_1$  і  $c_2$ 

$\frac{d_0}{d}$ або $\frac{D_1}{D}$	$c_1$	$c_2$
0,0	0,70	—
0,1	0,72	1,32
0,2	0,78	1,38
0,3	0,89	1,48
0,4	1,08	1,68
0,5	1,37	1,97
0,6	1,83	2,43
0,7	2,62	3,22
0,8	4,25	4,85
0,9	9,23	9,83

Примітка:  $d_0$  і  $d$  – внутрішній та зовнішній діаметри втулки;  
 $D_1$  і  $D$  – внутрішній та зовнішній діаметри маточини (отвори).

Таблиця 9.2

Коефіцієнти лінійного розширення та модулі пружності  
для різних матеріалів

Матеріал	$\alpha + 1^\circ$		Модуль пружності, кгс/см <sup>2</sup>
	за нагрівання	за охолодження	
Сталь	0,000 012	– 0,000 003 5	2 000 000–2 100 000
Чавун	0,000 010	– 0,000 008	750 000–1 050 000
Мідь	0,000 016	– 0,000 014	1 250 000
Бронза	0,000 017	– 0,000 015	850 000
Латунь	0,000 018	– 0,000 016	800 000
Алюміній	0,000 023	– 0,000 018	650 000–750 000

Товстостінні втулки встановлюють у корпус із щільною посадкою та з додатковим кріпленням (стопорінням). Стопоріння виконують по зовнішньому обводу й по торцю. Для цього просвердлюють глухий отвір, нарізають різьбу й закручують стопорний гвинт.

## 9.4. Складання пресових з'єднань із використанням теплового впливу

З'єднання деталей із натягом під час нагрівання зовнішньої деталі або охолодження внутрішньої базується на явищі розширення деталей під впливом нагрівання та зменшення їхнього об'єму під час охолодження (*див. табл. 9.2; с. 131*). Створені при цьому натяги вдвічі більші, ніж у звичайних пресових з'єднаннях, а міцність підвищується втричі. Це відбувається завдяки тому, що нерівності спряжуваних поверхонь не згладжуються, а зчіплюються, збільшуючи міцність з'єднання. Тому немає потреби в додатковому кріпленні деталей.

Складання з тепловим впливом виконують із загальним або місцевим нагріванням зовнішньої деталі. Цей спосіб застосовують для з'єднання деталей великого діаметра та з малою площею поверхні спряження.

Деталі малих і середніх розмірів нагрівають у водяних або масляних ваннах. Для великогабаритних деталей використовують місцеве нагрівання ділянки, яка прилягає до посадочного отвору, газовим полум'ям, електричними спіралями або індуктором струмів високої частоти. Температура нагрівання — від +75 до 400 °С. Загальне підігрівання виконують у печах або горнах. Інтенсивність і тривалість нагрівання встановлюють залежно від потрібного натягу в межах технічних вимог.

Недоліком таких з'єднань є потреба прикладати значні зусилля під час розбирання з'єднань, особливо за великих поверхневих спряжень, і пошкодження спряжуваних поверхонь, що значно знижує міцність після повторного з'єднання деталей. Інколи під час розбирання руйнується одна з деталей.

## 9.5. Складання пресових з'єднань методом глибокого охолодження

З'єднання деталей методом глибокого охолодження полягає в охолодженні внутрішньої деталі (вала) до температури, достатньої для вільного встановлення її в отвір зовнішньої деталі. Порівняно з іншими методами запресовування цей метод має такі переваги: зменшується деформація запресовуваної деталі, забезпечується висока міцність з'єднання, відсутність задирок і короблення від нагрівання, підвищується продуктивність.

Глибоке охолодження деталей виконують у рідкому азоті (температура –195,8 °С) або у твердій вуглекислоті (температура –78,5 °С). Під час охолодження в рідкому азоті різниця температур деталей досягає –200...215 °С, а у твердій вуглекислоті — майже –100 °С. Для охолодження деталей не використовують рідкий кисень або повітря через їхню вибухонебезпечність.

Для **охолодження деталей у рідкому азоті** використовують спеціальну посудину з подвійними стінками, кришкою з отвором для виходу газів та отвором для заливання рідини. Між стінками посудини й кришкою розміщують термоізолятор.

**Складання методом охолодження виконують у такій послідовності:**

- детально очищають спряжувані поверхні від бруду, пилу й мастил;
- перевіряють відсутність задирок та інших нерівностей;
- встановлюють упор для правильного запресовування;
- завантажують деталі в посудину за допомогою кліщів;
- у посудину заливають охолоджувальну рідину (рівень рідини має перекривати деталі на 80–100 мм).

Ознакою глибокого охолодження деталі є припинення бурхливого кипіння охолоджувальної рідини. Тонкостінні деталі завтовшки 7–10 мм витримують у рідкому азоті 8–10 хв, завтовшки 20–30 мм — 15–20 хв, завтовшки 40–50 мм — 25–35 хв. Витрати рідкого азоту становлять майже 0,6 л на 1 кг маси зануреної в азот деталі в разі охолодження її до температури  $-195,8$  °С. Якщо температура охолодження деталі є вищою, то для охолодження 1 кг маси деталі на 1 °С необхідно 0,003 л рідкого азоту.

Після охолодження деталі швидко виймають кліщами й установлюють в отвори. Удари по деталі не допускаються через зменшення ударної в'язкості металу й можливість виникнення тріщин.

Для **з'єднання деталей з використанням твердої вуглекислоти** застосовують спеціальний термос. Щоб покращити тепловіддачу, вуглекислоту поміщають у рідину з нижчою температурою затвердіння (метиловий або денатурований спирт, ацетон). Спочатку в термос заливають розчинник, а потім додають вуглекислоту. Цей метод використовують, коли зовнішня деталь велика й нагрівати її недоцільно, а внутрішня деталь має малі розміри. Недоліком такого з'єднання є зниження ударної в'язкості металу, а після охолодження загартованих деталей натяг у з'єднанні збільшується, тому можлива поява тріщин і руйнування деталей.

Іноді для з'єднання деталей лише охолодження деталі недостатньо. Тоді використовують **комбінований метод посадки деталей** — нагрівання зовнішньої деталі та охолодження внутрішньої. Цей метод є доцільним, коли великі розміри зовнішньої деталі утруднюють її нагрівання до потрібної температури або коли зміни температури деталей мають бути обмежені.

Складання деталей із нагріванням або охолодженням потребує суворого виконання правил техніки безпеки під час користування нагрівальними й охолоджувальними пристроями та зрідженими газами, які мають вибухові властивості.

## 9.6. З'єднання заформовуванням

**Заформовування** — це з'єднання металевих деталей із металами, пластмасами, гумою або склом шляхом занурювання деталі в рідкий або розм'якшений матеріал із наступним затвердінням.

Для заформовування деталі в метал застосовують лиття під тиском. Заформовування деталей у пластмаси виконують у металевих рознімних пресформах, а в гуму — за допомогою сирої гуми з подальшою вулканізацією в спеціальних формах. Заформовування в скло здійснюють обтисканням м'якої скломаси на металевих деталях.

На металевих деталях (арматурі), які запресовують у пластмаси, роблять накатування та канавки для кращого зчеплення арматури з пластмасою. Щоб не виникло осьового зміщення, на металевих деталях передбачають отвори під опорні стрижні.

Заливаючи компаунд, з'єднують деталі в одноразових формах, які виготовляють із картону, гіпсу, пластиліну. Процес затвердіння компаунду триває 10–12 год за температури  $+20$  °С або 4–6 год за нагрівання до температури  $+100$ – $120$  °С. Для підвищення міцності з'єднань додають наповнювачі (залізний порошок, скловолокно) або вводять металеву арматуру.

Деталі, які заливають епоксидними компаундами, знежирюють (промивають в ацетоні, лужних ваннах, відпалюють газовим полум'ям тощо).



## 9.7. Клепані з'єднання

**Клепання** — процес утворення нерознімного з'єднання двох або кількох деталей за допомогою заклепок.

Клепані з'єднання широко використовують для виготовлення металевих конструкцій мостів, ферм, рам, балок, а також у літако- й суднобудуванні тощо.

*Процес клепання складається з таких основних операцій:*

- утворення отвору під заклепку в з'єднуваних деталях свердлінням або пробиванням;
- зенкування гнізда під закладну головку заклепки (у разі клепання заклепками з потайною головкою);
- установлення заклепки в отвір;
- утворення замикальної головки заклепки, тобто власне клепання.

Клепання буває *холодне* (без нагрівання заклепок) і *гаряче* (з нагріванням стрижня заклепки до температури  $+1000-1100$  °С). Для заклепок з діаметром стрижня до 8 мм застосовують лише холодне клепання; якщо діаметр стрижня в межах 8–12 мм — гаряче і холодне; якщо ж діаметр стрижня перевищує 12 мм — лише гаряче клепання.

Утворення замикальної головки може відбуватися за швидкої (*ударне клепання*) і повільної (*пресове клепання*) дії сил.

Залежно від інструменту, обладнання, а також способу нанесення ударів або тиску на заклепку розрізняють клепання: *ручне ударне, механізоване ударне й пресове*.

**Заклепка** — циліндричний металевий стрижень із головкою певної форми. Головку заклепки, виготовлену разом зі стрижнем, називають *закладною*, а ту, що утворюється під час клепання, — *замикальною*.

Залежно від форми головок розрізняють такі **види заклепок**:

з *напівкруглою високою головою* (рис. 9.8, а) — зі стрижнем діаметром 1–36 мм і завдовжки 2–180 мм;

з *напівкруглою низькою головою* (рис. 9.8, б) — зі стрижнем діаметром 1–10 мм і завдовжки 4–80 мм;

з *напівплоскою головою* (рис. 9.8, в, ліворуч) — зі стрижнем діаметром 2–36 мм і завдовжки 4–180 мм і *плоскою* (рис. 9.8, в, праворуч);

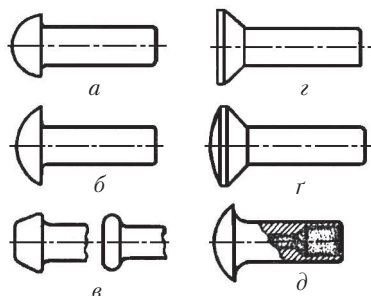


Рис. 9.8. Види заклепок:

- а — з напівкруглою високою головою; б — з напівкруглою низькою головою;  
в — з напівплоскою і плоскою головками; з — з потайною головою;  
г — з напівпотайною головою; д — вибухова двокамерна

з *потайною* головою (рис. 9.8, з) — зі стрижнем діаметром 1–36 мм і завдовжки 2–180 мм;

з *напівпотайною* головою (рис. 9.8, г) — зі стрижнем діаметром 2–36 мм і завдовжки 3–210 мм.

Заклепки виготовляють із пластичних матеріалів: сталі (Ст2, Ст3, марок 10 і 15), міді (МЗ, МТ), латуні (Л63), алюмінієвих сплавів (АМг5П, Д18, АД1); для відповідальних з'єднань — із нержавіючої (Х18Н9Т) або легованої (09Г2) сталі. На вільному кінці стрижня вибухових заклепок (АН-1504), із сердечником (АН-831) та інших (рис. 9.8, д) є заглиблення (камера), заповнена вибуховою речовиною. Від проникнення атмосферної вологи вона захищена шаром лаку. Їх виготовляють діаметром 3,5; 4; 5 і 6 мм із дроту марки Д18П завдовжки 6–20 мм.

Вибухові заклепки застосовують тоді, коли неможливо зробити замикальну головку. Для розклепування використовують електричний нагрівач 1 (рис. 9.9). Протягом 2–3 с заклепка нагрівається до температури +130–160 °С і заряд вибухає, розширюючи кінець стрижня.

Під час клепаання трубчастими заклепками в отвір установлюють заклепку 1 (рис. 9.10, а) з порожнистим стрижнем (пістоном). Потім спеціальним інструментом (*пістонницею*) 3 заклепку осаджують, склепувані деталі підтягують одну до одної та розклепують головку 2. Якість розклепування (розвальцювання) залежить від конструкції, форми й розмірів гачка 4 пістонниці, який підбирають за розмірами закладної головки заклепки з урахуванням зусилля натискання.

За іншого способу заклепку закладають в отвір на підтримці й розтягують кінці заклепки ударами молотка по кернеру (рис. 9.10, б).

**Заклепковим швом** називають місце з'єднання деталей заклепками. Залежно від характеристики й призначення з'єднання, заклепкові шви поділяють на міцні, щільні й міцнощільні.

*Міцний шов* має кілька рядів заклепок (клепаання балок, колон, мостів та інших металевих конструкцій). *Щільний шов* застосовують для виготовлення герметичних конструкцій із використанням різноманітних прокладок (паперу, тканини,

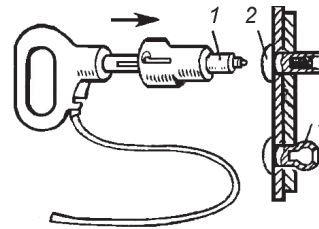


Рис. 9.9. Клепаання вибуховими заклепками:

- 1 — електричний нагрівач;
- 2 — заклепка;
- 3 — замикальна головка

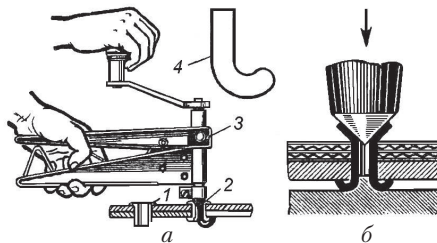


Рис. 9.10. Клепаання трубчастими заклепками:

- а — робочий прийом; б — розтягування кінців заклепки кернером; 1 — заклепка;
- 2 — розклепувана головка; 3 — пістонниця; 4 — гачок

промащених оліфою або суриком). *Міцнощільний шов* застосовують під час виготовлення міцного й непроникного для пари, газу, води й інших рідин з'єднання (у парових котлах і різноманітних резервуарах з високим внутрішнім тиском).

Залежно від кількості рядів заклепкові шви бувають *однорядні, дворядні й багаторядні*, а залежно від розміщення заклепок — *паралельні та шахові*.

Для ручного клепання застосовують слюсарні молотки з квадратним бойком, підтримки, обтискачі, натягачі й чекани.

Масу молотка вибирають залежно від діаметра заклепки (табл. 9.3).

Таблиця 9.3

### Залежність маси молотка від діаметра заклепки

Діаметр заклепки, мм	2	2,5	3	3,5	4	5	6–8
Маса молотка, г	100	100	200	200	400	400	500

**Підтримки** є опорою під час розклепування стрижня заклепок. Підтримка має бути в 3–5 разів масивнішою за молоток.

**Обтискачі** призначені для надання замикальній головці заклепки потрібної форми. На одному кінці обтискач має заглиблення за формою головки заклепки.

**Натягач** — це бородок з отвором на кінці для осаджування листів.

**Чекан** — слюсарне зубило з плоскою робочою поверхнею для створення герметичності заклепкового шва.

Кількість, діаметр і довжину заклепок визначають розрахунками. Довжину стрижня заклепки вибирають залежно від товщини склепуваних листів (пакета) і форми замикальної головки.

Для утворення замикальної потайної головки довжину стрижня заклепки (рис. 9.11, а) визначають за формулою:

$$L = S + (0,8 \div 1,2)d,$$

де  $L$  — довжина стрижня, мм;

$S$  — товщина склепуваних листів, мм;

$d$  — діаметр заклепки, мм.

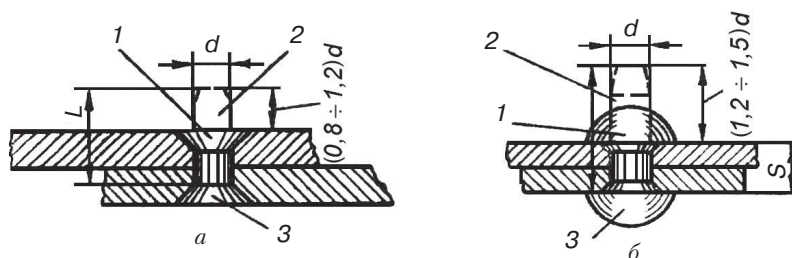


Рис. 9.11. Елементи заклепок:

$a$  — з потайною головкою;  $b$  — з напівкруглою головкою;  
 $1$  — замикальна головка;  $2$  — стрижень заклепки;  $3$  — закладна головка

Для утворення замикальної напівкруглої головки (рис. 9.11, б) довжина стрижня заклепки:

$$L = S + (1,2 \div 1,5)d.$$

Відстань від центра заклепки до краю склепуваних листів має становити  $1,5d$ .

Діаметр отвору має бути більшим за діаметр заклепки, який визначають за даними табл. 9.4.

Таблиця 9.4

### Залежність діаметрів отвору й заклепки

Діаметр заклепки, мм	2,0 2,3 2,6 3,0 3,5 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0
Діаметр отвору, мм	2,1 2,4 2,7 3,1 3,6 4,1 5,2 6,2 7,2 8,2

Розрізняють ручне клепання двох видів:

1) з двобічним підходом, коли є вільний доступ до замикальної та закладної головок;

2) з однобічним підходом, коли доступ до замикальної головки неможливий.

Відповідно розрізняють два методи клепання: відкритий (прямий) і закритий (зворотний).

У разі застосування **відкритого (прямого) методу клепання** удари молотком наносять по стрижню з боку замикальної головки. Спочатку свердлять отвір під заклепку. Потім в отвір знизу вводять стрижень заклепки й під закладну головку ставлять підтримку 2 (рис. 9.12, а). Склепувані листи ущільнюють за допомогою натягача 1. Потім розклепують стрижень заклепки (рис. 9.12, б). Наприкінці обтискачем 3 остаточно оформлюють замикальну головку (рис. 9.12, в).

Застосовуючи **закритий (зворотний) метод** клепання, удари молотком наносять по закладній головці заклепки. Цей метод є доцільним, коли доступ до замикальної головки ускладнений. Стрижень заклепки вводять зверху, а підтримку ставлять під стрижень. Молотком б'ють по закладній головці через оправку, формуючи за допомогою підтримки замикальну головку.

Якщо доступу до головки заклепки немає, застосовують **однобічне клепання** (рис. 9.13, а; с. 138). За цього методу клепання використовують заклепки із загартованим осердям, які вставляють в отвір. Під час забивання осердя в заклепку стрижень розгинається, утворюючи замикальну головку (рис. 9.13, б; с. 138). Уставляючи заклепки з осердям в отвір, захоплюють кінець кліщами й протягують через порожнину стрижня заклепки. Потовщена ділянка осердя розтискає стінки стрижня, випресовуючи

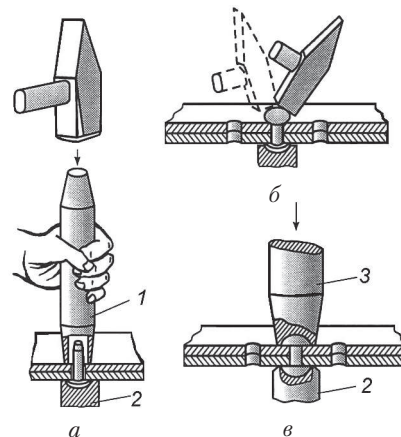


Рис. 9.12. Прийоми клепання:  
а – ущільнювання; б – формування головки; в – надання форми замикальній головці; 1 – натягач; 2 – підтримка; 3 – обтискач

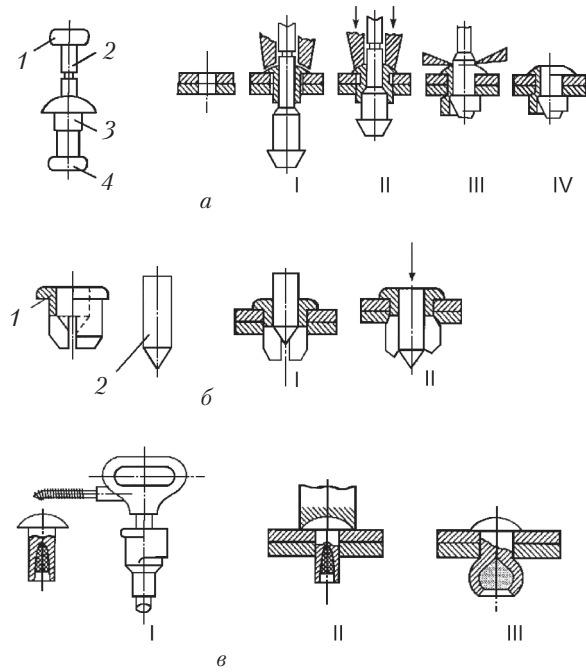


Рис. 9.13. Однобічне клепаання:

*a* – заклепками з осердям: 1 – головка, 2 – осердя, 3 – порожнистий стрижень, 4 – замикальна головка; *б* – заклепками із загартованим осердям: 1 – порожнистий стрижень, 2 – осердя; *в* – вибуховими заклепками

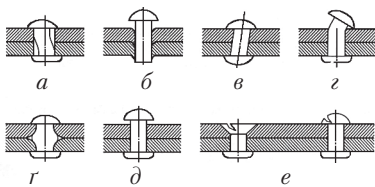


Рис. 9.14. Види дефектів клепаання:

*a* – прогинання стрижня через великий діаметр отвору;  
*б* – прогинання деталей через малий діаметр отвору;  
*в* – косопросвердлений отвір;  
*г* – вигинання утвореної головки;  
*r* – розтискання стрижня між деталями через слабке стискання;  
*д* – недотягнута головка через нещільну посадку;  
*е* – рвані краї головки через крихкий матеріал заклепки

його в отвір, і формує головку. Кінець осердя, що виступає, обрізають.

Для **клепаання вибуховими заклепками** їх установлюють в отвір і нагрівають електричним нагрівником. Заряд вибухає за температури +150 °С, і кінець стрижня заклепки розширюється, утворюючи замикальну головку (рис. 9.13, *в*).

Дефекти, які можуть виникнути під час клепаання, зображено на рис. 9.14.

Клепаання великогабаритних деталей здійснюють за допомогою пневматичних та електричних молотків. Значний обсяг робіт клепаання виконують на спеціальних клепальних машинах, пневматичних і гідравлічних пресах. Клепальні машини виготовляють стаціонарними й переносними. Стаціонарні клепальні машини мають дещо більшу продуктивність, але їхнім недоліком є те, що виріб треба переміщувати в міру клепаання, а за громіздких конструкцій це потребує обладнання спеціальних конвеєрів і додаткових площ.

## 9.8. Клейові з'єднання

**Склеювання** — це процес нерознімного з'єднання деталей за допомогою клеїв.

Клейові з'єднання забезпечують достатню герметичність, водо- й масло-стійкість, високу стійкість проти вібраційних та ударних навантажень. У багатьох випадках склеювання замінює паяння, клепання, зварювання, посадку з натягом.

Клейові з'єднання порівняно з нерознімними з'єднаннями інших видів мають чимало переваг: можливість з'єднання не тільки тонких, а й різнорідних матеріалів (металів і сплавів, пластмас, скла, кераміки), зменшення маси виробу, герметичність з'єднання, атмосферостійкість і стійкість проти корозії клейового шва, зниження вартості виробництва та значне спрощення технології виготовлення виробів.

Недоліками клейових з'єднань є, зокрема, тривалі строки висихання, незначна теплова стійкість (за температури +90 °С їхня міцність різко знижується), схильність до повзучості за тривалої дії великих статичних навантажень, потреба в нагріванні для надання стійкості й герметичності, а також низька міцність на зсув.

Розрізняють *стикові* та *напусткові* клейові з'єднання.

*Технологічний процес склеювання складається з таких етапів:*

- підготовка поверхонь деталей до склеювання (взаємна пригінка);
- очищення поверхонь від пилу й жиру та надання потрібної шорсткості;
- нанесення клею (помазком, шпателем, пульверизатором);
- витримування після нанесення клею (тривалість витримування, залежно від марки клею та матеріалу деталей, коливається від 5 хв до 30 год і більше);
- затвердіння клею (використовують печі з обігріванням газами, пальники, установки з електронагрівачами, установки струмів високої частоти тощо; температурний режим коливається від +25 до 250 °С і вище);
- контроль якості з'єднання.

**Клеї** — це колоїдні розчини плівкоутворювальних полімерів, які під час затвердіння здатні утворювати міцні плівки, що добре прилипають до поверхонь різних матеріалів.

Міцність склеювання забезпечується адгезією та когезією.

**Адгезія (прилипання)** — здатність плівки клею міцно утримуватися на поверхні матеріалів, що склеюються. Адгезія є наслідком дії електростатичних сил, які завжди виникають під час контакту різнорідних тіл.

**Когезія** — це власне міцність плівки. Робота когезії — це робота, що витрачається на подолання сил зчеплення між частинками всередині однорідного тіла. Міцність склеювання можна підвищити шляхом механічного зчеплення плівки клею з шорсткою поверхнею матеріалу.

До складу клеючих матеріалів входять такі компоненти:

*плівкоутворювальна речовина* — основа клею, яка визначає адгезійні й когезійні властивості клею та основні фізико-механічні характеристики клейового з'єднання;

*розчинники* — для створення певної в'язкості клею;



*пластифікатори* — для усунення усадкових явищ у плівці й підвищення її еластичності;

*отверджувачі й каталізатори* — для переведення плівкоутворювальної речовини в термостабільний стан;

*наповнювачі* — для зменшення усадки клейової плівки, підвищення міцності склеювання.

Залежно від речовини, що утворює плівку, клеї поділяють на смоляні й гумові.

**Смоляні клеї** можуть бути термореактивними й термопластичними. *Терморективні смоли* (фенолоформальдегідні, епоксидні) дають міцні, теплостійкі плівки. Такі клеї використовують для склеювання силових конструкцій із металів і неметалевих матеріалів. Клеї на основі *термопластичних смол* (полівінілацетат, акрилат та ін.) мають невисоку міцність, особливо за нагрівання; їх використовують для несилкових з'єднань неметалевих матеріалів.

Розрізняють клеючі речовини різних видів.

**Фенолополівінілацеталеві композиції** — це спиртові розчини фенолоформальдегідної смоли з полівінілбутиралем. Їх найширше використовують у клеях БФ. Теплостійкість клейових з'єднань невисока, водостійкість задовільна.

Клей БФ-2 застосовують для склеювання металів, скла, фарфору, бакеліту й текстоліту, для зарівнювання тріщин у невідповідальних місцях чавунних корпусів, зміцнення нерухомих спряжень, кріплення накладок на дисках муфт зчеплення тощо. Його міцність зберігається за нагрівання до температури +80 °С. Він бензо- й маслостійкий, вогнебезпечний, є хорошим діелектриком, захищає склені поверхні від корозії. Зберігати клей БФ-2 потрібно в закупореній посудині й оберегати від потрапляння води. У рідкому стані клей наносять на підготовлені поверхні з'єднуваних деталей тонким шаром. Плівка клею сушиться за температури +20–60 °С протягом 50–60 хв. Потім наносять і знову сушать другий шар, за ним — третій. Склеювані деталі з'єднують і сушать за температури +140–150 °С протягом 30–60 хв під тиском 1–2 МПа (10–20 кгс/см<sup>2</sup>).

Клеї БФ-4 і БФ-6 застосовують для одержання еластичного шва під час з'єднання тканин, гуми та фетру. Порівняно з іншими клеями вони мають невелику міцність.

Клей ВС-10Т застосовують для склеювання деталей, що тривалий час працюють за температури до +300 °С. Він має високу міцність і стійкість проти впливу гасу, мастил і води. Часто цим клеєм прикріплюють накладки до гальмівних колодок автомобілів. Клей наносять у рідкому стані в один-два шари. Після нанесення перший шар сушать за нормальної температури протягом 1 год, а потім наносять другий шар. Після цього деталі з'єднують і сушать за температури +140–180 °С протягом 1–2 год під тиском 50–200 кПа (0,5–2 кгс/см<sup>2</sup>).

**Епоксидні клеї** містять епоксидні клейові сполуки, що тверднуть за температури +18–20 °С. Для виготовлення цих сполук до епоксидних смол (ЕД-5, ЕД-6, ЕД-40) додають отверджувач — поліетилен-поліамін (приблизно 10 мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли), дибутилфталат (10–15 мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли) і наповнювач — алюмінієву чи бронзову пудру, сталевий або чавунний порошок, портландцемент, сажу, скловолокно тощо.

Наповнювачі збільшують в'язкість епоксидної сполуки й підвищують міцність клейового шва.

У клеїв на основі епоксидних смол затвердіння відбувається за допомогою отверджувачів без виділення побічних продуктів, що майже не дає усадки в клейовій плівці. Тверднення смоли здійснюється як холодним, так і гарячим способами. До клеїв холодного тверднення належать клеї Л-4, КЛН-1, ВК-16, ЗПО. Епоксидні клеї гарячого тверднення — К-153, ФЛ-4С, ВК-1 — є конструкційними силовими клеями. Їх застосовують для склеювання металів, склопластиків і кераміки. Для всіх епоксидних клеїв характерна висока механічна міцність, стійкість проти атмосферного впливу, стійкість проти палива й мінеральних мастил і хороші діелектричні властивості. Однак ці матеріали з часом «старіють». В умовах експлуатації та за тривалого зберігання склеєних виробів настає окрихчування клею, на швидкість цього процесу впливає температура.

**Термостійкі клеї** використовують для склеювання різних металів і неметалевих матеріалів, що працюють за високих температур і вібрацій. Наприклад, клеєм ВК-32-200 склеюють деталі, що працюють безперервно до 300 год за температури +200 °С і до 20 год за температури +300 °С. Клей наносять у два шари. Після нанесення першого шару його витримують 15–20 хв за температури +20 °С, другий шар — 15–20 хв за температури +20 °С і 90 хв — за температури +65 °С. Матеріали, з'єднані клеєм ВК-32-200, можуть працювати в інтервалі температур від +60 до 120 °С. Клей бензо-, масло- й водостійкий. Протягом чотирьох місяців матеріали, з'єднані цим клеєм, можуть працювати в умовах, близьких до тропічних (за вологості повітря 90 % і температури +50 °С) без помітного зниження міцності з'єднання.

Термостійкі клеї на основі кремнійорганічних смол застосовують для склеювання металевих і неметалевих матеріалів. Клей ІПЕ-9 утворює шви невеликої міцності, але забезпечує високі термо- й водостійкість, а також герметичність. Його використовують для з'єднання металів, кераміки, гуми й інших матеріалів. З'єднання дуже міцні за температури +300 °С.

Клей БФК-9 застосовують для з'єднання металів із неметалами. Він має високу термостійкість. Клей наносять на обидві поверхні тонким шаром і сушать протягом 1 год за температури +20 °С і 15 хв за температури +60 °С. Потім наносять другий шар і сушать протягом того самого часу.

**Поліуретанові клеї** можуть бути холодного та гарячого тверднення. До складу клею входять поліефіри, поліізоціанати та наповнювач (цемент). Під час змішування компонентів відбувається хімічна реакція, унаслідок якої клей твердне. Такі клеї токсичні. Їм властиві висока вібростійкість і міцність у разі нерівномірного відриву, стійкість проти нафтових палив і мастил. Прикладом поліуретанових клеїв є клеї ПУ-2, ВК-5, ВК-11 і ВК-20, які тривалий час можуть працювати за температури +350–400 °С і короткочасно — за температури +800 °С.

**Фенолокремнійорганічні клеї** застосовують для склеювання інструментів. Як наповнювач до їхнього складу входять азбест та алюмінієвий порошок. Ці клеї термотривкі, стійкі проти дії води й тропічного клімату, мають високу вібростійкість і міцність. Клеї ВК-18 і ВК-18М можуть працювати за температури +500–600 °С.

**Карбінольний клей** придатний для з'єднання сталі, чавуну, алюмінію, фарфору, ебоніту та пластмас. Його застосовують для склеювання деталей карбюраторів, акумуляторних банок та інших робіт. Щоб забезпечити міцне склеювання, клей необхідно використати протягом 3–5 год після його приготування. Він може бути рідким або пастоподібним (із наповнювачем). Основою клею є карбінольний сироп, до якого додають перекис бензолу. Склеєні деталі сушать на повітрі протягом доби.

Карбінольний клей бензо- й маслостійкий, не піддається дії кислот і лугів, води, спирту й ацетону. Механічна міцність швів зберігається за температури, що не перевищує +60 °С. Пастоподібний карбінольний клей застосовують переважно для склеювання мармуру, фарфору, пористих матеріалів, для зарівнювання тріщин, отворів тощо. Недоліком таких з'єднань є низька стійкість проти високої температури.

**Бакелітовий лак** застосовують для наклеювання накладок на диски муфт зчеплення. Це розчин смол в етиловому спирті. Деталі, які склеюють бакелітовим лаком, сушать за температури +140–160 °С. Бакелітовий лак зберігають у закритій посудині за температури не більше +30 °С в темному місці.

Пластмасові й скляні деталі склеюють карбінольним клеєм і бакелітовим лаком.

**Гумові клеї** — це розчини каучуку або гумових сумішей в органічних розчинниках. Їм властива висока еластичність, тому їх використовують для склеювання гуми з гумою або гуми з металами та склом. До складу клеїв гарячої вулканізації входить вулканізуючий агент. Склеювання проводять за температури вулканізації +140–150 °С. З'єднання стає міцним, не поступається міцністю основному матеріалу.

Коли до складу клейової композиції вводять активатори й прискорювачі, отримують *самовулканізуючий клей* (процес вулканізації проходить за нормальної температури). Для збільшення адгезії в клей додають синтетичні смоли (наприклад, клей 88Н). З'єднання виходить досить міцним. Недоліком клею 88Н є нестійкість плівки до гасу, бензину й мінеральних мастил. Клеї 9М-35Ф, ФЕН-1 мають високу здатність до склеювання, стійкі щодо впливу мастил і палива.

Для з'єднання теплостійких гум на основі кремнійорганічного каучуку з металом застосовують клеї, що містять у своєму складі кремнійорганічні смоли (клей КТ-15, КТ-30). Ці сполуки здатні працювати за температури від –60 до +200–300 °С.

Характеристики деяких смоляних і гумових клеїв наведено в *табл. 9.5*.

Клеї марок «Ціакрин», ТК-200 виготовлені на основі мономерних ефірів ціанокрилової кислоти. Вони однокомпонентні, не містять розчинника й отверджувача, не потребують прикладання сили. Їх використовують для оздоблення металевих виробів.

Композиції на основі поліефірних смол № 1, 2, 3 застосовують для зароблювання тріщин і пробоїв, а № 4 — для прискореного тверднення металевих виробів. Для виправлення вм'ятин і нерівностей на поверхнях виробів використовують поліефірну шпаклівку ПЕ-0089.

## Характеристики смоляних і гумових клеїв

Марка клею	Режим склеювання			Температура експлуатації клейового з'єднання, °С	Призначення
	Тиск, МПа	Температура, °С	Тривалість, год		
БФ-2, БФ-4	0,1–0,2	До 150	1	–60...+60	Склеювання металів, сплавів, кераміки, скла, дерева, шкіри, текстоліту, органічного скла.
Клей 88Н	–	10–15	До 48	–60...+60	Склеювання холодним способом вулканізованої гуми з металом, шкірою, деревом і склом.
ПЄД-Б	0,1–0,2	20–40	До 48	–40...+60	Склеювання вініпласту, полівінілхлориду, металу та дерева.
К-153	До 0,05	20–30	До 48	–30...+60	Склеювання металу, скла, полівінілхлориду.
ВК-3, ВК-4	До 2,0	До 70	1	–60...+180	Склеювання сталі, титану, алюмінію, склотекстоліту.

Під час скління для герметизації використовують невисихаючі герметики на основі поліізобутилену марки 51-Г6, герметизації отворів і щілин на стиках деталей — 51-Г7, УН-25, для антикорозійного захисту — БМП-1, для герметизації зварних швів — марки УМ-1.

Герметики та клеї на основі бітуму призначені для поглинання вібрації та шумів. Для захисту виробів від атмосферних опадів, пилу, відпрацьованих газів використовують ущільнювачі із звичайної та пористої гуми, які приклеюють або закріплюють пружинними скобами.

### 9.9. Паяні з'єднання

**Паяння** — це технологічний процес одержання нерознімних з'єднань металів нагріванням до розплавлення більш легкоплавкого присаджувального металу — *припою*, що заповнює зазор між з'єднувальними деталями. Основний метал не плавиться, а нагрівається до температури плавлення припою. Ця особливість дає змогу використовувати паяння для з'єднання різних металів.

До переваг паяння належать: незначне нагрівання з'єднуваних частин, що зберігає структуру й механічні властивості металу; чистота з'єднання, яка переважно не потребує подальшої обробки; збереження розмірів і форми деталі; міцність з'єднання.

Сучасні способи дають змогу паяти вуглецеві, леговані й нержавіючі сталі, кольорові метали та їхні сплави, пластмаси.

Недоліком паяння є застосування переважно з'єднань унапуск і використання дефіцитних компонентів (срібло, олово, мідь та ін.).

Розрізняють два основні види паяння: *високотемпературне* (температура плавлення припою вища за +550 °С) і *низькотемпературне* (температура плавлення припою нижча за +550 °С).

Паяння проходить завдяки здатності припою змочувати поверхні з'єднаних деталей та проникати в них з утворенням тонкого шару припою, який забезпечує міцність і щільність паяного з'єднання.

Якість, міцність та експлуатаційна надійність паяного з'єднання насамперед залежать від правильного вибору припою. Не всі метали та сплави можна використовувати як припої.

**Припої** (табл. 9.6, 9.7) випускають у формі дроту, дротиків, смуг, порошкового дроту, порошоків і пасти. Мідно-цинкові припої через підвищену крихкість поставляють у формі зерен різної грануляції: А — 0,2–3 мм; Б — 3–5 мм.

Таблиця 9.6

#### Припої для низькотемпературного паяння

Марка або склад	Застосування	Примітка
<b>Олов'яно-свинцеві</b>		
ПОС-90	Лудіння та паяння внутрішніх швів харчової та медичної апаратури	—
ПОС-61	Лудіння та паяння електро- й радіоапаратури	Для паяння високогерметичних швів, що не допускають перегрівання.
ПОС-40	Лудіння та паяння деталей з оцинкованого заліза, латуні й мідних проводів	—
ПОС-10	Лудіння та паяння контактних поверхонь електричних апаратів, приладів, реле	—
ПОСу-4–6	Лудіння та паяння заліза, латуні, міді, свинцю	За наявності клепаних замкових швів, ум'ятин у кузовах автомашин.
<b>Олов'яно-цинкові</b>		
Олово 45 %, цинк 50 %, алюміній 5 %	Паяння алюмінію	Паяні шви схильні до корозії.

## Припої для високотемпературного паяння

Марка або склад	Застосування	Примітка
<b>Срібні</b>		
ПСр-10	Паяння деталей, які піддають нагріванню до температури +800 °С	—
ПСр-12	Паяння міді й латуні з вмістом міді 58 %	—
ПСр-25	Паяння малих деталей	Для деталей, які потребують чистоти шва й високих пластичних властивостей.
ПСр-45	Паяння відповідальних мідних і бронзових деталей	Для збереження високої електропровідності й пластичності шва.
ПСр-65	Паяння стрічкових пил	—
ПСр-70	Паяння струмопровідних частин	—
<b>Мідно-цинкові</b>		
ПМц-36	Паяння латуні Л59, легованих латуней	—
ПМц-48	Паяння латуні	—
ПМц-54, Л62	Паяння міді, бронзи, сталі	—
ЛОК 62-06-04	Паяння деталей зі сталі й чавуну	—
Л63, Л68	Паяння вуглецевих сталей та міді	—
МЦН 48-10, ЛК 62-05, ЛОК 59-1-03	Паяння сірого чавуну	—
<b>Мідно-фосфорні</b>		
ПМФОЦр 6-4-0,03	Паяння міді та її сплавів	Замінник на основі срібла типу ПСр-40 та ін.
<b>Кремнемідноалюмінієві</b>		
№ 34 (кремній 6 %, мідь 28 %, алюміній 66 %)	Паяння алюмінію та його сплавів	Задовільна стійкість швів проти корозії.

**Лудінням** називають покривання поверхні виробів тонким шаром припою, а шар, який наносять, — *полудою*. Лудіння застосовують під час підготовки деталей до паяння, а також для захисту виробів від корозії та окиснення.

Процес лудіння складається з підготовки поверхні, виготовлення полуди та її нанесення на поверхню. Підготовка поверхні до лудіння залежить від вимог, які ставлять до виробу й способу нанесення полуди. Перш ніж покривати поверхню оловом, її обробляють щітками, шліфують, знежирюють і травлять.



Нерівності на виробках видаляють за допомогою шліфування абразивними кругами та шкурками. Хімічне знежирювання поверхонь здійснюють у водному розчині каустичної соди (на 1 л води 10 г соди).

Лудіння виконують двома способами: зануренням у полуду (невеликі вироби) і розтиранням (великі вироби).

**Лудіння зануренням** здійснюють у чистій металевій посудині, до якої закладають, а потім розплавлюють полуду, насипаючи на поверхню дрібні шматки деревного вугілля для запобігання окисненню. Виріб повільно занурюють у розплавлену полуду й тримають у ній до прогрівання, а потім виймають, швидко обтрушуючи. Залишки полуди знімають, протираючи шматтям, обсипаним порошкоподібним нашатирем. Потім виріб промивають у воді й сушать у тирсі.

**Лудіння розтиранням** виконують після попереднього нанесення на очищене місце волосяною щіткою або шматтям хлористого цинку. Потім поверхню виробу рівномірно нагрівають до температури плавлення полуди, яку наносять дротиком. Обсипавши шмаття порошкоподібним нашатирем, розтирають ним нагріту поверхню так, щоб полуда розподілялася рівномірно. Після цього в такому самому порядку нагрівають і лудять інші місця.

**Флюси** (табл. 9.8; 9.9) — хімічно активні речовини, які застосовують для очищення поверхонь деталей від оксидів і забруднень, а також для запобігання утворенню оксидів у процесі паяння, зниження поверхневого натягу припою тощо.

Таблиця 9.8

#### Флюси для низькотемпературного паяння

Склад флюсу	Застосування
Каніфоль	Паяння міді та її сплавів
Хлористий цинк 25–30 %, хлористий амоній 5–20 % (нашатир), вода 50–70 %	Паяння заліза, сталі, міді, мідних сплавів
Насичений розчин хлористого цинку в соляній кислоті	Паяння нержавіючої сталі
Хлористий цинк 85 %, хлористий амоній 10 %, фтористий натрій 5 %	Паяння алюмінію

Таблиця 9.9

#### Флюси для високотемпературного паяння

Склад флюсу	Застосування	Примітка
Бура 100 %	Паяння міді, латуні, бронзи, сталі, чавуну	Припої мідно-цинкові й срібні
Бура 50 %, борна кислота 50 %	Паяння нержавіючої сталі	Флюс у стані пасти

Склад флюсу	Застосування	Примітка
Бура 40 %, борна кислота 40 %, сода 20 %	Паяння латуні та міді	Припої срібні
Борна кислота 50–60 %, вуглекислий літій 50–40 %	Паяння чавуну	Припої латунні
Борна кислота 55–45 %, калій фтористо-водневий 45–55 %	Паяння надтвердих сплавів і високовуглецевої інструментальної сталі	—
Борна кислота 80 %, бура, фтористий калій, літій 20 %	Паяння міді з нержавіючими сталями	Флюс у стані пасти
Фтористий натрій 8–10 %, хлористий барій 10–15 %, хлористий натрій 15–20 %, хлористий цинк 30–40 %, решта — хлористий кальцій	Паяння алюмінієвого лиття	Для паяння тріщин
№ 34	Паяння алюмінію	—

Для нагрівання деталей, які паяють, і розплавлення припою використовують паяльні лампи та паяльники.

Паяльні лампи найчастіше використовують під час паяння легкоплавкими припоями, але інколи застосовують і для паяння тугоплавкими припоями з відносно невисокою температурою плавлення (наприклад, срібними). Паяльні лампи працюють на бензині, спирті або гасі. Змійовик у газових лампах розміщений усередині труби, а в бензинових — зовні.

**Паяльна лампа** (рис. 9.15) складається із запобіжного стрижня 1, резервуара 2, у який через заливний отвір з кришкою 11 наливають паливо на  $\frac{3}{4}$  об'єму, щоб залишився повітряний простір 3.

*Лампа має бути холодною!*

Перед розпалюванням лампи вентиль 10 закривають, наливають у нагрівальну ванночку (чашечку) 4 паливо, запалюють його й підігрівають канали змішувача 5. До моменту повного вигорання палива в чашечці треба відкачати повітря насосом 12 до резервуара, ледь відкрити вентиль 10 і пали-

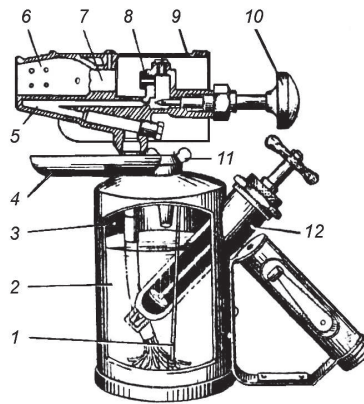


Рис. 9.15. Паяльна лампа:

- 1 — запобіжний стрижень;
- 2 — резервуар для палива;
- 3 — повітряний простір;
- 4 — нагрівальна ванночка (чашечка);
- 5 — канали змішувача;
- 6 — труба з отворами;
- 7 — змішувальна труба;
- 8 — сопло; 9 — захисний пристрій від вітру;
- 10 — вентиль;
- 11 — кришка заливного отвору;
- 12 — насос

во підніметься по каналах змішувача 5, де буде нагріватися й випаровуватися. Надійшовши по трубопроводу в сопло 8, паливо спалахує, концентрується в змішувальній трубі 7 і виходить із труби 6, яка має отвори для надходження свіжого повітря. Полум'я, що виникає, спрямовують на цеглини або кам'яну стінку на відстані 10–15 мм від торця труби 6. Це прискорює нагрівання та випаровування палива й появу синюватого полум'я. Інтенсивність горіння полум'я регулюють вентиляем 10. Зверху паяльної лампи розміщений захисний пристрій від вітру 9.

Щоб погасити паяльну лампу, потрібно закрутити регулювальний вентиль і випустити повітря з резервуара, відкрутивши кришку заливного отвору 11.

Неправильна експлуатація паяльної лампи може призвести до нещасного випадку, тому *потрібно ретельно дотримуватися таких основних правил:*

- заправляти паяльну лампу можна лише тим паливом, на яке вона розрахована;
- зберігати паливо в окремій посудині;
- заправляти паяльну лампу лише в пожежобезпечному місці;
- заливати паливо лише з посудини, обладнаної тонкою зливною трубкою, або через невелику лійку;
- кількість залитого палива не повинна перевищувати  $\frac{3}{4}$  об'єму резервуара;
- категорично заборонено заправляти гарячу лампу;
- на випадок спалаху палива поблизу робочого місця треба розмістити ящик з піском для гасіння вогню.

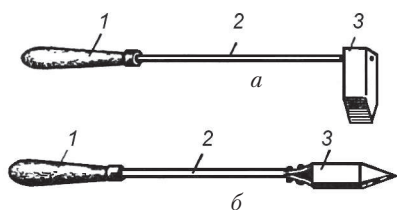


Рис. 9.16. Паяльники періодичного підігрівання:

- a* – кутовий; *б* – прямий;  
1 – рукоятка; 2 – стрижень;  
3 – мідна головка

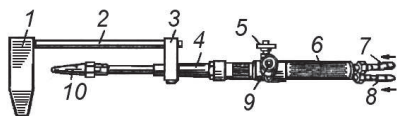


Рис. 9.17. Газовий паяльник безперервного підігрівання:

- 1 – мідна головка; 2 – стрижень;  
3 – хомутик; 4 – пальник;  
5 – кисневий вентиль; 6 – рукоятка;  
7 – кисневий ніпель;  
8 – ацетиленовий ніпель;  
9 – ацетиленовий вентиль;  
10 – сопло (мундштук)

Основний інструмент для паяння – *паяльник*. За способом нагрівання їх поділяють на дві групи: паяльники періодичного (електричні) та безперервного (газові, бензинові) підігрівання. Застосовують також паяльники спеціального призначення: ультразвукові з генератором ультразвукової частоти (УП-21), із дуговим підігріванням, із вібруючими пристроями тощо.

Основне призначення паяльника полягає в нагріванні припою до розплавлення та нанесенні його на з'єднання, прогріванні металу в місці паяння та видаленні залишків розплавленого припою.

**Паяльники періодичного підігрівання** поділяють на *кутові*, або *молоткові* (рис. 9.16, *a*), і *прямі*, або *торцеві* (рис. 9.16, *б*). Це певної форми шматок міді 3, закріпленний на сталевому стрижні 2 з дерев'яною рукояткою 1 на кінці.

**Паяльники безперервного підігрівання** бувають газові й бензинові.

*Газовий паяльник* (рис. 9.17) складається з ацетиленокисневого пальника 4, до якого на стрижні 2 за допомогою хомутика 3 прикріплено мідну головку 1. Ніпелі 7 та 8 під

шланги прикріплені до рукоятки 6. Кисень й ацетилен подають по шлангах ніпелів 7 і 8. Подавання до пальника ацетиленокисневої суміші регулюють вентилями 5 і 9. Її на виході із сопла 10 запалюють і полум'я, що утворилося, нагріває робочу частину паяльника.

**Бензиновий паяльник** (рис. 9.18) має мідну головку 1, яку безперервно підігріває полум'я бензинового пальника 2. Рукоятка 3 одночасно є резервуаром для бензину. Резервуар заповнюють неповністю, залишаючи невеликий вільний простір. Після заповнення резервуара бензином міцно закручують вентиль на кінці рукоятки.

**Заборонено заповнювати бензином резервуар поблизу вогню!**

**Електричні паяльники** прості й зручні в користуванні. Під час паяння не утворюються шкідливі гази, що роз'їдають полуду на мідному стрижні; нагрівання здійснюється рівномірно за постійної температури, що значно підвищує якість паяння. Час нагрівання становить 2–8 хв. Електропаяльники бувають *прямі* (рис. 9.19, а) і *кутові* (рис. 9.19, б).

**Технологічний процес паяння складається з таких етапів:** підготовка виробу до паяння; підготовка паяльника; розплавлення припою (паяння); охолодження й очищення шва.

Щоб **підготувати виріб до паяння**, спочатку поверхню очищають від бруду, жирів, продуктів корозії та оксидних плівок, які заважають розтіканню припою і його проникненню в шов. Для цього використовують наждачний папір, напилки, металеві щітки та шліфувальні круги.

Ефективним способом очищення є хімічне знежирення в лужних ваннах із тонко помеленим і розведеним водою до кашкоподібного стану вапном.

Для видалення товстого шару мастила застосовують знежирювання в органічних розчинниках. Як розчинники використовують ацетон, бензол, скипидар, бензин, метиловий та етиловий спирти тощо.

Якщо оксидні плівки не видаляються знежирюванням і перешкоджають утворенню міцного з'єднання припою з металом, застосовують травлення. Його здійснюють зануренням виробів у розчини сірчаної, соляної, фосфорної та інших кислот. Ультразвукове очищення застосовують тоді, коли інші способи не забезпечують потрібну чистоту поверхні. Як очисне середовище використовують органічні розчинники, лужні розчини, гарячу воду, мильний розчин тощо.

**Підготовка паяльника** полягає в доведенні робочої частини під кутом 30–40° й очищенні її від слідів окалини. Потім обушок паяльника нагрівають до температури +250–300 °С для паяння малих деталей та до температури

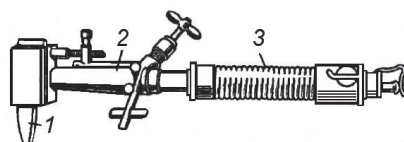


Рис. 9.18. Бензиновий паяльник безперервного підігрівання:  
1 – мідна головка; 2 – бензиновий пальник; 3 – рукоятка

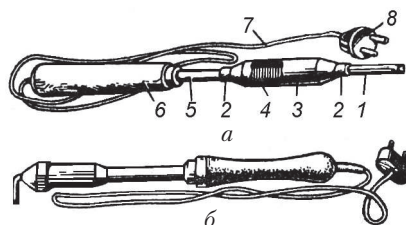


Рис. 9.19. Електричні паяльники:

а – прямий; б – кутовий;  
1 – мідний стрижень (теплопередавач); 2 – хомутик; 3 – накладні боковини; 4 – нагрівальний елемент; 5 – сталева трубка; 6 – рукоятка; 7 – шнур; 8 – штепсельна вилка

+340–400 °С — великих. За нормальне нагрівання паяльника вважають легке почервоніння оболонки.

Для розплавлення припою нагрітій паяльник очищають від окалини зануренням у хлорид цинку, набирають із дротика 1–2 краплі припою і проводять паяльником по шматку нашатирю доти, поки кінець паяльника не покриється рівним шаром припою. Потім місце паяння протравлюють. Паяльник накладають на місце спаювання, трохи затримують його на одному місці для прогрівання деталі, потім повільно й рівномірно переміщують по лінії спаювання. При цьому розплавлений припій стікає з паяльника, заповнюючи зазори шва (0,05–0,15 мм). Після завершення паяння зі шва знімають залишки припою та флюсу, виріб промивають і висушують стисненим повітрям.

**Паяння м'якими припоями** буває *кислотне* і *безкислотне*. У разі кислотного паяння як флюс застосовують хлористий цинк або технічну соляну кислоту; для безкислотного — каніфоль, паяльну пасту тощо (які не містять кислот).

**Паяння твердими припоями** застосовують для виготовлення міцних і термостійких швів. Поверхні підганяють одну до одної обпилюванням, ретельно чистять від бруду, оксидних плівок і жирів механічним або хімічним способом. Підігнані поверхні в місці паяння покривають флюсом, а на місце спаювання накладають припій. Підготовлені деталі нагрівають паяльною лампою або паяльником, додаючи за потреби припій. Потім деталь повільно охолоджують на повітрі (охолоджувати деталь у воді не можна, бо це послабить міцність з'єднання). У міру охолодження спаяні деталі для видалення залишків флюсу після паяння промивають у воді, протирають сухими ганчірками та просушують. Шов зачищають наждачним папером або обпилюють напилком.

Робочі місця, призначені для виконання паяння та лудіння, необхідно обладнати місцевими витяжними пристроями.

## 9.10. Паяння газовим полум'ям

Перед паянням деталі очищають від бруду, окалини, оксидів і жиру.

Порошкові флюси насипають тонким шаром на кромки, причому часто застосовують попереднє підігрівання, щоб крупинки флюсу плавилася, прилипали до металу й не здувалися полум'ям паяльника. Їх також наносять на кінець дротика припою. Пасту й розчини наносять помазками або обмочують у них припої.

Під час паяння використовують з'єднання внапуск, стикові, з відбортовкою, втулочні, трубчасті та спеціальні. Зазор між поверхнями деталей має бути мінімальним (*табл. 9.10*).

Після очищення поверхні деталі лудять і закріплюють у пристосуваннях, установивши потрібний зазор. Використовують нормальне полум'я (з однаковим вмістом горючого газу й кисню). Для мідно-цинкових припоїв використовують полум'я з надлишком кисню.

**Потужність полум'я для паяння:** *вуглецевої сталі* — 100–200 л/год ацетилену на 1 мм товщини, *нержавіючої сталі* — не більше ніж 70 л/год ацетилену на 1 мм товщини, *міді* — 150–200 л/год ацетилену на 1 мм товщини, *латуні* — 100–120 л/год ацетилену на 1 мм товщини.

Використовуючи гази-замінники, потрібно враховувати коефіцієнт заміни для відповідного газу й витрати кисню.

## Рекомендовані зазори під час паяння металів

Припій	Зазор під час паяння, мм		
	міди та її сплавів	сталі	алюмінію
Срібний	0,05–0,25	0,03–0,12	—
Мідно-цинковий	0,–0,3	0,12	—
Латунний	0,–0,3	0,12	—
Олов'яно-свинцевий (низькотемпературний)	0,05–0,15	0,05–0,15	—
Кремнемідноалюмінієвий (високотемпературний)	—	—	0,1–0,3

Деталі нагрівають *факелом полум'я* — зоною, що міститься на відстані 20–30 мм від торця мундштука пальника. У цьому випадку не відбувається перегрівання металу. Полум'я завжди направляють на деталь більшої товщини й теплопровідності (у разі паяння різнорідних матеріалів).

Діаметр або ширину припою встановлюють так, щоб його діаметр або площа перерізу дорівнювали від однієї до трьох товщин найтоншого елемента паяних деталей.

Після розплавлення флюсу розплавляють і припій завдяки теплу нагрітих деталей, дотикаючись дротиком припою країв деталі.

Дротик розплавляють його тертям по нагрітій поверхні, з періодичним набиранням флюсу кінцем припою, до заповнення зазору й утворення шва.

Після паяння полум'я відводять убік і деталь повільно охолоджується. Шов очищають від флюсу промиванням у теплій воді, а флюси з бурою — травленням у 10%-му розчині сірчаної кислоти з подальшим промиванням водою та протиранням ганчіркою. За потреби проводять термообробку виробу.

### 9.11. Зварні з'єднання

**Зварювання** — це процес отримання нерознімного з'єднання шляхом установлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами під час їхнього місцевого або загального нагрівання, пластичною деформацією або їхньою спільною дією.

**Зварним з'єднанням** називають нерознімне з'єднання, виконане зварюванням.

Залежно від виду зварні з'єднання бувають *стикові, кутові, таврові, унапуск, торцеві й точкові*.

**Зварні шви** за видом зварного з'єднання та геометричними параметрами перерізу шва поділяють на стикові та кутові. *Стикові шви* використовують для виконання стикових, торцевих і відбортованих з'єднань; *кутові шви* — у таврових, кутових і з'єднаннях унапуск.

До основних геометричних параметрів зварного шва (рис. 9.20, с. 152) належать:  $s$  — товщина зварюваного металу;  $e$  — ширина шва;  $q$  — підсилення



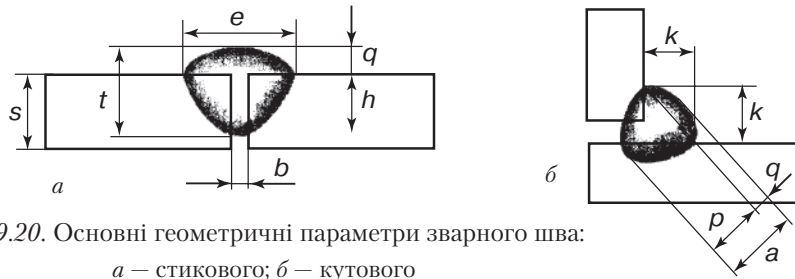


Рис. 9.20. Основні геометричні параметри зварного шва:

*a* – стикового; *б* – кутового

шва; *h* – глибина провару; *t* – товщина шва ( $t = h + q$ ); *b* – зазор; *k* – катет кутового шва; *p* – розрахункова висота кутового шва; *a* – товщина кутового шва.

Зварні шви класифікують (рис. 9.21):

за типом з'єднань – стикові (1), кутові (2), таврові (3), унапуск (4), торцеві (5);

за протяжністю – непереривчасті (6), переривчасті (7), переривчасті ланцюгові (8), переривчасті шахові (9);

за кількістю шарів – одношарові (10), багат шарові (11);

за формою зовнішньої поверхні – нормальні (12), увігнуті (13), випуклі (14);

за відношенням щодо навантажень – робочі стикові (15), кутові (16), флангові (17), лобові (18), комбіновані (19), косі (20), зв'язуючі (21);

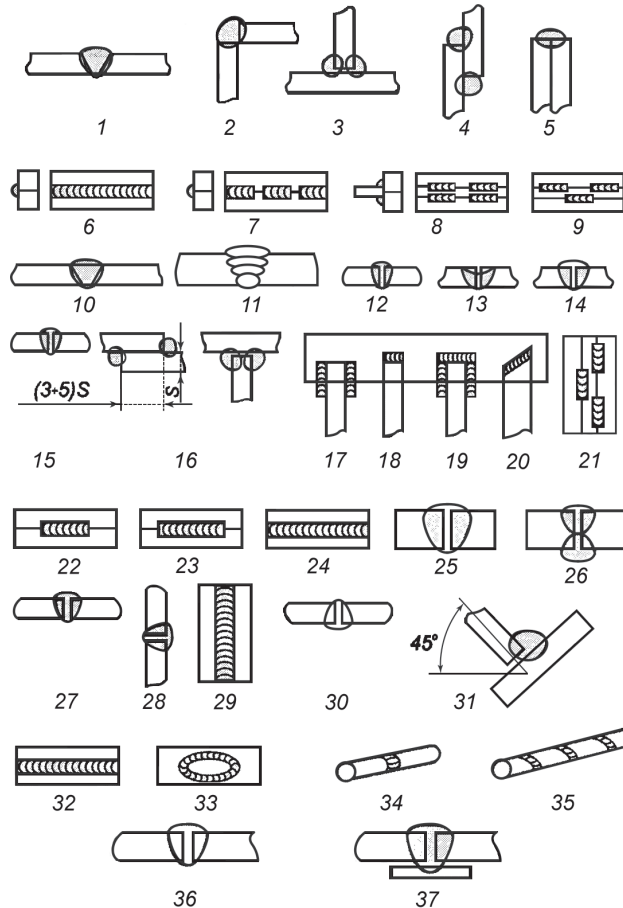


Рис. 9.21. Види зварних швів

за довжиною — короткі, до 300 мм (22), середні, до 1000 мм (23), довгі, понад 1000 мм (24);

за характером виконання — однобічні (25), двобічні (26);

за розташуванням у просторі — нижні (27), горизонтальні (28), вертикальні (29), стельові (30), «у човник» (31);

за конфігурацією — прямолінійні (32), криволінійні, або фігурні (33), кільцеві (34), кільцеві спіральні (35);

за способом утримування зварювальної ванни — у висячому положенні (36), на підкладці (37).

**Зварюваність** — це придатність матеріалів для виготовлення зварних конструкцій. Зварюваність вважається кращою, коли технологія зварювання є простою, широкі межі режимів зварювання, у швах немає тріщин, пор, неметалевих вкраплень та інших дефектів.

*Основні труднощі, які виникають у процесі зварювання сталей:*

- схильність до утворення гартованих структур (у сталях із вмістом вуглецю понад 0,22 %), гарячих (із вмістом сірки) і холодних (із вмістом фосфору) тріщин;
- забезпечення достатньої міцності з'єднання.

Ураховуючи труднощі зварювання, сталі за зварюваністю поділяють на чотири групи: добре зварювані сталі, задовільно зварювані сталі, обмежено зварювані сталі й погано зварювані сталі.

## 9.12. Газове зварювання

**Газовим зварюванням** називають спосіб з'єднання деталей плавленням, під час якого нагрівання здійснюють теплом високотемпературного газового полум'я.

Для забезпечення процесу газового зварювання необхідні кисень і горючі гази (ацетилен, водень, нафтові гази, природний газ), а також присаджувальні матеріали та за потреби флюси.

Для організації газозварювального поста потрібні: кисневий балон з редуктором; ацетиленовий генератор із запобіжним затвором або ацетиленовий балон з редуктором; гумові рукави (шланги) для подавання кисню та горючого газу в пальник або різак; зварювальні пальники з набором наконечників, для різання — різак з комплектом мундштуків і пристосувань для різання; присаджувальний дріт для зварювання, паяння та наплавлення; флюси, якщо вони потрібні для зварювання певного металу; зварювальний стіл і пристосування для складання; приладдя для зварювання та різання: окуляри з темним склом, набір ключів, молоток, зубило, сталеві щітки, лінійка, кутник, рисувалка тощо; система вентиляції; протипожежні засоби; відро з водою для охолодження пальників; контейнер для відходів.

**Зварювальним полум'ям** називають полум'я, що утворюється під час згоряння горючого газу або парів рідини в кисні. Найчастіше використовують ацетиленокисневе полум'я, тому що воно має найвищу температуру (+3150 °С). Полум'я складається з трьох зон: ядра, відновної зони та зони повного згоряння, або факела. Температура ядра становить +1000 °С. Відновна зона має найвищу температуру (+3150 °С) на відстані 3–6 мм від кінця ядра. Цією зоною полум'я здійснюють зварювання. Температура факела становить від +1200 до 2500 °С.

Залежно від співвідношення між киснем і ацетиленом розрізняють три основні види полум'я.

**Нормальне полум'я** теоретично отримують, коли в пальник на один об'єм кисню надходить один об'єм ацетилену. Його використовують для зварювання сталі.

**Окиснювальне полум'я** утворюється, коли в пальник на один об'єм ацетилену подається понад 1,3 об'єму кисню. Його використовують для зварювання латуні та паяння твердими припоями.

**Навуглецьовувальне полум'я** утворюється за надлишку ацетилену. Його використовують для зварювання чавуну й для наплавлення твердими сплавами.

На практиці розрізняють два **способи зварювання**: лівий і правий. **Лівий спосіб** зварювання проводять справа наліво; полум'я направляють на ще не зварювані кромки, а присаджувальний дріт переміщують попереду полум'я. Цей спосіб використовують для зварювання тонких і легкоплавких металів. **Правий спосіб** зварювання проводять зліва направо; полум'я спрямовують на зварену ділянку шва, а присаджувальний дріт переміщують за пальником. Тепло розсіюється менше, тому кут розчищення кромок становить не  $90^\circ$ , а  $60-70^\circ$ , що зменшує кількість наплавленого металу та короблення. Правий спосіб доцільно використовувати для зварювання деталей завтовшки понад 5 мм і металів із високою теплопровідністю.

**Підготовка деталей до зварювання** полягає в очищенні, випрямлянні, розмічанні, різанні та складанні.

Очищення кромок і прилеглої зони (на ширину 20–30 мм з кожного боку) від іржі, фарби, окалини, масла й інших забруднень до металевого блиску здійснюють щітками та полум'ям, а для відповідальних з'єднань застосовують травлення, знежирення та піскоструменеву обробку.

Випрямляння застосовують для деталей, що мають ум'ятини, випини, хвилястість, жолоблення, викривлення тощо. Листовий сортовий прокат випрямляють у холодному стані ручним і машинним способами. Дуже деформований метал випрямляють у гарячому стані. Для випрямляння застосовують молотки, преси та правильні машини.

Складання деталей під зварювання здійснюють такими способами: повне складання виробу з подальшим зварюванням усіх швів; почергове під'єднання деталей до вже звареної частини виробу; попереднє складання та зварювання виробу з окремих вузлів.

Для складання та зварювання використовують різноманітні пристосування: скоби, упори, затискачі, струбцини, прихоплювачі, хомути тощо. Складені деталі з'єднують прихватками. Накладання прихваток необхідне для того, щоб розміщення деталей та зазор між ними були постійними в процесі зварювання.

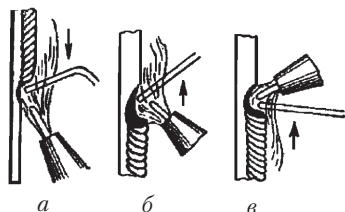


Рис. 9.22. Зварювання вертикальних швів:

а — зверху вниз;  
б, в — знизу вверх

**Нижні шви** зварювати легше, тому що метал під силою земного тяжіння скапує в *кратер* (заглиблення в металі шва під тиском полум'я) і не витікає із зварювальної ванни.

**Вертикальні шви** за малої товщини металу зварюють зверху вниз правим способом або лівим способом знизу вверх (рис. 9.22).

**Горизонтальні шви** (рис. 9.23, а) зварюють правим способом, тримаючи кінець присаджувального дроту зверху, а мундштук знизу.

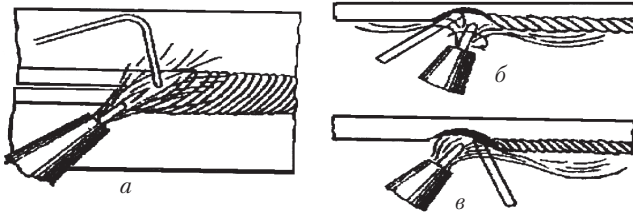


Рис. 9.23. Зварювання горизонтальних (а) і стельових швів лівим (б) і правим (в) способами

**Стельові шви** (рис. 9.23, б, в) зварюють правим способом. Під час зварювання необхідно утримувати розплавлений метал від стікання вниз рухом пальника й тиском газів полум'я.

**Газозварювальні роботи** потрібно виконувати на відстані не менше 10 м від пересувних генераторів, 5 м — від балонів і баків із рідким паливом, 1,5 м — від газопроводу.

### 9.13. Ручне дугове зварювання покритими електродами

**Зварювання покритим електродом** — це дугове зварювання із застосуванням електродів із спеціальним покриттям, яке захищає метал від впливу навколишнього середовища.

Для живлення зварювальних процесів (дуги) постійним струмом застосовують зварювальні випрямлячі, перетворювачі й генератори, а змінним струмом — зварювальні трансформатори.

**Електричною дугою** називають тривалий розряд електричного струму між двома електродами в іонізованій суміші газів і парів металів і компонентів, які входять до складу покриття електродів і флюсів. Залежно від роду струму зварювальна дуга буває постійного та змінного струмів.

За **зварювання дугою постійного струму** розрізняють пряму та зворотну полярності. Для **прямої полярності** електрод (катод) необхідно під'єднати до негативної клеми джерела живлення, а виріб (анод) — до позитивної. У цьому разі більше тепла виділятиметься на виробі, тому пряму полярність використовують для зварювання товстих металів. За **зворотної полярності** катодна й анодна плями поміняються місцями, тобто катодом буде виріб, а анодом — електрод. Цю полярність використовують для зварювання тонких металів, щоб уникнути пропалів, і для високолегованих сталей, щоб зменшити вигорання легувальних елементів.

Коли зварюють **дугою змінного струму**, полярність змінюватиметься із частотою 50 Гц, тобто 100 разів за секунду. Під час переходу синусоїди струму через нульове значення дія струму в дузі припиняється, тому дуга змінного струму менш стійка порівняно з дугою постійного струму. Кількість тепла, що виділяється на електроді й виробі, під час зварювання змінним струмом буде однаковою.

**Зварювальний пост** — це робоче місце зварника, обладнане всім необхідним для виконання зварювальних робіт. Зварювальний пост укомплектовують джерелом живлення (трансформатор, випрямляч), зварювальними кабелями, електрододотримачем або пальником, пристосуваннями, інструментами й засобами захисту.

Для захисту очей та шкіри обличчя зварника від променів електричної дуги та бризок розплавленого металу застосовують *щитки* або *маски* із спеціальними світлофільтрами.

**Електрод** — це металевий або неметалевий стрижень, призначений для підведення струму до зварювальної дуги.

Електроди бувають плавкі й неплавкі. *Плавкі електроди* виготовляють із сталі, чавуну, міді, алюмінію та їхніх сплавів; *неплавкі* — із вольфраму та його сплавів, вугілля та графіту. Плавкі електроди одночасно є і присаджувальним матеріалом. Неплавкі електроди тільки підводять зварювальний струм до дуги, а присаджувальний метал за потреби подають окремо.

Для ручного дугового зварювання та наплавлення сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів використовують *покриті електроди*. Це металеві стрижні круглого перерізу різного діаметра з нанесеним на них покриттям (обмазкою), які під час зварювання плавляться. Покриття призначене для стабілізації горіння дуги, захисту зварювальної ванни від повітря, легування та розкиснення металу.

Особливо відповідальною операцією з підготовки електродів для зварювання є *просушування*, яке треба виконувати відповідно до режимів, указаних на етикетках. Просушування проводять в електропечах, які підключають до вентиляції, а за її відсутності — відкривають двері печі, щоб забезпечити видалення утвореної пари.

**Режими зварювання** — це сукупність різних факторів зварювального процесу, які забезпечують стійке горіння дуги й одержання швів заданих розмірів, форми та якості. До таких факторів належать: діаметр електрода, сила зварювального струму, тип і марка електрода, напруга на зварювальній дузі, рід і полярність зварювального струму, швидкість зварювання, розташування шва в просторі, попереднє підігрівання та наступна термічна обробка.

**Запалювання дуги** виконують двома способами: 1) *впритул* — короткочасним дотиком кінця електрода до поверхні виробу й прямим відривом електрода після короткого замикання; 2) *чирканням* — рухом кінця електрода як сірником.

**Стикові з'єднання** без скосу кромки зварюють однобічними швами за товщини металу 4 мм. Листи без скосу кромки завтовшки 4–8 мм зварюють двобічним швом. Метал понад 8 мм зварюють із розчищенням кромки.

Залежно від товщини металу шви виконують одно- й багатопаровими, багатопрхідними. Великий кут розчищення кромки (80–90°) зручніший для зварника, зменшує небезпеку непровару кореня шва, але збільшує об'єм наплавленого металу, а отже, зменшує продуктивність і збільшує деформації виробу. Нормальним вважають кут розчищення 60°, зазор і притуплення кромки становить від 1,5 до 4,0 мм залежно від товщини листів, режимів зварювання та конструкції виробу.

Під час зварювання відповідальних виробів для уникнення непровару застосовують підкладки (сталеві, мідні, графітові, флюсо-керамічні на латексній основі та ін.).

**Куткові шви** зварюють похилим електродом і «у човник».

Для виготовлення відповідальних виробів застосовують куткові шви з однобічним або двобічним скосом кромки (рис. 9.24). Кромки розчищають під кутом  $50 \pm 5^\circ$ .

Зварні шви залежно від їхньої довжини умовно поділяють на три види: короткі — завдовжки до 250 мм, середні — від 250 до 1000 мм, довгі — понад 1000 мм.

Для зварювання металів різної товщини на товстшому листі на ділянці завдовжки 5S (S — товщина тоншого листа) роблять скіс з однієї або двох сторін

до товщини тоншого листа, після чого підготовлюють кромки.

За розташуванням швів у просторі в момент їхнього виконання розрізняють нижні, горизонтальні, вертикальні та стельові шви.

**Нижні шви** найзручніші для зварювання, тому що краплі електродного металу під впливом власної маси легко переходять у зварювальну ванну, а також зварнику зручно спостерігати за процесом зварювання.

**Вертикальні шви** зварюють знизу вгору і зверху вниз. Тому під час вертикального зварювання зварювальний струм зменшують на 10–15 % порівняно зі зварюванням у нижньому положенні, а діаметр електрода не повинен перевищувати 4–5 мм. Щоб метал не витікав із зварювальної ванни, потрібно підтримувати дуже коротку дугу (рис. 9.25).

**Горизонтальні шви** (на вертикальній площині) зварювати складніше, ніж вертикальні. Тому зварювання ведуть короткою дугою та електродами діаметром до 4–5 мм. Сила зварювального струму зменшується на 10–15 % порівняно з нижнім положенням (рис. 9.26).

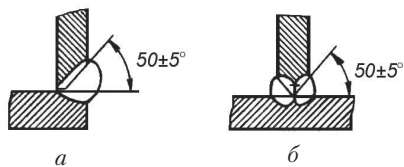


Рис. 9.24. Зварювання кутових швів: а — із скосом однієї кромки (однобічний); б — із скосом двох кромки (двобічний)

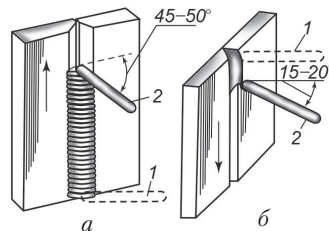


Рис. 9.25. Зварювання вертикальних швів: а — знизу вгору; б — зверху вниз

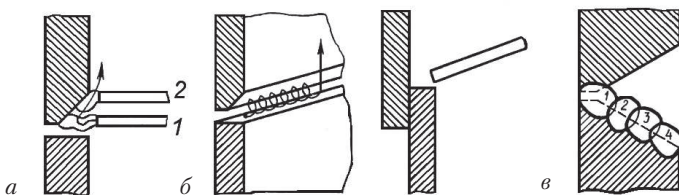


Рис. 9.26. Зварювання горизонтальних швів:

а — стикового з'єднання із скосом однієї кромки: 1 і 2 — послідовність руху електродів; б — з'єднання внапуск; в — стикового з'єднання із скосом двох кромки: 1–4 — порядок накладання швів

**Стельові шви** зварювати найважче. Труднощі можна уникнути, зменшуючи силу зварювального струму на 15–20 % порівняно з нижнім положенням; для цього використовують електроди діаметром до 4 мм. Основною умовою одержання якісного шва є підтримання дуже короткої дуги шляхом періодичних замикань електрода з металом ванни (рис. 9.27).

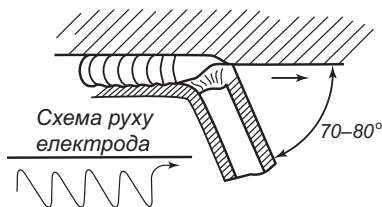


Рис. 9.27. Зварювання стельових швів



## 9.14. Зварювання в захисних газах

**Зварювання в захисному газі** — це дугове зварювання, за якого у зварювальний простір подають газ (вуглекислий газ, аргон, гелій) для захисту дуги та зварювальної ванни від зовнішнього середовища. Зварювання здійснюють плавкими та неплавкими електродами.

Захисні гази призначені для захисту зварювальної дуги й ванни від шкідливого впливу навколишнього середовища. Як захисні гази використовують інертні й активні гази, а також їхні суміші.

До **інертних захисних газів** належать аргон і гелій. Вони хімічно не взаємодіють із металом і не розчиняються в ньому та забезпечують захист дуги й металу шва від повітря.

До **активних захисних газів** належать вуглекислий газ, азот, водень та ін. Вони хімічно взаємодіють із зварюваним матеріалом і розчиняються в ньому.

Під час використання вуглекислоти можуть виникнути перепади тиску, що призводить до утворення «сухого льоду». Для запобігання цьому явищу між балоном і редуктором установлюють підігрівач.

**Зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом** (рис. 9.28) здійснюють на постійному струмі прямої полярності. Це забезпечує стабільність зварювальної дуги, незначні витрати вольфрамового електрода та можливість зварювання на великих струмах. Дуга зворотної полярності добре очищає поверхню металу, який зварюється, від оксидів і забруднень. Змінний струм використовують для зварювання алюмінію, магнію, берилію та їхніх сплавів. Він руйнує оксидні плівки, що утворюються на поверхні цих металів.

**Зварювання плавким електродом** на постійному струмі зворотної полярності забезпечує високу стабільність зварювальної дуги.

**Установки для напівавтоматичного зварювання** (рис. 9.29) складаються з балона з редуктором, механізму подачі електродного дроту, газопідвідного шланга, пальника (електродотримача) і джерела живлення.

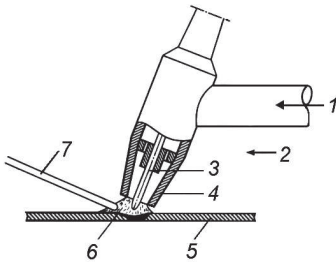


Рис. 9.28. Схема зварювання неплавким електродом:

- 1 — подавання зварювального струму, захисного газу, охолоджувальної рідини;
- 2 — напрямок зварювання;
- 3 — неплавкий електрод; 4 — наконечник пальника; 5 — основний метал;
- 6 — захисний газ;
- 7 — присаджувальний дріт

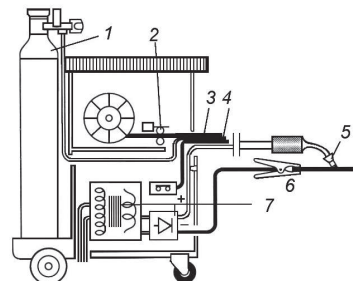


Рис. 9.29. Установка для напівавтоматичного зварювання в захисному газі:

- 1 — балон із захисним газом;
- 2 — механізм подавання електродного дроту з регулятором швидкості;
- 3 — електродний дріт; 4 — газопровід;
- 5 — пальник; 6 — заземлення основного металу; 7 — джерело живлення

Відстань між мундштуком пальника та поверхнею металу має становити 8–10 мм.

Перед початком зварювання потрібно включити газ і зачекати кілька секунд, щоб із шлангів повністю вийшло повітря. Потім обдути місце зварювання захисним газом. Наприкінці процесу заварюють кратер, виключають подачу дроту та зварювальний струм, на 1–2 с затримують пальник над кратером, щоб захистити метал зварювальної ванни від окиснення, а потім забирають пальник від місця зварювання.

## 9.15. Контактне зварювання

**Контактне зварювання** — основний вид зварювання термомеханічного класу, за якого нагрівання металу проходить унаслідок виділення тепла в зоні контакту зварюваних деталей під час пропускання крізь них високого зварювального струму. Під час проходження струму в місці дотику деталей виникає високий електричний опір і виділяється тепло, яке нагріває метал до пластичного стану. Після цього деталі стискають і утворюється нерознімне з'єднання. Способами контактного зварювання є стикове, точкове й шовне (рис. 9.30).

Під час **стикового зварювання** (рис. 9.30, а) деталі закріплюють у затискачах і пропускають струм від трансформатора, зближуючи кінці деталей. У площині дотику деталі швидко нагріваються до зварювальної температури. Струм вимикають, а деталі стискають. Цим способом зварюють рейки, труби, стрижні, свердла, ланцюги, різці тощо.

Є два способи стикового зварювання: 1) *зварювання опором*, за якого торці деталей нагрівають до пластичного стану, а потім стискають; 2) *зварювання оплавленням*, коли поверхні торців доводять до стану плавлення, після чого їх стискають. Розрізняють зварювання безперервним і перервним (імпульсним) оплавленням, а також оплавленням із підігріванням.

Для захисту металу від взаємодії з газами під час стикового зварювання хімічно активних металів використовують захисні інертні гази. Проблемаю стикового зварювання є потреба у видаленні *задирок* — металу, що видавлюється внаслідок стиснення. Їх зачищають уручну або механічним способом одразу після зварювання.

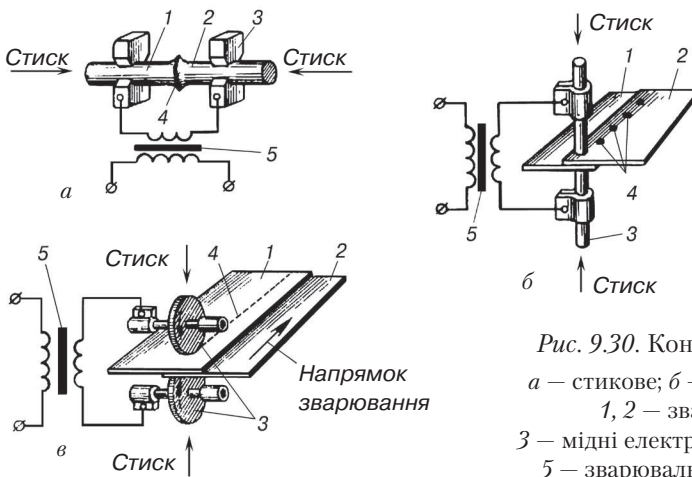


Рис. 9.30. Контактне зварювання:  
а — стикове; б — точкове; в — шовне;  
1, 2 — зварювані деталі;  
3 — мідні електроди; 4 — зварний шов;  
5 — зварювальний трансформатор

Під час **точкового зварювання** (рис. 9.30, б; с. 159) листи з'єднують унапуск і затискають між мідними електродами, через які пропускають струм від трансформатора. Метал у точці дотику дуже нагрівається внаслідок підвищення опору під час проходження струму (0,01–0,5 с). Потім струм вимикають і деталі стискають за допомогою спеціального механізму.

Для виготовлення багатьох конструкцій (вагонів, кузовів автомобілів та ін.) використовують різні способи точкового зварювання: *рельєфне* (пресове), *автоматичне багатоточкове*, *однобічне точкове* тощо.

Точкове зварювання проводять на м'яких і жорстких режимах. Для *м'якого режиму* характерні відносно мала густина струму (70–160 А/мм<sup>2</sup>), велика тривалість циклу (0,5–3 с) за порівняно низького тиску (15–40 МПа); за *жорсткого режиму* густина струму становить 160–360 А/мм<sup>2</sup>, тривалість зварювання — 0,2–1,5 с і тиск — до 150 МПа. М'які режими застосовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, а жорсткі — для корозієстійких сталей, алюмінію та мідних сплавів.

**Шовне зварювання** (рис. 9.30, в; с. 159) здійснюють на шовних зварювальних машинах, де замість стрижневих електродів використовують ролики. Під час зварювання листів утворюється суцільний шов. За допомогою дискових роликів передається зусилля до деталей, подається струм і переміщуються деталі.

Використовують такі способи шовного зварювання: *безперервне*, *перервне з безперервним обертанням роликів*, *перервне з періодичним обертанням роликів*. Шовне зварювання застосовують під час виготовлення місткостей з товщиною стінки 0,3–3 мм, де необхідна герметичність швів.

Для контактного зварювання використовують спеціальні машини, які складаються із зварювального трансформатора, переривача зварювального струму, регулятора струму первинного кола трансформатора, струмопідвідних пристроїв, а також механізмів для створення потрібного тиску під час стискання деталей.

## Запитання та завдання

1. Які з'єднання називають *нерознімними*?
2. Охарактеризуйте технологію складання пресових з'єднань із використанням пластичної деформації.
3. Як складають пресові з'єднання за допомогою механічного впливу?
4. Назвіть способи запресовування деталей.
5. Як складають пресові з'єднання з тепловим впливом?
6. У чому полягає складання пресових з'єднань методом глибокого охолодження?
7. Назвіть особливості з'єднання заформовуванням.
8. Що називають *паянням*?
9. Які є види припоїв?
10. Що таке *лудіння*?
11. Як здійснюють паяння?
12. Яка технологія складання деталей за допомогою клеїв?
13. Охарактеризуйте види клеїв.
14. Як виконують з'єднання за допомогою заклепок?
15. Як визначити довжину стрижня заклепки для заклепування?
16. Назвіть види заклепок.
17. Назвіть види джерел живлення постійного струму.

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

### 10.1. Загальні дані про трубопроводи

Трубопроводи призначені для подавання рідин, пари, повітря та інших газів. Вони бувають високого та низького тиску. Залежно від конструктивних особливостей, трубопроводи поділяють на жорсткі та гнучкі. *Жорсткі трубопроводи* виготовляють із чавуну, сталі, алюмінію, міді та її сплавів, пластмас. *Гнучкі трубопроводи* бувають гумові та гнучкі металеві (рукави). Найпоширенішими є сталеві труби. Залежно від способу виготовлення вони бувають суцільнотягнуті (безшовні) і зварні. Для охолоджувальних рідин використовують звичайні водогазопровідні труби, для гарячої води й пари середнього тиску – безшовні труби, для рідин гідропресів – сталеві суцільнотягнуті труби.

Для трубопроводів усіх видів загальними вимогами є чистота внутрішнього отвору, непроникність, довговічність і зручність обслуговування.

Трубопроводи складаються з труб, фітінгів (муфт, кутників, трійників та ін.), фланців, кріпильних деталей, арматури (кранів, вентилів). Трубопровідна арматура призначена для вмикання та регулювання подачі рідин, пари й газів.

У промисловості використовують **трубопровідну арматуру таких видів:**

*запірну* – для регулювання потоку рідин, пари або газу (крани, вентиля, засувки);

*заобіжну* – для захисту трубопроводів у разі небезпечного підвищення тиску (клапани);

*регульовальну* – для впорядкування тиску й кількості подачі рідини або газу (редуктори);

*контрольну* – покажчики рівня рідини, тиску газу (манометри), витратоміри.

З'єднання трубопроводів можуть бути нерухомими рознімними, рухомими рознімними та нерухомими нерознімними. *Нерухомими рознімними* є з'єднання на різьбі – за допомогою фітінгів (рис. 10.1, а–е) і фланцеві (рис. 10.1, є–з). До *рухомих рознімних* з'єднань належать шлангові, а до *нерухомих нерознімних* – зварні, паяні та виконані розвальцьовуванням, відбортовуванням або розкочуванням.

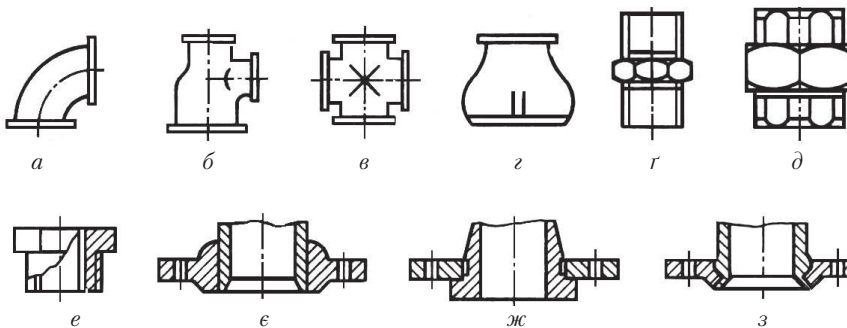


Рис. 10.1. Фітінги і фланці трубних з'єднань:

а – кутник; б – трійник; в – хрестовина; г – перехідна муфта; г – подвійний ніпель;

д – з'єднувальна гайка; е – футорка; є – фланець із шийкою на різьбі;

ж – вільний фланець із бортом; з – вільний фланець на відбортованій трубі

## 10.2. Складання трубопроводів

Процес складання трубопроводів поділяють на *підготовчий* та *складально-монтажний*. Підготовка трубопроводів до складання (з'єднання) — це операції розмічання, відрізання, очищення, згинання, нарізання різьби, розвальцювання, відбортування, зварювання, складання у вузли, контролю, випробування та маркування.

**Складання (з'єднання) труб на фланцях** здійснюють зварюванням, розвальцюванням, відбортуванням (рис. 10.1, з; с. 161), на різьбі (рис. 10.1, є; с. 161). Під час складання осі труб мають збігатися, а торці — бути паралельними.

З'єднання фланців здійснюють болтами або шпильками. Для ущільнення між фланцями встановлюють *прокладки*. Їх виготовляють за формою фланця, з обох боків промащують оліфою, білилами, клеєм, милом або пастою і насаджують на шпильки. На болти або шпильки насаджують фланець і затягують гайками хрестнахрест, звертаючи увагу на відсутність перекосу.

*Залежно від умов роботи й призначення з'єднання, використовують такі види прокладок:*

- м'які еластичні з однорідного матеріалу (папір, картон, войлок, азбест, гума, пароніт, свинець);
- м'які еластичні комбіновані (металеві з азбестовим сердечником, азбесто-гумові);
- пасти, мастики.

Велике значення має правильний вибір матеріалу й товщини прокладки. Поверхня прокладок має бути чистою, рівною, без складок і розривів. Нерівномірність товщини прокладок допускається не більше 0,10–0,15 мм за всією довжиною.

Гуму й картон використовують для ущільнення водяних трубопроводів, папір — для маслопроводів, фібру — для паливо- й маслопроводів, пароніт — для водяних і парових трубопроводів, свинець — для кислотних трубопроводів. Азбест у стані картону, шнура й ниток використовують для ущільнення парогазопроводів. Папір для паливопроводів просочують гасом або нафтою.

**Складання труб на фітингах** дає змогу з'єднувати труби під різними кутами, облаштовувати гілки трубопроводів, переходи з одного діаметра на інший тощо. *Фітинги* — це фасонні з'єднувальні деталі, які виготовляють із сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів, пластмас.

Міцність з'єднання забезпечують надійним затягуванням, за якого нитки різьб деталей щільно прилягають (притискаються) одна до одної. Герметичність забезпечують, змащуючи перед складанням з'єднувані частини білилами, свинцевим суриком тощо. Для надійного з'єднання використовують лляну або конопляну підмотку із суриковою замазкою, яку виготовляють із сурику й перевареного масла в співвідношенні 2 : 1. Під час приготування цю суміш ретельно розтирають.

Труби з'єднують за допомогою муфт, на зовнішній поверхні яких є ребра для захоплення ключем під час закручування. На трубах може бути коротка або довга різьба. За **короткої різьби** (рис. 10.2, а) на кінцях труб нарізають різьбу такої довжини, щоб вона не доходила до середини муфти на 2–3 витки. Збіг наприкінці різьби створює заклинювання, яке забезпечує щільність з'єднання. Цей спосіб з'єднання труб є нерознімним. Коли ж потрібно забезпечити рознімність з'єд-

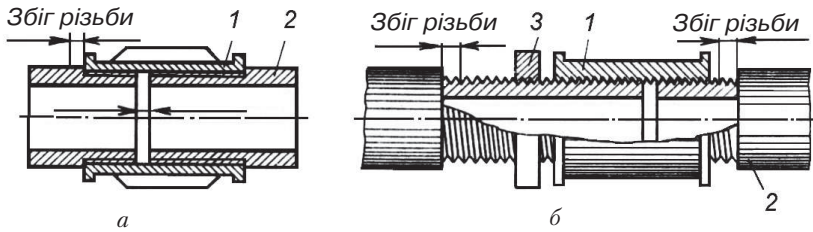


Рис. 10.2. Трубні з'єднання:

а — з короткою різьбою; б — на згоні; 1 — муфта; 2 — труба; 3 — контргайка

нання, використовують труби з довгою різьбою, які називають **з'єднаннями на згоні** (рис. 10.2, б). За такого способу з'єднання одна труба має коротку різьбу, а інша — довгу. Ділянку з довгою різьбою називають **згоном**. Його довжину вибирають так, щоб на ньому розмістилася муфта з контргайкою і ще залишилося не менше двох витків різьби.

З'єднання на згоні виконують у такій послідовності. Спочатку контргайку та муфту накручують без промазування суриком або білилами на довгу різьбу. Коротку різьбу другої труби ущільнюють і промазують білилами або суриком. Після цього муфту зкручують із довгої різьби на коротку й закручують до упору в збіг різьби. Але з боку довгої різьби муфта не має ущільнення і не заклинена на збігові різьби. Тому просочений суриком джгут лляної пряжі намотують на довгій різьбі між муфтою та контргайкою. Після цього закручують контргайку, притискаючи її до муфти.

**Заборононо скручувати назад фітинги та крани, бо це може призвести до зниження герметичності з'єднання!** Якщо ж кран, трійник, хрестовина або інша деталь не зайняли правильного положення, необхідно зробити неповний оберт за ходом різьби. З'єднання трубопроводів виконують трубними ключами (див. розділ 4.12; с. 34).

Складені трубопроводи випробовують на герметичність і міцність. Для цього трубопровід заповнюють водою та помічають крейдою місця підтікання. Потім воду зливають та усувають виявлені нещільності. Під час гідравлічних випробувань перевіряють міцність усіх елементів (відсутність тріщин, пор, раковин) і герметичність з'єднань під тиском, що передбачено технічними умовами.

Паропроводи випробовують парою під таким тиском і за такої температури, за яких вони будуть експлуатуватися.

Для виявлення дефектів з'єднань проводять ультразвукові, рентгенівські й інші випробовування.

### Запитання та завдання

1. Яке призначення трубопроводів?
2. Які є види трубопроводів?
3. З чого складаються трубопроводи?
4. Для чого призначена трубопровідна арматура?
5. Назвіть види з'єднань трубопроводів.
6. Як з'єднують труби на фланцях?
7. Охарактеризуйте особливості складання труб на фітингах.
8. Як випробовують трубопроводи?



## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ПІДШИПНИКОВИХ З'ЄДНАНЬ

### 11.1. Загальні дані про підшипники

**Підшипниками** називають опори валів та осей, призначених для сприйняття радіальних та осьових навантажень. Радіальне навантаження діє перпендикулярно до осі вала, осьове — уздовж осі вала.

Відомо, що під час переміщення деталей виникає тертя ковзання та кочення. Під час тертя ковзання поверхня, лінія або точка дотику однієї деталі, що переміщується по іншій, залишається весь час незмінною (переміщення поршня в циліндрі, рух каретки по напрямних станини верстата). Унаслідок тертя кочення деталі перекочуються одна по іншій без ковзання, а їхні поверхні дотикаються по лінії або в одній точці. У міру перекочення деталей лінія або точка дотику весь час змінюється новою (подібно до кочення коліс по рейках). За однакового навантаження опір тертя кочення значно менший від опору тертя ковзання, тож спрацювання деталей під впливом сили тертя кочення також буде меншим. Найпомітнішою є робота сил тертя в підшипниках (нерухомих опорах), у яких обертаються шипи (цапфи) валів.

За видом тертя підшипники поділяють на *підшипники ковзання*, *суцільнопресовані*, *рідинного тертя* та *кочення*. Найбільшого застосування набули підшипники ковзання та кочення, хоча й підшипники рідинного тертя використовують дедалі частіше.

Підшипники є невід'ємною частиною сучасних машин. Без них неможливе обертання деталей. Вибір типу підшипника залежить від призначення машини, її технічних характеристик, зручності складання та розбирання, регулювання тощо.

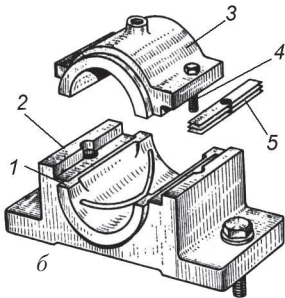
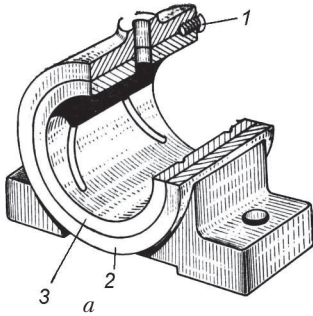


Рис. 11.1. Підшипники ковзання:

- a* — нерознімний: 1 — стопорний гвинт; 2 — корпус; 3 — втулка; *б* — рознімний: 1 — вкладиш; 2 — корпус; 3 — кришка; 4 — болт; 5 — прокладки

### 11.2. Підшипники ковзання

**Підшипниками ковзання** називають деталі, між внутрішньою поверхнею яких і шийкою вала виникає тертя ковзання. Їх поділяють на дві групи: нерознімні (суцільні) і рознімні (рис. 11.1).

**Нерознімні підшипники** складаються із сталевого або чавунного корпусу, який має вертикальну або горизонтальну базову поверхню і отвір, у який запресована втулка з антифрикційного матеріалу.

**Рознімні підшипники** складаються із з'єднаних болтами чи шпильками основи й кришки, у які встановлені нижній і верхній вкладиші (або без них).

Втулки та вкладиші виготовляють із різних антифрикційних матеріалів: чавуну, олов'яних та алюмінієвих бронз, латуні, бабіту, текстоліту, деревних пластиків, капрону, металокераміки тощо. Підшипникові втулки та вкладиші, залежно від діючих

на них навантажень, виготовляють простими (з однієї марки матеріалу) і біметалевими (чавунну або сталеву основу покривають шаром антифрикційного металу шляхом наплавлення, металізації, заливання тощо).

Нерознімні підшипники можуть бути *нерегульованими*, у яких неможливо регулювати розмір зазору між шийкою вала та внутрішньою поверхнею підшипника, і *регульованими*, у яких зазор можна підтримувати постійним, незалежно від спрацювання шийки вала й підшипника.

Основна вимога до підшипників ковзання — мінімальне тертя за рівномірно розподіленого навантаження. Тому на опорних поверхнях втулок і вкладишів передбачені масляні канавки, форма й розміри яких залежать від матеріалу втулок (вкладишів), навантаження, виду мащення та способу подавання мастила. Крім канавок, роблять кишені та вхідні отвори, до яких під'єднують трубопроводи системи мащення.

Залежно від зусилля, що діє у вузлах, підшипники поділяють на:

*радіальні* — сприймають навантаження, перпендикулярні до осі вала;

*упорні* — сприймають осьові навантаження (підп'ятники);

*радіально-упорні* — одночасно сприймають радіальні та осьові навантаження.

Для підвищення ККД і зменшення тертя, спрацювання та нагрівання поверхонь підшипника й шийки вала використовують **мастильні матеріали** різних типів. Їх поділяють на *рідкі*, *густі* (консистентні), *тверді* й *газоподібні*. Рідкі мастила добре розподіляються по спряжених поверхнях, мають мале внутрішнє тертя та добре працюють у великих діапазонах температур. Консистентні (густі) мастила використовують за потреби надійної герметизації підшипникового вузла. Тверді мастила застосовують для експлуатації підшипникового вузла за високих температур. Повітряне (газоподібне) мащення використовують у підшипниках швидкохідних і малонавантажених валів.

Залежно від товщини масляного шару розрізняють такі **режими роботи підшипників ковзання**:

*рідинного тертя*, коли поверхні вала й підшипника розділені шаром мастила;

*напіврідинного тертя*, де переважає рідинне тертя, а на деяких ділянках спостерігається сухе тертя (сухе тертя виникає між немасченими поверхнями);

*напівсухого тертя*, де переважає сухе, а на певних ділянках — рідинне тертя.

Найсприятливішим є режим рідинного тертя, для забезпечення якого необхідно створювати надлишковий тиск гідростатичним (насосом) або гідродинамічним (обертанням вала) шляхом. Коефіцієнт рідинного тертя дорівнює 0,001–0,008, напіврідинного — 0,008–0,08, сухого — 0,1–0,8. Для порівняння: коефіцієнт тертя підшипників кочення становить від 0,002 до 0,02. Виникнення рідинного тертя залежить від відносної швидкості поверхонь, які труться, способу подавання мастила та його в'язкості.

У стані спокою, коли вал у підшипнику не обертається, його цапфа під впливом власної маси й направлено зверху вниз навантаження притискається до нижньої частини підшипника (рис. 11.2, а). Зазор між підшипником і валом має серпоподібну форму. Під час обертання

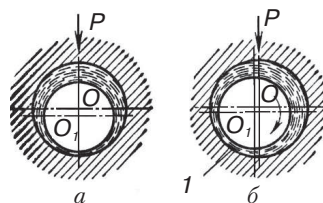


Рис. 11.2. Розташування вала в підшипнику ковзання:

а — у стані спокою;

б — під час обертання;

1 — масляний клин;

P — навантаження;

O — центр осі;

O<sub>1</sub> — зміщений центр осі

вала масло заповнює зазор і підтікає під цапфу, яка ніби спливає (піднімається), утворюючи на найвужчій ділянці зазору масляний клин 1 (рис. 11.2, б; с. 165). З підвищенням швидкості обертання вала збільшується товщина масляного клина та створюється надлишковий гідродинамічний тиск, який забезпечує рідинне тертя.

Коли поверхні вала й підшипника розділені дуже тонким шаром мастила завтовшки в кілька молекул, то тертя називають **граничним**. Йому властива особлива фізико-хімічна взаємодія мастила з поверхнею тертя. Характер спрацювання здебільшого залежить від навантаження і температури. Завдяки мащенню дрібні нерівності (шорсткість) не дотикаються між собою. Зменшенню тертя сприяє рухомість мастила. Крім того, мастило добре відводить тепло й виносить частинки металу, які мають абразивні (стираючі) властивості, а також захищає деталі від корозії.

### 11.2.1. Складання нерознімних підшипників ковзання

Складання нерознімного підшипника здійснюють за кілька переходів:

- запресовування втулки в корпус підшипника;
- закріплення втулки в корпусі від прокручування;
- підгінка отвору втулки за шийкою вала;
- перевірка рівномірності прилягання втулки до шийки вала.

Для встановлення втулки в отвір корпусу підшипника з натягом по 2–3-му квалітету застосовують такі способи:

- запресовування молотком за допомогою спеціальних оправок;
- запресовування на пресі;
- запресовування способом глибокого охолодження (для встановлення тонкостінних втулок у корпус великої маси);
- за допомогою клею (для встановлення втулок у корпус із зазором).

Щоб уникнути перекосів під час запресовування, втулки потрібно точно відцентрувати щодо отвору в корпусі. Для цього використовують спеціальні пристрої (рис. 11.3, а). Втулку 1 установлюють на оправку 2, що центрується у стояку 3.

Коли шток преса опускається, оправка 2 переміщується разом із втулкою, яка запресовується в отвір корпусу 4.

Після запресовування внутрішній діаметр втулки може зменшитися. Тому його перевіряють по валу або калібром. За потреби внутрішню поверхню втулки піддають тонкому розточуванню ущільнювальними оправками або кульками, розточуванню та шабруванню.

Під час автоматизованого складання втулки подають у пристрій із бункера (рис. 11.3, б). Деталь 6 установлюють на палець 7, а втулку 5 подають із бункера на менший ступінь напрямного пальця, який має відповідне заокруглення.

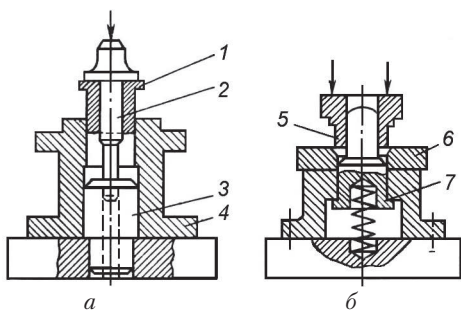


Рис. 11.3. Схема запресовування підшипникових втулок:

- а — на центрувальному пристрої;  
 б — під час автоматизованого запресовування; 1, 5 — втулки; 2 — оправка;  
 3 — стояк; 4 — корпус; 6 — деталь;  
 7 — палець

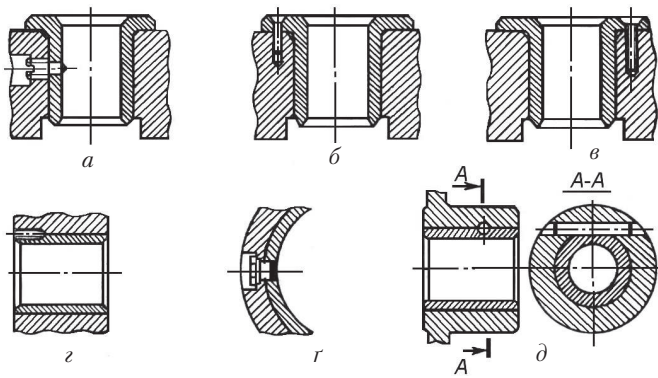


Рис. 11.4. Способи закріплення втулок у корпусі підшипника:

*a* – різьбовим стопором; *б* – штифтом; *в* – гвинтом; *г* – різьбовим штифтом;  
*р* – гладким стопором; *д* – штифтом по дотичній

Втулки перед запресовуванням ретельно оглядають, протирають спряжувани поверхні, зачищають гострі кути на торцях, а за великих натягів змащують чистим машинним мастилом. Під час охолодження втулки рідким азотом або нагрівання корпусу підшипника спряжувани поверхні очищають від мастила. Охолодження або нагрівання деталей має бути рівномірним. Маслопідвідні отвори втулки й корпусу суміщують.

Після встановлення в корпус втулку додатково закріплюють від прокручування за допомогою гвинтів, штифтів, гладких стопорів. Для закріплення різьбовим стопором (рис. 11.4, *a*) у втулці просвердлюють глухий або наскрізний отвір. Якщо втулку кріплять штифтом (рис. 11.4, *б*), то по буртику втулки просвердлюють отвір у корпусі, у який з натягом уставляють штифт і з торця розкернують. Щоб закріпити втулку гвинтом (рис. 11.4, *в*), спочатку свердлять отвір під різьбу й зенкують під головку гвинта, яка має бути притоплена щодо торця на 0,2–0,3 мм. Так само виконують кріплення різьбовим штифтом (рис. 11.4, *г*). Для кріплення гладким стопором (рис. 11.4, *р*), який утримується в корпусі завдяки обтисканню металу й натягу, раніше просвердлюють отвір у корпусі, а отвір у втулці свердлять після її запресовування. У разі кріплення втулки штифтом по дотичній (рис. 11.4, *д*) отвір під штифт у втулці обробляють за отвором у корпусі. Штифт запресовують легкими ударами молотка, щоб втулка не деформувалася.

Після запресовування підшипника перевіряють стан його робочої поверхні, форму отвору, розміри, збіг осей тощо. Якщо втулка після встановлення деформувалася та набрала овальної або конусної форми, якщо є перекося або пошкодження робочої поверхні, то в підшипнику може утворитися місцеве сухе тертя, що призведе до швидкого спрацювання деталей. На робочій поверхні не має бути подряпин, тріщин, відшарування антифрикційного матеріалу тощо. Щільність посадок перевіряють під час попереднього контролю розмірів спряжуваних деталей або за силою запресовування.

### 11.2.2. Складання різних підшипників ковзання

За конструкцією різні підшипники (див. рис. 11.1, *б*; с. 164) поділяють на товсто- й тонкостінні. Відношення товщини стінки  $S$  до зовнішнього діаметра  $D$

у товстостінних підшипниках становить 0,065–0,095, у тонкостінних — 0,025–0,045.

**Товстостінні підшипники (вкладиші)** виготовляють із низьковуглецевої сталі, чавуну, бронзи й заливають бабітом або іншим антифрикційним сплавом завтовшки  $0,01d$  ( $d$  — внутрішній діаметр вкладиша).

В одиничному й дрібносерійному виробництві процес складання вкладишів починають із припасування. Спочатку їх приганяють по зовнішньому діаметру до корпусу підшипника за фарбою і щупом (щуп завтовшки 0,25 мм не повинен проходити в місці дотику), а потім — по шийках вала. Під час шабрування плями фарби мають рівномірно покривати 75–80 % від площі поверхні вкладиша. На кожному квадратному сантиметрі для навантажених вкладишів має бути не менше п'яти плям, а для ненавантажених — не менше чотирьох. У відповідальних підшипниках якість припасування перевіряють за блиском поверхні вкладишів після затягування підшипника й обертання вала на 2–3 оберти. Кінцеве припасування виконують після встановлення кришок підшипників. Гайки затягують динамометричним ключем: вал прокручують на 2–3 оберти, послаблюють гайки кріплення першого підшипника й затягують гайку наступного підшипника, прокручують вал знову і т. д. Після цього розбирають усі підшипники та пришабровують верхні та нижні вкладиші.

Масляний зазор контролюють щупом, латунними вкладишами потрібної товщини або свинцевими дротиками, які вставляють між вкладишами та шийками вала вздовж і впоперек його осі в кількох місцях. Зазор регулюють набором прокладок завтовшки 0,05–0,8 мм, які розміщують між кришками підшипника.

У масовому виробництві складання виконують без припасувальних робіт, тому що вкладиші виготовляють взаємозамінними. Послідовність складання така: укладання нижнього вкладиша в корпус; мащення поверхонь ковзання вкладиша; установлення вала; установлення верхнього вкладиша; установлення прокладок для забезпечення потрібного зазору (або без прокладок); установлення кришок підшипника; попереднє затягування гайок; кінцеве затягування гайок динамометричним ключем; перевірка легкості обертання вала; шплінтування гайок від самовідкручування.

**Тонкостінні підшипники (вкладиші)** виготовляють із низьковуглецевої сталі й заливають бабітом, свинцевою бронзою, алюмінієм або стрічковими біметалами. У швидкохідних двигунах використовують біметалеві вкладиші із сталеву основою, металокерамічним або мідно-нікелевим шаром і бабітовим заливанням. Від переміщення вкладиші фіксують шпорами, вусиками або виступами, які входять у відповідні заглиблення гнізд спряженої деталі. Конусність та овальність гнізд не повинна перевищувати 0,01–0,015 мм на 100 мм діаметра. Правильність форми вкладишів перевіряють за фарбою в спеціальному пристосуванні під навантаженням. Поверхню середньої частини фарбують на 90 %, а решту — на 75–80 %. Натяг створюють шляхом затягування гайок під час складання підшипника. Недостатня висота тонкостінних вкладишів не забезпечує щільного прилягання до поверхні гнізда, а велика висота призводить до їхньої деформації.

Для запобігання зміщенню вкладишів товстостінних підшипників використовують установлювальні штифти, які кріплять у корпусі підшипника з натягом 0,04–0,07 мм. Між отвором у вкладиші та штифтом має бути зазор 0,1–0,3 мм.



Отвір під штифт роблять овальним, завдяки чому вкладиш у разі перекосу самоустановлюється.

Після встановлення валів вкладиші припрацьовують, подаючи в них мастило: спочатку з малими навантаженнями та малою частотою обертання, а потім — з великими. Унаслідок цього зменшуються (згладжуються) мікронерівності й ущільнюється поверхня вкладишів.

Якість складання визначають за характером обертання вала й температурою нагрівання. Якщо вал прокручується важко, то це вказує на занижені зазори в з'єднанні. Підвищення температури свідчить про неякісне складання та шабрування, незадовільне мащення або виникнення задирок, нагару тощо. У цьому випадку припрацьовування припиняють та усувають дефекти.

Нормальна робота машини залежить від правильності встановлення підшипників ковзання. Збіг осей підшипників перевіряють еталонним валом, контрольною лінійкою та щупом, струною та штихмасом, а також оптичним способом. Осьові зазори контролюють щупом або індикатором.

### 11.3. Суцільнопресовані підшипники

**Суцільнопресовані підшипники** — це підшипники, виготовлені з обрізків тканини, які розкладають шарами, та із крихт деревного шпону. Матеріали просочують смолою, просушують і пресують під тиском 40–60 МПа, нагріваючи до температури +155–165 °С.

Для виготовлення втулок підшипників ковзання широко використовують спечені втулки, які виготовляють із матеріалів марки ЖГр1,5Д2,5 (1,5 % графіту, 2,5 % міді, решта — залізо). Такі втулки мають високу пористість, добре просочуються мастилом і можуть тривалий час працювати без додаткового мащення.

Під час складання суцільнопресованих підшипників зазор між вкладишем і шийкою вала роблять більшим, ніж у вузлах із бронзовими або чавунними вкладишами. Через розбухання матеріалу можливе затискання вала. Рекомендовано залишати зазори 0,003–0,004 діаметра, а в склеєних із пластин підшипниках — 0,002–0,004 діаметра підшипника.

### 11.4. Складання підшипників рідинного тертя

**Підшипник рідинного тертя** (рис. 11.5; с. 170) складається з двох основних деталей: масивної конічної втулки 9 і вкладиша 8 із тонким шаром бабіту. Масло в підшипник подається через отвір 7, а відводиться через отвір 12. Під час роботи масло затягується втулкою 9, яка встановлена на шийці вала й обертається у вкладиші 8, у клиновий зазор між ними. Осьові зусилля передаються через притискне кільце 5 на упорне кільце 6. Шпонкою 11 і кільцем 1 втулка 9 кріпиться на валу. Кільце 1 накручується на різьбове кільце 2, що складається з двох половин. Кільце 2 вставляється в кільцевий паз і фіксується штифтом 3. Щоб запобігти забрудненню, установлюють ущільнювальні кільця 10. Подушку 15 фіксують у станині 14 приливком 16 та ексцентриком 13, який прокручується валиком 17, що приводиться в рух від рукоятки 18.

Перед складанням перевіряють якість виготовлення всіх деталей. Їх промивають у маслі та бензині, просушують і покривають тонким шаром мастила.



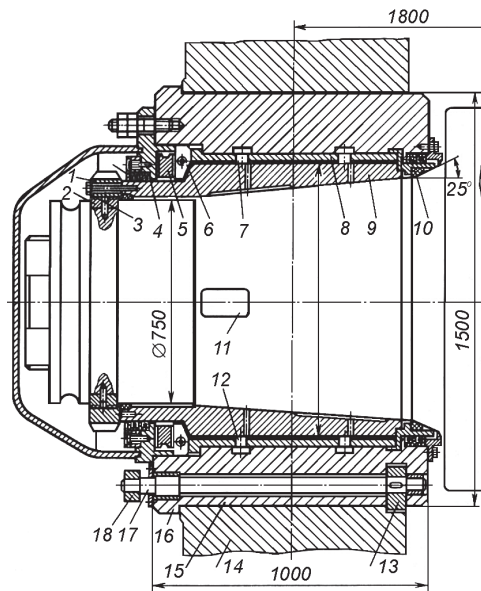


Рис. 11.5. Підшипник рідинного тертя:

1, 2, 5, 6, 10 — кільця; 3 — штифт; 4 — кришка; 7 і 12 — отвори для підведення і відведення масла; 8 — вкладиш; 9 — конічна втулка; 11 — шпонка; 13 — ексцентрик; 14 — станина; 15 — подушка; 16 — приливок; 17 — валик; 18 — рукоятка

*Складання підшипника рідинного тертя виконують у такій послідовності:*

- запресовують у подушку 15 штифт;
- вкладиш 8 установлюють у подушку 15 так, щоб паз вкладиша збігся зі штифтом;
- у подушку встановлюють втулку-цапфу з півкільцями, використовуючи технологічну шайбу;
- установлюють упорне кільце 6;
- установлюють кришку 4 із запресованим у ній штифтом так, щоб штифт потрапив в отвір гайки та зафіксував її;
- прокручують складений вузол на 180° і кріплять до задньої кришки.

Після складання підшипник установлюють на вал, попередньо встановивши шпонку 11, а в кільцевий паз — різбове кільце 2, яке фіксують штифтом 3. Після цього контролюють рівномірність прилягання ущільнювальних кілець 10 і прокручують вал у підшипниках. Після випробування під навантаженням підшипник розбирають і перевіряють робочі поверхні. Потім промивають деталі й виконують остаточне складання, регулювання та обкатування під навантаженням.

## 11.5. Підшипники кочення

**Підшипники кочення** (рис. 11.6, а) — це готові складальні одиниці, основним елементом яких є тіла кочення — кульки й ролики 3, що встановлені між зовнішнім 1 і внутрішнім 2 кільцями. Тіла кочення знаходяться один від одного на певній відстані завдяки сепаратору 4. У процесі роботи кульки або ролики 3 котяться

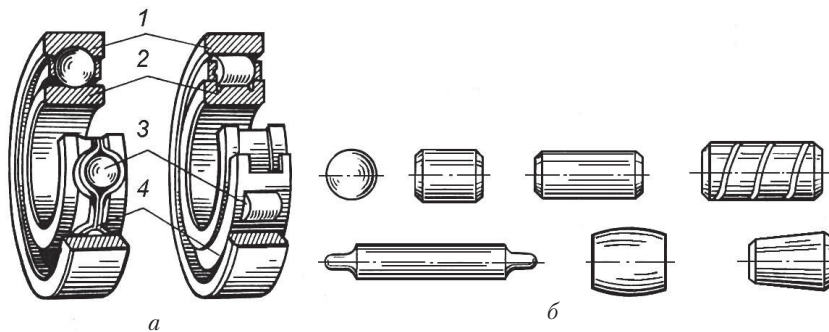


Рис. 11.6. Підшипники кочення:

*a* – конструкція; *б* – форми тіл кочення; 1 і 2 – зовнішнє та внутрішнє кільця;  
3 – тіла кочення; 4 – сепаратор

по бігових доріжках кілець 1 і 2, одне з яких розміщують у механізмі нерухомо. За тертя кочення втрати потужності значно менші, ніж за тертя ковзання. У підшипниках кочення цапфа вала впирається на поверхню внутрішнього кільця та обертається разом з ним відносно зовнішнього кільця. Підшипники кочення більш стійкі проти спрацювання, ніж підшипники ковзання.

Залежно від форми тіл кочення підшипники бувають *роликові* та *кулькові*. Ролики поділяють на циліндричні (короткі та довгі), конічні, виті, бочкоподібні й голчасті (рис. 11.6, б). На великих кутових швидкостях кулькові підшипники працюють краще, ніж роликові, але роликові сприймають більші навантаження.

За кількістю рядів тіл кочення підшипники поділяють на *одно-* й *багаторядні*.

Залежно від напрямку сприйняття навантаження підшипники бувають:

*радіальні* – сприймають навантаження перпендикулярно до осі обертання;

*упорні* – уздовж осі обертання;

*радіально-упорні* – перпендикулярно й уздовж осі обертання одночасно.

За способом компенсації перекосів вала підшипники кочення поділяють на *самоустановлювані* й *несамоустановлювані*. Самоустановлюваними є сферичні підшипники, у яких доріжка кочення зовнішнього кільця виконана у формі сфери. Завдяки сферичній формі проходить вільне самоустановлення підшипника в разі перекосів гнізд підшипників, для вала – у корпусній деталі. У звичайних підшипниках кочення перекоси вала не допускаються.

Залежно від габаритів за однакового внутрішнього діаметра підшипники поділяють на серії: *надлегкі* (2 серії), *особливо легкі* (2 серії), *легкі*, *середні* й *важкі* (7 серій).

За шириною підшипники кочення бувають вузькі, нормальні, широкі й особливо широкі.

За точністю виготовлення розрізняють 5 класів підшипників – 0, 6, 5, 4 і 2 (у порядку підвищення точності). На точність впливають розміри: внутрішній і зовнішній діаметри, ширина кілець. Найчастіше застосовують невисокі класи точності через вартість їхнього виготовлення. Підшипники 2-го класу приблизно в 10 разів дорожчі за підшипники класу 0.

Кульки, ролики та кільця підшипників виготовляють із спеціальних підшипникових сталей марок ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, 18ХГТ, 20Х2Н4А; сепаратори — із м'якої вуглецевої сталі, бронзи, алюмінієвих сплавів і пластмас.

**Позначення підшипника** наносять на кільце. Перші дві цифри (справа наліво) означають внутрішній діаметр підшипника. У підшипниках із внутрішнім діаметром від 20 до 495 мм його знаходять множенням числа з цих двох цифр на 5.

*Для підшипників діаметром від 10 до 20 мм прийняті такі позначення:*

- маркування — 00 01 02 03;
- внутрішній діаметр, мм — 10 12 15 17.

Третя цифра праворуч означає серію підшипника: 8 і 9 — надлегка; 1 і 7 — особливо легка; 2 — легка; 3 — середня; 4 — важка; 5 — легка широка; 6 — середня широка.

Четверта цифра означає тип підшипника: 0 — кульковий радіальний однорядний; 1 — кульковий радіальний сферичний дворядний; 2 — роликовий радіальний із короткими циліндричними роликами; 3 — радіальний сферичний дворядний із бочкоподібними роликами; 4 — роликовий радіальний із довгими циліндричними роликами й голчастий; 5 — радіальний із витими роликами; 6 — кульковий радіально-упорний; 7 — роликовий конічний радіально-упорний; 8 — кульковий упорний; 9 — роликовий упорний.

П'ята й шоста цифри праворуч означають конструктивні особливості підшипника. Сьома цифра означає серію підшипника за шириною: 1 — нормальна; 2 — широка; 3, 4, 5 і 6 — особливо широка; 7 — вузька.

Цифра перед тире означає клас точності підшипника (клас 0 не маркується).

### 11.5.1. Типи підшипників кочення та їхні характеристики

Підшипники кочення розрізняють залежно від конструктивних особливостей та навантаження.

**Кульковий радіальний однорядний** підшипник (рис. 11.7, а) сприймає радіальне навантаження та одночасно може сприймати осьові навантаження, які не повинні перевищувати 70 % від невикористаного радіального навантаження.

**Кульковий радіальний сферичний дворядний** підшипник (рис. 11.7, б) забезпечує самоустановлення, що дає змогу використовувати його в разі перекосу вала на 2–3°. Сприймає радіальне навантаження, але одночасно може сприймати й осьове навантаження, яке становить до 20 % від невикористаного радіального навантаження.

**Кульковий упорний однорядний** (рис. 11.7, в) і **подвійний** (рис. 11.7, г) підшипники сприймають тільки осьові навантаження: одnobічні (у разі використання однорядного) і знакозмінні (у разі використання подвійного підшипника).

**Кульковий радіально-упорний однорядний** підшипник (рис. 11.7, г) одночасно сприймає осьове й радіальне навантаження. Осьове навантаження не повинне перевищувати невикористане радіальне більше ніж у 2 рази.

**Кульковий радіально-упорний дворядний** підшипник (рис. 11.7, д) забезпечує сприйняття значних радіальних і знакозмінних осьових навантажень і високу жорсткість опор.

**Роликовий радіальний із короткими циліндричними роликами** підшипник (рис. 11.7, е) сприймає великі радіальні навантаження та має вантажопідйом-

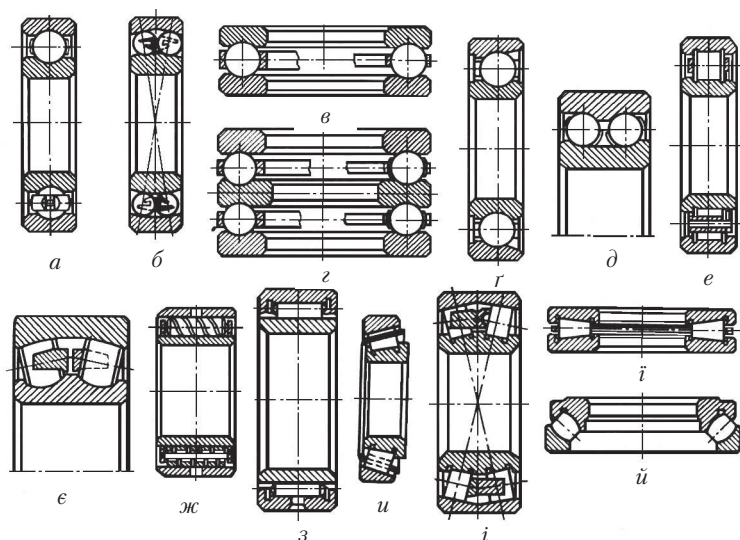


Рис. 11.7. Види підшипників кочення:

- a* – кульковий радіальний однорядний; *б* – кульковий радіальний сферичний дворядний;  
*в* – кульковий упорний однорядний; *г* – кульковий упорний подвійний;  
*г* – кульковий радіально-упорний однорядний; *д* – кульковий радіально-упорний дворядний;  
*е* – роликівий радіальний із короткими циліндричними роликами;  
*е* – роликівий радіально-упорний сферичний дворядний; *ж* – роликівий із витими роликами;  
*з* – роликівий голчастий; *и* – роликівий конічний однорядний;  
*і* – роликівий конічний дворядний; *ї* – роликівий упорний із конічними роликами;  
*й* – роликівий упорний сферичний

ність, яка в 1,7 раза перевищує вантажопідйомність кулькового підшипника. Конструкція забезпечує легке розбирання в осьовому напрямку й допускає зміщення кілець в осьовому напрямку, що сприяє самоустановленню вала в осьовому напрямку.

**Роликівий радіально-упорний сферичний дворядний** (рис. 11.7, *е*) має два ряди бочкоподібних роликів, розташованих у шаховому порядку. Доріжка кочення сферична, завдяки чому підшипник може самоустановлюватися. Сприймає радіальне навантаження, але одночасно може сприймати осьове, яке становить до 25 % від невикористаного радіального.

**Роликівий із витими роликами** (рис. 11.7, *ж*) сприймає значні тільки радіальні навантаження, однак може сприймати й ударні навантаження. Виті ролики виготовляють із стрічки прямокутного перерізу.

**Роликівий голчастий** підшипник (рис. 11.7, *з*) сприймає значні тільки радіальні навантаження. Дуже малі габарити. Сепаратор відсутній.

**Роликівий конічний однорядний** підшипник (рис. 11.7, *и*) одночасно сприймає значні радіальні й однобічні осьові навантаження. Вантажопідйомність на 90 % перевищує вантажопідйомність кулькового радіально-упорного однорядного підшипника.

**Роликівий конічний дворядний** підшипник (рис. 11.7, *і*) сприймає великі радіальні та знакозмінні осьові навантаження.

*Роликовий упорний із конічними роликами* підшипник (рис. 11.7, і; с. 173) сприймає тільки осьові навантаження.

*Роликовий упорний сферичний* (рис. 11.7, й; с. 173) сприймає осьове та невелике радіальне навантаження.

### 11.5.2. Монтаж підшипників кочення

Перед складанням необхідно підібрати розміри зовнішнього та внутрішнього кілець так, щоб вони входили в поля допусків для вибраного підшипника й типу його посадки. Таку операцію називають *селекцією підшипників*. Посадку зовнішніх кілець підшипників кочення в корпус виконують за системою вала, а внутрішнього кільця на вал — за системою отвору.

Підготовка до складання полягає в розконсервуванні підшипника — знятті антикорозійного мастила. Підшипники кочення виймають з упакування тільки перед монтажем, а перед складанням промивають у бензині (газі), суміші бензину з мінеральним маслом, у гарячому маслі або в гарячих антикорозійних водних розчинах за температури +75–85 °С.

Для промивання в бензині в чисте відро або бачок наливають бензин і додають 6–8 % мінерального масла. У розчин занурюють підшипники й, притримуючи внутрішнє кільце, повільно обертають зовнішнє кільце до повного очищення деталей від мастила. Якщо деталі дуже забруднені, використовують дві ванни — для попереднього й остаточного промивання. Після промивання підшипники виймають із ванни й викладають для просушування на папір або обдувають стисненим повітрям. Потім їх змащують тонким шаром мастила.

У гарячому маслі підшипники промивають у металевих ваннах з електро- або паропідігріванням. Їх складають у сітчасті кошики, щоб запобігти контакту з розігрітим дном і брудним намулом. Час промивання становить 5–20 хв залежно від габаритів і ступеня консервації підшипника. Промиті підшипники ретельно просушують.

Нові підшипники, якщо упакування не пошкоджене й антикорозійне мастило не затверділо, установлюють без промивання.

Призначені для складання підшипники мають бути чистими, без слідів іржі, задирок, подряпин, тріщин, відшарувань матеріалу. Вони мають обертатися рівномірно, без заїдань, з майже нечутним шумом.

Монтаж підшипників виконують тільки після підготовки й перевірки посадочних місць на валу та в корпусі, циліндрична поверхня яких має бути чисто оброблена. Посадочні місця корпусу та вала, торці заплечиків, галтелей і спряжених із підшипником деталей (фланці, втулки) детально перевіряють. Якщо посадочні місця неправильно оброблені, мають овальність чи конусність, то підшипники не встановлюють. Також перевіряють усі мастильні канали на валу й у корпусі, прочищають і продувають їх стисненим повітрям.

Після виправлення дефектів механічної обробки посадочні місця та спряжені з ними деталі очищають від стружки, ошурків і піску, промивають гасом і протирають. Перед монтажем посадочні місця вала й корпусу, а також спряжені з ними деталі покривають тонким шаром мастила, щоб захистити від забруднення.

З'єднання підшипників кочення в складальній одиниці здійснюють із натягом на вал, з натягом у корпус або з натягом на вал і в корпус.

Для запресовування необхідно забезпечити співвісність розташування підшипників і вала. Перекоси внутрішнього кільця щодо вала утруднюють посадку, призводять до виникнення задирок і викривлення посадочної шийки, а інколи й до розривів внутрішніх кілець підшипників.

Під час **ручного запресовування підшипників** за допомогою труби зусилля прикладають тільки до того кільця, яке встановлюють із натягом. Недопустимим є передання зусилля через кульки або ролики. Внутрішній діаметр труби має бути трохи більшим за діаметр шийки вала, а торець — рівно підрізаним. Удари молотком наносять по центру труби, щоб не виникали перекуси кілець і не руйнувалися кульки, канавки та сепаратор.

Кращим способом запресовування підшипників на вал є **запресовування за допомогою преса з використанням оправок**. У разі застосування оправок зусилля має передаватися безпосередньо на торець внутрішнього кільця 2 під час напресування на вал 3 (рис. 11.8, а) і зовнішнього кільця 1 під час запресовування в корпус 4 (рис. 11.8, б). Коли підшипники напресовують на вал і запресовують у корпус водночас, то використовують оправку з буртиком, яка одночасно впирається в торці кілець (рис. 11.8, в).

Якщо підшипник напресовують на довгий вал і шийка міститься далеко від його кінця, а застосування оправки неможливе, використовують мідний вибивач. У такому разі потрібно стежити, щоб вибивач щільно прилягав до торця внутрішнього кільця і не доторкався до сепаратора або зовнішнього кільця. Прилягання підшипника до вала перевіряють щупом завтовшки 0,03 мм.

Перед установленням підшипників на вал для полегшення монтажу їх рекомендовано нагрівати в мінеральному маслі за температури до +100 °С. При посадках зовнішніх кілець корпуси також нагрівають до +100 °С у масляній ванні, а за великих розмірів — у муфельній печі. Для теплової обробки підшипників замість масляної ванни використовують нагрівання за допомогою індукційних установок.

Для встановлення **роликів підшипників з витими роликами** й розрізними зовнішніми кільцями використовують спеціальні пристрої, що стискають зовнішнє кільце підшипника. Після входження підшипника в корпус пристрою підшипник знімають й остаточно допресовують.

Великогабаритні підшипники запресовують спеціальними пристосуваннями з гідроприводом (рис. 11.9). Вони складаються з корпусу 1 і поршня 2, який має канавки для ущільнюваль-

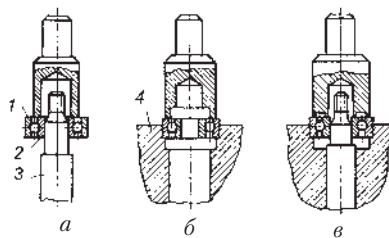


Рис. 11.8. Використання оправок під час монтажу підшипників кочення:

- а — напресовування внутрішнього кільця на вал; б — запресовування зовнішнього кільця в корпус;
- в — одночасне запресовування двох кілець; 1 — зовнішнє кільце; 2 — внутрішнє кільце; 3 — вал; 4 — корпус

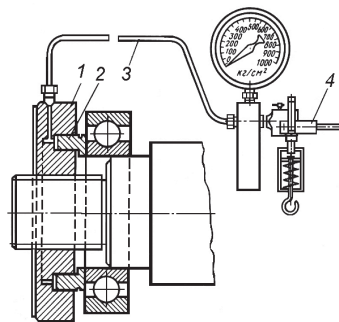


Рис. 11.9. Пристосування для запресовування великогабаритних підшипників:

- 1 — корпус; 2 — поршень;
- 3 — трубопровід; 4 — насос



них кільце і переміщується в корпусі під тиском масла. Масло подається ручним насосом 4 через трубопровід 3.

Монтаж **роликів у упорних конічних підшипників** (рис. 11.10, а) виконують окремо: спочатку внутрішнє кільце 2 із роликом 1 напресовують на вал 3, а зовнішнє кільце 4 встановлюють окремо в корпус. Характерною особливістю цих підшипників є регульовані зазори  $C$ , які не залежать від посадки підшипників на валу або в корпусі, а залежать від того, наскільки близько наближене зовнішнє кільце 4 до ролика 1. Радіальний зазор регулюють шляхом осьового зміщення зовнішнього та внутрішнього кільця.

Для регулювання зазору зовнішнім кільцем (рис. 11.10, б) з-під кришки 5, у яку впирається торець зовнішнього кільця, видаляють усі прокладки 6, а гайки, якими закріплюють кришку, затягують до упору. При цьому зазор дорівнюватиме нулю. У такому положенні вимірюють розмір щілини  $K$  між фланцем кришки 5 і корпусом. До отриманого розміру додають розмір  $C$  потрібного зазору (0,3–0,5 мм). Отримана сума буде дорівнювати загальній товщині прокладок 6, які необхідно підкласти під кришку 5 для забезпечення зазору в підшипнику.

Регулюючи зазор за допомогою гвинта 9 (рис. 11.10, в), його затягують до упору й закріплюють гайкою 8. Чашка 7 притисне зовнішнє кільце до роликів, і зазор буде відсутній. Якщо гвинт 9 відкрутити на півоберта або на повний оберт (залежно від кроку різьби), то чашка 7 відійде від зовнішнього кільця на половину кроку або на повний крок різьби гвинта 9. Завдяки цьому буде забезпечений зазор у підшипнику.

Якщо вал установлюють на двох підшипниках і один з них закріплюють від осьових переміщень і на валу, і в корпусі, то другий підшипник можна закріпити тільки на валу, зовнішнє кільце якого має бути плаваючим.

**Голчасті підшипники** використовують у складальних одиницях, на які впливають великі інерційні сили, для зменшення габаритів і маси. Вони складаються з внутрішньої та зовнішньої робочих поверхонь, комплекту голчастих роликів і бокових обмежувачів. Робочі поверхні утворюють поверхні спряжуваних деталей — вала (зовнішня поверхня) і втулки (внутрішня поверхня). Боковими обме-

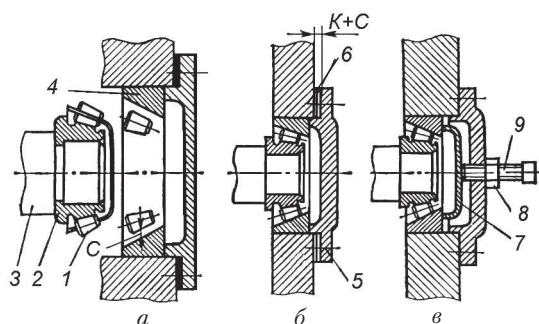


Рис. 11.10. Монтаж роликового конічного підшипника:

- а — установлення підшипника; б — регулювання зазору зміщенням зовнішнього кільця;  
 в — регулювання зазору за допомогою гвинта; 1 — ролик; 2 — внутрішнє кільце; 3 — вал;  
 4 — зовнішнє кільце; 5 — кришка; 6 — прокладки; 7 — чашка;  
 8 — гайка; 9 — гвинт;  $C$  — зазор;  $K$  — щілина

жувачами можуть бути кільця й заплечики. Такі підшипники виготовляють без сепаратора. Щільне прилягання між собою голок (роликів) не допускає перекосу під час роботи. Радіальний зазор у них значно більший, ніж у роликівих і кулькових підшипниках.

Голчастий підшипник монтують у процесі складання вузла (рис. 11.11, а). На поверхню проточки валика 1 наносять густе мастило, установлюють валик у монтажне півкільце 2 і в утворену щілину вводять голчасті ролики, поступово прокручуючи валик. Після цього на валик насаджують деталь, зміщуючи монтажне півкільце.

Коли монтаж голчастого підшипника виконують на монтажному валу 4 (рис. 11.11, б), зовнішній діаметр якого на 0,1–0,2 мм менший за діаметр дійсної осі, щоб голки не розсипалися, поверхню отвору змащують тонким шаром густого мастила. Інколи голчасті ролики можуть бути намагнічені. Голки 3 установлюють у зазор між валом і втулкою (або обоймою) послідовно по 2–3 одиниці. Остання голка має входити в підшипник вільно. Після встановлення голок і обмежувальних кілець 5 (рис. 11.11, в) вставляють робочий вал 6, який витискає монтажний вал 4, а голки й обмежувальні кільця залишаються на місці.

У деяких голчастих підшипниках можливе регулювання зазору під час складання (рис. 11.11, г). Між голками вимірюють сумарний зазор і шліфують прокладку 7 так, щоб різниця сумарного зазору й товщини прокладки після її встановлення дорівнювала зазору, потрібному за кресленням.

Монтаж спарених **однорядних радіально-упорних підшипників** використовують при значних осьових навантаженнях на підшипниковий вузол. Такі підшипники встановлюють на одній загальній шийці вала так, щоб широкі торці зовнішніх кілець були направлені один до одного. Осьовий зазор регулюють шляхом встановлення дистанційних кілець: зовнішнє виготовляють за заданим розміром, а внутрішнє добирають з урахуванням потрібного осьового зазору.

Під час складання прецизійних підшипникових вузлів для підвищення їхньої жорсткості та зменшення осьового й радіального биття в них створюють попередній натяг. Роблять це, прикладаючи постійне осьове навантаження, під впливом якого одне з кілець зміщується щодо іншого на величину, що дорівнює заданому попередньому натягу. Таке зміщення усуває осьовий зазор і створює початкову пружну деформацію в місцях контакту робочих поверхонь кілець підшипника з тілами кочення. Попередній натяг забезпечують шляхом закручування регульовальної гайки або кришки, а також двома прокладками між кільцями підшипника, за допомогою пружин, розпірних втулок тощо.

Внутрішні кільця підшипників фіксують за допомогою посадки, але це не гарантує уник-

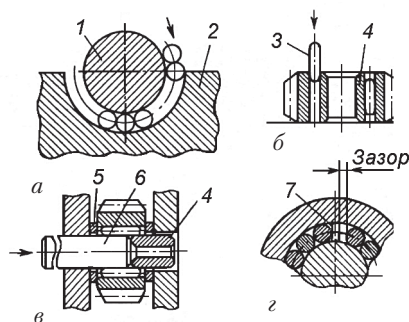


Рис. 11.11. Монтаж голчастих підшипників:

- а — на монтажному півкільці;
- б — на монтажному валу;
- в — установлення вала;
- г — регулювання зазору;
- 1 — валик; 2 — півкільце;
- 3 — голка; 4 — монтажний вал;
- 5 — обмежувальне кільце;
- 6 — робочий вал; 7 — прокладка

нення осевого зміщення підшипника під час експлуатації. Для надійного кріплення застосовують пружинні стопорні кільця, торцеві шайби з гвинтами, упорні гайки із стопорними шайбами, розпірні втулки з гайками. Для додаткового кріплення підшипників у корпусі використовують виступи, заплечики або буртики в корпусі, стакани чи кришці корпусу.

Для встановлення в корпус плаваючих або радіально-упорних підшипників, які в процесі регулювання здійснюють осеві переміщення, використовують посадки із зазором або перехідні.

Радіальні зазори в підшипниках кочення перевіряють після з'єднання з валом і корпусом на гойдання та прокручуванням рукою.

Осеві зазори перевіряють осевим зміщенням одного кільця підшипника щодо іншого.

Кільця упорних підшипників перевіряють на осеве биття. У радіально-упорних підшипниках зазори регулюють осевим переміщенням одного з кілець. Найзручніший спосіб регулювання — установа змінних регулювальних прокладок різної товщини (від 0,05 до 0,5 мм).

Правильно змонтований підшипник працює рівно, без шуму й поштовхів. Глухий, переривчастий шум указує на забрудненість; свистячий звук — на недостатнє мащення або тертя між деталями; скрегіт і різке постукування — на руйнування сепаратора або тіл кочення. Нагрівання до температури вище за +90 °С призводить до відпускання підшипника й зменшення терміну його експлуатації.

## 11.6. Ущільнення підшипників

Ущільнення застосовують для запобігання витіканню мастила з корпусу підшипника й захисту його від бруду, пилу, вологи, пари, кислот та інших речовин, які можуть проникнути в корпус підшипника й призвести до його швидкого спрацювання. Для ущільнення підшипників використовують фетрові (повстяні) кільця, кільцеві зазори та проточки, захисні шайби та фланці, маслорозбивні кільця і канавки, манжетні й лабіринтні ущільнення.

**Фетрові (повстяні) кільця** (рис. 11.12, а) призначені для захисту підшипників, які працюють в умовах низької забрудненості зі швидкістю обертання вала 4–5 м/с (якщо вал шліфований) і 7–8 м/с (якщо вал полірований). Перед установленням фетрові кільця просочують технічним жиром або сумішшю 60 % технічного жиру із 40 % рицинової олії.

**Кільцеві зазори та проточки** (рис. 11.12, б), які заповнені консистентним мастилом, запобігають потраплянню пилу й вологи в корпус підшипника.

**Захисні шайби та фланці** (рис. 11.12, в) працюють у будь-яких мастилах і бувають рухомі й нерухомі. Ефективнішими є обертові шайби та фланці, а нерухомі використовують у консистентних мастилах.

**Маслорозбивні кільця і канавки** (рис. 11.12, г) запобігають витіканню мастила з корпусу підшипника. Найефективніше вони працюють у рідкому мастилі, з великими швидкостями обертання вала.

**Манжети** використовують для ущільнення валів, які працюють у мінеральних маслах, воді, дизельному паливі під тиском до 50 МПа, на швидкості до 20 м/с і за температури від –45 до +150 °С. Манжети виготовляють для валів діаметрами 6–500 мм із зовнішніми діаметрами від 16 до 550 мм і шириною від 5 до 22 мм.

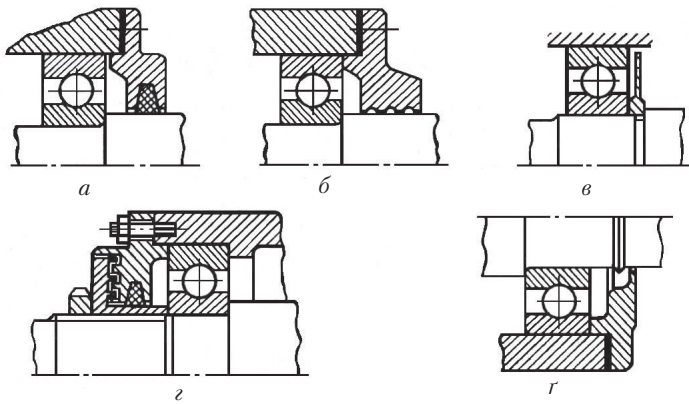


Рис. 11.12. Ущільнювальні пристрої:

*a* – фетрові кільця; *б* – кільцеві зазори та проточки; *в* – захисні шайби;  
*z* – масловідбивні кільця і канавки; *г* – лабіринтні ущільнення

**Лабіринтні ущільнення** (рис. 11.12, *г*) створюють малий зазор складної форми між обертовими та нерухомими деталями з'єднання. Зазор заповнюють консистентним мастилом. Такі ущільнення добре працюють у важких умовах експлуатації підшипників.

В ущільненнях, які складаються із фетрових кілець, що встановлюються в кільцевих проточках, перевіряють кільцеві зазори між циліндричною частиною ущільнювача й валом. Щільність прилягання фетрового кільця перевіряють щупом завтовшки 0,1 мм. В ущільненнях манжетного типу перевіряють щільність контакту манжети з валом. Щуп завтовшки 0,1 мм має туго входити в зазор, але великого натягу з валом манжета давати не повинна для уникнення нагрівання та руйнування матеріалу. У лабіринтних ущільненнях перевіряють зазори між обертовою та нерухомою деталями.

### 11.7. Мащення підшипників

Довговічність і надійність підшипників значною мірою залежать від їхнього мащення. Мастила захищають підшипники від потрапляння в них бруду, пилу тощо, запобігають утворенню на їхніх поверхнях корозії, охолоджують деталі та зменшують шум під час роботи. Зазор, за якого товщина шару мастила достатня для того, щоб мастило не витискалося, називають *мастильним*. Він становить 0,005–0,025 мм і досягає 0,05 мм.

У підшипниках із рідким мастилом на горизонтально розташованих валах, які працюють на великих швидкостях, мастильні канавки *K* розміщують у середині малонавантаженої ділянки підшипника (рис. 11.13, *а*). У разі великого навантаження підшипників

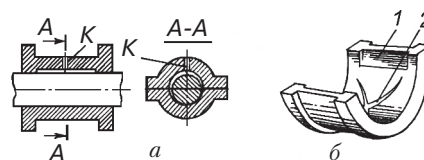


Рис. 11.13. Мастильні канавки в підшипниках ковзання:

*a* – розміщення канавок *K* усередині підшипника; *б* – мастильні кишень;  
 1 – кишень; 2 – розподільна канавка;  
*K* – мастильна канавка

у місцях рознімання, крім канавок, роблять спеціальні заглиблення (кишені) 1, які називають «холодильниками» (рис. 11.13, б), що сприяє потраплянню масла, розподіленого канавкою 2, у навантажене місце з'єднання.

Довжину канавок і кишень роблять не більше 0,8 від довжини робочої поверхні підшипника, інакше мастило буде витискатися з торців.

За походженням мастильні матеріали поділяють на три групи: мінеральні масла, рослинні та тваринні мастила.

**Мінеральні масла** одержують із нафти або кам'яного вугілля. Їм властива в'язкість, температура спалаху парів, температура застигання, вміст води, кислот і лугів. Зі збільшенням температури в'язкість масла різко зменшується. У швидкохідних машинах в'язкість має бути меншою. У тихохідних і навантажених машинах використовують в'язкі або густі масла.

Мінеральні масла бувають індустриальні, турбінні, автотракторні, циліндрові, веретенні та ін. Суміші мінеральних масел із милом утворюють тверді мастила: солідол, технічний вазелін.

До **рослинних мастил** належать бавовняна, рицинова, лляна олії та ін., до **тваринних** — риб'ячий, тюленевий та китовий жири, сало тварин різних видів.

Подачу мастил у підшипник виконують за допомогою маслянок, пресмаслянок, ручного шприца або *дублюатора* (плунжерний насос для подавання масла порціями).

Для безперервного мащення без тиску призначені гнітові, голчасті й автоматичні маслянки. Самопливом масло надходить із кишень, порожнин, трубок та інших пристроїв. Ванне мащення використовують для редукторів, різних передач, механізмів тощо.

Мащення окремого вузла називають *індивідуальною системою мащення*, а спосіб примусового мащення всієї машини — *централізованою системою мащення*.

У системі мащення можуть бути очисні пристрої — фільтри (тканинні, повстяні, паперові, магнітні) та відстійники.

### Запитання та завдання

1. Які є види підшипників?
2. Охарактеризуйте будову підшипників ковзання.
3. Як складають вузли з нерознімними підшипниками ковзання?
4. Яка технологія складання вузлів із рознімними підшипниками ковзання?
5. Охарактеризуйте особливості складання підшипників рідинного тертя.
6. Як контролюють якість складання вузлів із підшипниками ковзання?
7. Як класифікують підшипники кочення?
8. З яких частин складаються підшипники кочення?
9. Які є види підшипників кочення?
10. Назвіть особливості монтажу підшипників кочення на вал.
11. Як установити підшипники кочення в корпус?

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕДАЧІ ОБЕРТОВОГО РУХУ

---

### 12.1. Загальні дані про передачі обертового руху

**Передачами** називають механізми, які передають рух від двигуна до робочої частини виробу, а також для вмикання та вимикання, зміни швидкості й напрямку руху. Передачі обертового руху бувають *гнуцькі* (пасові, ланцюгові) і *жорсткі* (фрикційні, зубчасті). У пасових і фрикційних передачах рух передається шляхом тертя, а в ланцюгових і зубчастих — зачепленням елементів передачі.

Найтипівішими деталями та складальними одиницями, що передають обертовий рух, є вали, осі, підшипники тощо.

**Вал** — деталь, що обертається в підшипниках і призначена для підтримування розміщених на ньому деталей та передавання крутного моменту. За конструкцією вали бувають *прямі, колінчасті, шлицьові, гладкі, гнуцькі, вал-шестерні* та ін.

**Вісь** — деталь, що обертається в підшипниках або закріплена нерухомо й слугує тільки для підтримування розміщених на ній деталей. Осі бувають *рухоми* й *нерухомі*.

За типом перерізу вали й осі поділяють на *суцільні* й *пустотілі, гладкі, фасонні* та *ступінчасті, циліндричні* й *конічні*.

Вали є опорою для деталей, що обертаються. Під час роботи вали витримують кручення та згин, а інколи додатково — розтяг і стиск. Обертові частини приводів машин (шківки, зірочки, зубчасті колеса, диски, муфти, колеса та ін.) установлюють на валах та осях. Вони можуть бути розташовані горизонтально й похило.

Щоб передавати крутний момент, вали з'єднують із шківками, зірочками, зубчастими колесами за допомогою спеціальних кріпильних деталей (шпонок, штифтів) або шлицьових з'єднань.

Ділянки вала або осі, що лежать в опорах кочення або ковзання (підшипниках), називають **цапфами**. Залежно від їхнього розміщення на валу цапфи поділяють на шипи, шийки й п'яти. *Шип* сприймає радіальне навантаження і розташований на кінці вала. *Шийка* сприймає радіальне навантаження та одночасно зазнає впливу крутного моменту й розміщена в середній частині вала. *П'ята* сприймає тільки осьові навантаження і розміщена на торці вала або осі. Опорні частини валів піддають детальній обробці для кращого їхнього спряження із з'єднуваними деталями.

Усі передачі мають *ведучу ланку*, що передає рух, і *ведену ланку*, через яку рух передається до інших механізмів, зв'язаних із нею.

Основною характеристикою передач є передаточне відношення або передаточне число.

**Передаточним відношенням** називають відношення кутової швидкості, частоти обертання (кількості обертів за хвилину) і діаметрів одного з валів до відповідних величин іншого вала.

**Передаточним числом** називають відношення частоти обертання ведучого вала до частоти обертання веденого вала, яке вказує в скільки разів прискорюється або уповільнюється рух.



Ведучі ланки та їхні параметри позначають непарними цифрами 1, 3, 5 і т. д., а ведені — парними цифрами 2, 4, 6 і т. д.

Якщо частота обертання (кількість обертів за хвилину) і кутова швидкість перебувають у прямій залежності, то передаточне відношення:

$$U_{1-2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

де  $U_{1-2}$  — передаточне відношення ведучої та веденої ланок;

$n_1$  і  $n_2$  — кількість обертів відповідно ведучої та веденої ланок;

$\omega_1$  і  $\omega_2$  — кутові швидкості відповідно ведучої та веденої ланок.

Отже, передаточні відношення, виражені через діаметри ведучого та веденого шківів  $D_1$  і  $D_2$ , зубчастих коліс, зірочок і кількості зубів  $Z$  зубчастих коліс, рівні між собою:

$$U_{1-2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Неоднаковими та зворотними є передаточні відношення частоти обертання (кількості обертів) і діаметри коліс:

$$U_{1-2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

## 12.2. Загальні дані про пасові передачі

**Пасові передачі** — це передачі, що передають крутний момент від двигуна до робочого органу виробу завдяки силі тертя між шківом і пасом.

За формою поперечного перерізу паси бувають *плоскі, клинові, поліклинові, круглі й зубчасті* (рис. 12.1).

Плоскопасові передачі використовують для передавання руху на великі відстані. Клинопасові передачі застосовують на малих міжосьових відстанях, коли потрібно передати рух із великим передаточним відношенням або від одного ведучого шківів до кількох ведених.

**Плоскопасові передачі** поділяють на відкриті, перехресні й напівперехресні (рис. 12.2, а–в).

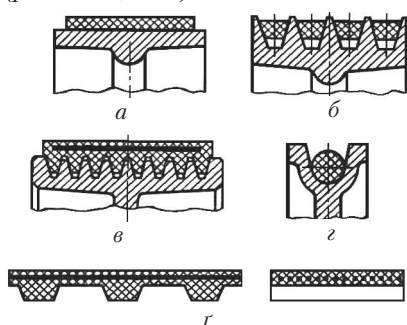


Рис. 12.1. Профілі пасів:  
а — плоский; б — клиновий;  
в — поліклиновий; г — круглий;  
г — зубчастий

У *відкритій передачі* вали розміщені паралельно і шківів крутяться в одному напрямку. У *перехресній передачі* вали теж паралельні, а шківів обертаються врізнобіч. У *напівперехресній передачі* вали розміщені в різних площинах. Для зменшення ковзання паси використовують натяжні роликів (рис. 12.2, г).

Плоскі паси виготовляють шкіряними, прогумованими, бавовняно-паперовими шитими, тканинними, вовняними, шовковими й гумовими.

Клинові паси виготовляють прогумованими трапецієподібної форми з кутом профілю 40°. Вони складаються з кількох рядів прогу-



Рис. 12.2. Передачі з плоским пасом:

*a* – відкрита; *б* – перехресна; *в* – напівперехресна; *г* – з натяжним роликком;  
 $D_1, D_2$  – діаметри шківів;  $A$  – відстань між осями шківів

мованої тканини 1 (рис. 12.3), кількох рядів корда 2 (корд – товсті кручені бавовняно-паперові нитки), шару гуми 3 та обгортки 4 з прогумованої тканини. Пас укладають у канавку на ободі 7 шківа, і він не дотикається дна 6 шківа своєю поверхнею 5.

Клиноподібні паси не можна укорочувати, їх використовують певної довжини. Номінальна довжина клинових пасів (за внутрішнім периметром) становить від 500 до 1400 мм. Стандартом передбачено сім перерізів клинових пасів, які позначають: О, А, Б, В, Г, Д і Е (О – найменший переріз).

Шківні пасових передач виготовляють з чавуну, сталі, кольорових металів та їхніх сплавів і пластмас. Зовнішню частину шківа називають *ободом*, а центральну – *маточиною*. Шківні бувають рознімні й нерознімні.

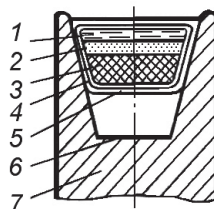


Рис. 12.3. Переріз паса і шківа:

- 1 – прогумована тканина;
- 2 – корд; 3 – шар гуми;
- 4 – обгортка;
- 5 – поверхня паса;
- 6 – дно шківа;
- 7 – обід шківа

### 12.3. Складання пасових передач

Складання пасових передач полягає у встановленні шківів на валах, балансуванні та регулюванні передач.

**Нерознімні шківні** встановлюють на кінцях валів з використанням посадок із натягом. Під час встановлення шківа на циліндричні шийки вала використовують клинові (рис. 12.4, *a*) або призматичні (рис. 12.4, *б*) шпонки. Для встановлення

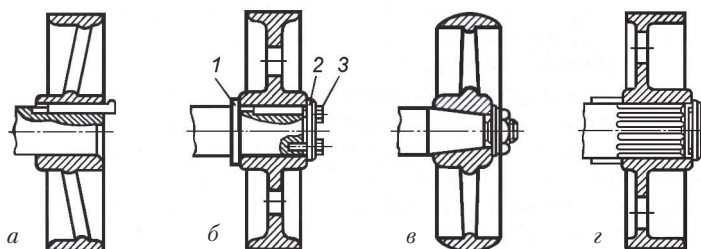


Рис. 12.4. Способи з'єднання шківів:

*a* – клинковою шпонкою; *б* – призматичною шпонкою; *в* – конусним з'єднанням;  
*г* – шліцьовим з'єднанням; 1 – буртик; 2 – шайба; 3 – гвинт

шківа з призматичною шпонкою на валу роблять буртик 1, який фіксує шків в осьовому напрямку. Щоб уникнути осьового переміщення, шків додатково закріплюють гайкою або шайбою 2 із стопорним гвинтом 3. Для встановлення шківа на конічну шийку вала (рис. 12.4, в; с. 183) використовують додаткове кріплення шайбою і гайкою. Використання призматичних шпонок забезпечує більшу точність з'єднання та менше зміщення маточини щодо вала. Тому їх застосовують для швидкохідних передач. Клинові шпонки використовують тільки в тихохідних передачах через можливе зміщення осі маточини щодо осі вала. Для забезпечення підвищеної точності з'єднання шківа з валом використовують шліцьове з'єднання (рис. 12.4, з; с. 183). Таке з'єднання уможливує високу точність центрування та менше спрацювання посадочних місць під час експлуатації.

Для з'єднання шківів з валами використовують різноманітні пристосування, зокрема гвинтові скоби (рис. 12.5). Рознімний хомут 1 установлюють на вал і впирають у буртик. Тяги 2 просовують крізь отвори або спиці шківа, а за їхньої відсутності — зовні шківа. На маточину встановлюють прокладку 4. Коли обертають гвинт 3, шків починає напресовуватися на вал. Для з'єднання шківів із валами використовують ручні та механізовані преси й інше обладнання та інструменти.

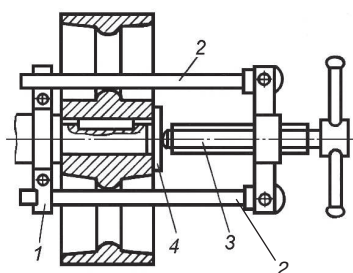


Рис. 12.5. Напресування шківа гвинтовою скобою:

1 — хомут; 2 — тяги; 3 — гвинт;  
4 — прокладка

сутності — зовні шківа. На маточину встановлюють прокладку 4. Коли обертають гвинт 3, шків починає напресовуватися на вал. Для з'єднання шківів із валами використовують ручні та механізовані преси й інше обладнання та інструменти.

**Рознімні шків** складаються з двох частин: обода й маточини. Складання починають із встановлення маточини. Обід шківа опирають торцем на верстак і закріплюють маточину за допомогою різьбових деталей 1 або заклепок 2 (рис. 12.6).

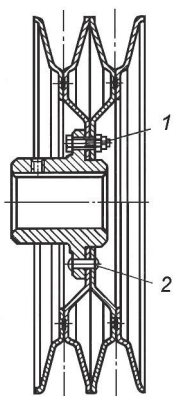


Рис. 12.6.  
Рознімний шків:

1 — різьбові деталі;  
2 — заклепка

Потім шків установлюють на оправку й перевіряють у центрах оправки на биття за допомогою індикатора. Радіальне биття не повинне перевищувати 0,1 мм, а торцеве — 0,2 мм. Після цього обід остаточно закріплюють на маточині, використовуючи стопоріння, і проводять балансування. Неврівноваженість шківа усувають висвердлюванням на ободі частини металу або приварюванням чи приклепуванням спеціальних вантажів. Биття шківів призводить до виникнення вібрації. Причиною биття можуть бути згин вала, неправильне встановлення шківа або його неякісне виготовлення. У швидкохідних пасових передачах допустиме радіальне биття залежить від зовнішнього діаметра  $D$  шківа й становить  $(0,00025 \div 0,0050)D$ , а торцеве — у 2 рази більше.

Велике значення має взаємне розташування шківів, яке значною мірою залежить від розташування валів. *Прямолінійність шківів* (розташування на двох паралельних валах) перевіряють за допомогою контрольно-вимірювальних інструментів.

На якість роботи пасової передачі впливають способи з'єднання кінців пасів, які можуть бути клейові, зшиті та з металевим кріпленням (скоби, гаки й спіралі із сталевого дроту).

Паси натягують під час установлення та в процесі експлуатації. Під час передавання навантаження пас розтягується, зменшується його натяг і сила зчеплення зі шківом, що призводить до проковзування паса. Натяг пасів виконують переміщенням ведучого шківа разом із двигуном або за допомогою натяжних роликів. Використання натяжних роликів забезпечує передавання більшої потужності, зменшує тиск на підшипники, полегшує встановлення паса на шківів, продовжує термін експлуатації паса.

Пасові передачі повинні працювати спокійно, без поштовхів; пас повинен розташовуватися точно посередині шківа; зовнішня поверхня обода має бути чисто обробленою, а шківів — відбалансованими.

Після монтажу пасової передачі передбачають установлення огорож, щоб запобігти доступу до рухомих частин механізму для уникнення травматизму.

## 12.4. Загальні дані про ланцюгові передачі

**Ланцюгова передача** призначена для передавання обертового руху від ведучого вала до веденого. Це замкнений металевий шарнірний ланцюг (рис. 12.7), який охоплює два зубчасті колеса (зірочки). Ланцюг, на відміну від паса, не ковзає і зберігає постійне передаточне число. Ланцюг і зірочка значної міцності можуть передавати потужність від часток кінських сил (велосипедні ланцюги) до тисячі кінських сил — 100 кВт (багаторядні ланцюги). Ланцюги можуть працювати на великих швидкостях (до 30 м/с) і з передаточним числом  $u = 15$ . Коefіцієнт корисної дії в певних випадках становить 0,98. За великих навантажень і швидкостей ланцюгову передачу розміщують у картері двигуна, заповненому маслом, яке захищає ланцюгову передачу від забруднень, зменшує шум і забезпечує безпечну експлуатацію.

Залежно від характеру роботи ланцюгові передачі поділяють на *вантажні* (для підйому вантажів кранами, блоками, талями), *тягові* (для переміщення вантажів на елеваторах, ескалаторах, конвеєрах) і *привідні* (для передавання руху від двигуна до механізму).

Залежно від конструкції ланцюги бувають втулкові, роликіві, зубчасті, фасонноланкові та ін. Основними параметрами ланцюга є *крок* (відстань між осями найближчих шарнірів), ширина та руйнівне навантаження (установлюють дослідним шляхом).

**Втулковий ланцюг** (рис. 12.8, а; с. 186) складається з внутрішніх пластин 3, напесованих на втулку 2, яка вільно обертається на валику 1 з напесованими зовнішніми пластинами 4. Такі ланцюги прості, дешеві, невеликої маси, бувають одно- та дворядні. Через недостатню стійкість проти спрацювання мають обмежене використання на швидкостях до 10 м/с.

**Роликівий ланцюг** (рис. 12.8, б; с. 186) відрізняється від втулкового наявністю на втулках 2 обертових роликів 5, замінюючи тертя ковзання тертям кочення.

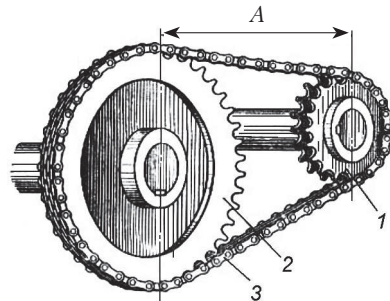


Рис. 12.7. Ланцюгова передача:

- 1 — ведуча зірочка; 2 — ведена зірочка; 3 — ланцюг;
- A — відстань між валами

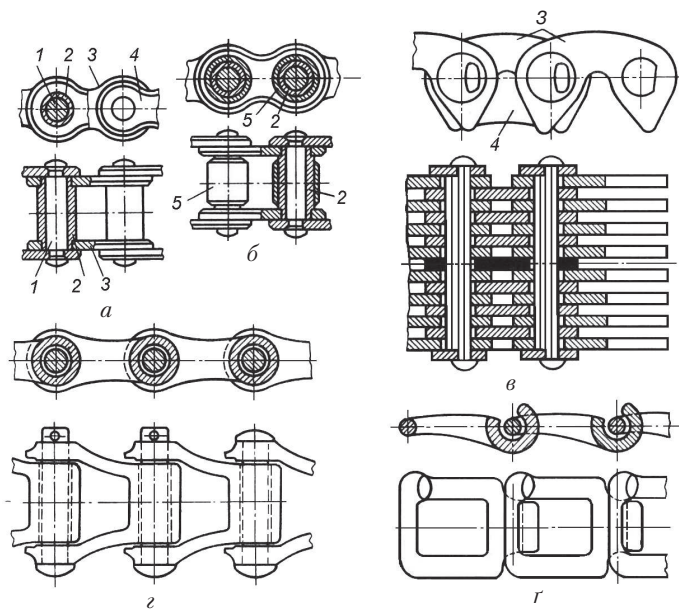


Рис. 12.8. Види ланцюгів:

*a* – втулковий; *б* – роликовий; *в* – зубчастий; *z* – штировий; *г* – гачковий;  
 1 – валик; 2 – втулка; 3 і 4 – внутрішні та зовнішні пластини; 5 – ролик

Роликові ланцюги бувають однорядні (нормальні, довголанкові полегшені, підсилені), багаторядні, із зігнутими пластинами. Вони допускають швидкість не більше за 18 м/с.

**Зубчастий ланцюг** (рис. 12.8, *в*) складається з набору пластин 3 і 4. Кількість пластин визначає ширину ланцюга. Пластини мають два виступи та впадину між ними для зуба зірочки. За такої конструкції в шарнірах забезпечується тертя кочення. Зубчастий ланцюг має краще зачеплення із зубами зірочки, ніж роликові та втулкові, і тому працює з меншим шумом. Недоліком є порівняно великі маса й вартість виготовлення. Зубчасті ланцюги використовують для передавання великих зусиль на швидкостях до 30 м/с.

**Фасонноланкові ланцюги** використовують в умовах, які не забезпечують достатнє мащення та захист від забруднення для передавання невеликих зусиль на малих швидкостях (до 3–5 м/с). Фасонноланкові ланцюги бувають штирові (рис. 12.8, *z*) і гачкові (рис. 12.8, *г*). У штирових ланцюгах чавунні ланки з'єднані штирями, виготовленими із сталі марки Ст3, які після встановлення шплінтують. Гачковий ланцюг складається з чавунних або штампованих зі сталі марки 30Г ланок, що з'єднуються завдяки взаємному нахилу під кутом 60°.

У процесі роботи ланцюг спрацьовується та розтягується. Це призводить до потреби в періодичному натягуванні ланцюга, яке виконують зміною міжцентрової відстані, зміщенням однієї із зірочок або за допомогою спеціальних натяжних зірочок і роликів.

Щоб зменшити спрацювання, ланцюгові передачі періодично змащують.

Залежно від колової швидкості розрізняють такі способи мащення ланцюгових передач:

- до 4 м/с — періодичне (через 6–8 год роботи) мащення ручними маслянками (мазницями);
- до 8 м/с за недостатньої герметичності картера двигуна — внутрішнє шарнірне періодичне мащення консистентним мастилом через 120–180 год роботи;
- до 8 м/с для відповідальних силових передач — картерне мащення методом занурення в масляну ванну;
- понад 8 м/с — примусове циркуляційне мащення за допомогою масляного насоса.

Зірочки втулкових і роликів ланцюгів мають малу ширину. Вони складаються із зубчастого диска й маточини, які з'єднують зварюванням, болтами або заклепками. Зірочки для зубчастих і фасонноланкових ланцюгів великої ширини виготовляють суцільними. У деяких зірочках зубчастий вінець виготовляють пластмасовим і з'єднують із металевою маточиною за допомогою паза у формі «ластівчин хвіст». Це дає змогу зменшити спрацювання ланцюга й знизити шум, що виникає під час експлуатації ланцюгової передачі.

## 12.5. Складання ланцюгових передач

Складання ланцюгової передачі полягає у встановленні та закріпленні зірочок на валах, надіванні ланцюга й регулюванні.

Для **встановлення зірочок на вал** використовують посадки з натягом. Зірочки фіксують за допомогою шпонок і штифтів. У разі використання призматичної шпонки (рис. 12.9, а) зірочку 4 напресовують за допомогою молотка й оправки на

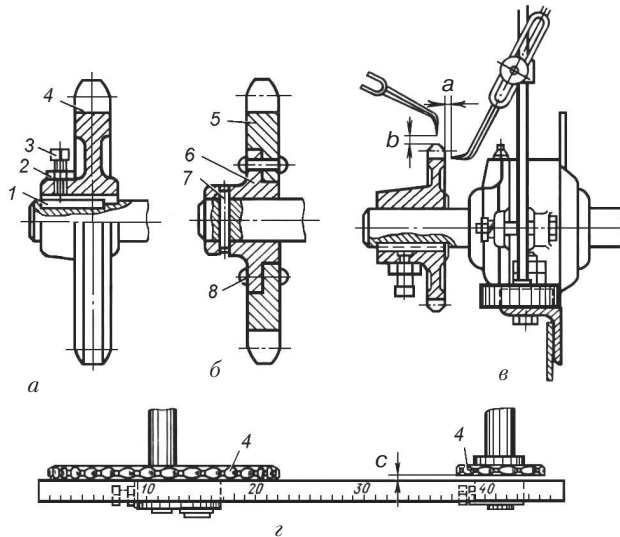


Рис. 12.9. Установлення зірочок ланцюгової передачі на вал:

- а — установлення суцільної зірочки за допомогою шпонки; б — установлення розімненої зірочки за допомогою штифта; в — схема перевірки зірочок на осьову та радіальну биття;
- z — схема перевірки збігу площин зірочок; 1 — шпонка; 2 — контргайка; 3 — гвинт; 4 — зірочки; 5 — зубчастий вінець; 6 — маточина; 7 — штифт; 8 — заклепка;
- а — торцеве биття; б — радіальне биття; с — відхилення площини зірочок



вал, шийку якого змащують мастилом для полегшення запресовування. Шпонка 1 має вільно входити в шпонковий паз маточини зірочки (щоб не утворилися задирки на поверхні паза). Для уникнення осьового переміщення зірочки її стопорять гвинтом 3, який фіксують контргайкою 2.

Для встановлення рознімної зірочки на вал спочатку просвердлюють отвір з одного боку маточини (рис. 12.9, б; с. 187) і, установивши її на вал, свердлять отвори у валу та другій половині маточини. Потім одночасно розгортають (розверткою) отвори в маточині та у валу й установлюють штифт 7. Зубчастий вінець 5 зірочки з'єднують із маточиною заклепками 8 або болтами. Складені на валу зірочки перевіряють на радіальне й осьове биття за допомогою щупа або індикатора (рис. 12.9, в; с. 187). Середні допустимі значення радіального й торцевого биття зірочок для різних конструкцій ланцюгових передач наведено в *табл. 12.1*.

Таблиця 12.1

### Допустиме биття зірочок для ланцюгових передач

Діаметр зірочок, мм	Ролико-втулкові ланцюги		Фасонноланкові ланцюги	
	Радіальне	Торцеве	Радіальне	Торцеве
До 100	0,25	0,3	0,75	0,5
100–200	0,5	0,5	1,0	1,0
200–300	0,75	0,8	1,5	1,5
300–400	1,0	1,0	2,0	2,0
Понад 400	1,2	1,5	2,5	3,0

Для забезпечення правильної роботи ланцюгової передачі осі зірочок мають бути паралельними, а їхні середні площини — збігатися. Збіг площин обертання зірочок перевіряють шнуром, а за малих відцентрових відстаней (до 1000 мм) — лінійкою (рис. 12.9, г; с. 187). Відхилення не повинне перевищувати 2 мм на кожні 1000 мм відцентрової відстані. Допустимі зміщення зірочок за паралельних валів наведено в *табл. 12.2*.

Таблиця 12.2

### Допустимі зміщення зірочок під час складання ланцюгових передач

Тип ланцюга	Допустимі зміщення зірочок за міжосьових відстаней, мм		
	До 500	500–1000	Понад 1000
Ролико-втулковий	1	1,5	2
Фасонноланковий	2	2,5	3

Перед установленням ланцюга з нього видаляють консерваційне мастило. Для цього ланцюг очищають, промивають і сушать. Потім його підганяють за довжиною, звільняючи замикальну ланку від шплінтів або пластин. Знявши її, від'єднують зайві ланки.

**Монтаж ланцюга** виконують за допомогою *замикальної ланки* (з'єднувальної), яка має два валики. Цією ланкою можна з'єднувати ланцюги з парною

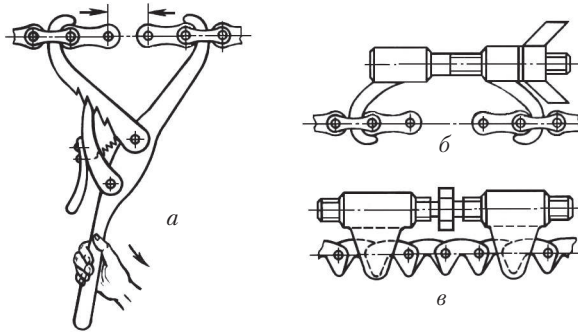


Рис. 12.10. Приспособлення для з'єднання кінців ланцюгів:  
*a* — важільне; *б* — гвинтове для роликів та втулкових ланцюгів;  
*в* — гвинтове для зубчастого ланцюга

кількістю ланок, а за непарної кількості використовують перехідну ланку. Потім зірочки змащують мастилом, а ланцюг — маслом із графітом. Кінці ланцюга з'єднують на верстаку або безпосередньо на складальній одиниці. Для з'єднання роликів і втулкових ланцюгів використовують важільні (рис. 12.10, *a*) або гвинтові (рис. 12.10, *б*) стяжки. Пластинчасто-зубчасті ланцюги з'єднують спеціальними гвинтовими стяжками (рис. 12.10, *в*).

Фасонноланкові ланцюги виготовляють із чавуну. Їх складають шляхом послідовного з'єднання ланок без використання спеціальних кріпильних пристроїв. Ланцюг надівають на зірочки так, щоб гачки ланок були направлені в бік руху ланцюга, а не навпаки.

Ланцюг установлюють із незначним провисанням, щоб нижня ланка не була дуже натягнута. Це послаблює удари між зубами зірочки й ланками ланцюга, забезпечуючи плавну роботу та зменшуючи його спрацювання.

Провисання ланцюга в передачах із горизонтально розташованими осями не повинне перевищувати 0,02 міжцентрової відстані, а для передач із вертикальним розташуванням осей — 0,002 міжцентрової відстані.

Для перевірки якості складання зірочку обертають, визначаючи правильність і легкість ходу передач. Під час обертання ланцюг не повинен вискакувати із зубів зірочки, кожна ланка має вільно сідати на зуби та вільно сходити з них. Після випробування оглядають зуби зірочок і визначають правильність зачеплення. При цьому відбитки від тертя роликів або втулок мають бути однаковими на всіх зубах і займати третину висоти зуба.

## 12.6. Загальні дані про зубчасті передачі

**Зубчасті передачі** — це передачі, призначені для передавання обертового руху між валами та зміни частоти обертання шляхом зачеплення зубчастих коліс, зубчастого колеса й рейки або черв'яка та черв'ячного колеса. На практиці менше зубчасте колесо називають *шестірнею*, а велике — *колесом*. Термін «зубчасте колесо» стосується як шестірні, так і колеса.

**Зубчасте зачеплення** — це взаємодія двох зубчастих ланок (коліс, рейок), зуби яких під час взаємного дотику передають заданий рух від ведучої ланки до

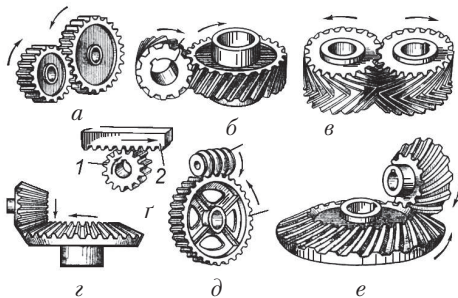


Рис. 12.11. Зубчасті передачі:

- a* – циліндрична з прямими зубами;
- б* – циліндрична з гвинтовими зубами;
- в* – циліндрична із шевронними зубами;
- г* – конічна з прямими зубами;
- р* – рейкова; *д* – черв’ячна; *е* – конічна з гвинтовими зубами;
- 1 – зубчасте колесо; 2 – рейка

черв’ячним колесом і черв’яком (рис. 12.11, д).

Залежно від розміщення зубів на ободі колеса передачі бувають:

- із прямими зубами (рис. 12.11, а, г);
- із косими шевронними зубами (рис. 12.11, в);
- із гвинтовими зубами (рис. 12.11, б, е).

Рейкові передачі складаються із зубчастого колеса 1 та рейки 2 (рис. 12.11, г) і призначені для перетворення обертового руху на зворотно-поступальний.

Залежно від робочої швидкості розрізняють зубчасті передачі:

- тихохідні (колова швидкість до 3 м/с);
- середньошвидкісні (3–15 м/с);
- швидкохідні (понад 15 м/с).

За точністю виготовлення зубчастих коліс передачі поділяють на 12 ступенів. Найвищими є 1-й і 2-й ступені, які вважають резервними, тому що сучасне виробництво не може забезпечити виготовлення високоточних зубчастих коліс. Резервним є і 12-й ступінь, оскільки, згідно з чинними стандартами, зубчасті колеса не виготовляють грубішими від цього ступеня. За 3–5-м ступенями точності виготовляють вимірювальні колеса. Передачі високої точності, які працюють із великими коловими швидкостями, це – 6-й ступінь; передачі нормальної точності – 7-й; середньої точності – 8-й і тихохідні передачі зниженої точності – це 9-й ступінь.

Для зубчастих передач 3–9-го ступенів точності встановлені такі **норми кінематичної точності**:

- найбільшої допустимої похибки кута повороту зубчастого колеса за один оберт при зачепленні з точним (еталонним) зубчастим колесом;
- плавності роботи зубчастого колеса, які фіксують значення повної похибки кута повороту зубчастого колеса, що повторюється за один його оберт;
- контакту зубів, які визначають точність збереження відносних розмірів плями контакту спряжених зубів.

веденої. Розрізняють зачеплення *зубчасте* (якщо вали паралельні), *конічне* (пересічні) і *гіперболоїдне* (вали перехресні).

Залежно від форми профілю зуба передачі бувають *евольвентні*, *циклоїдні* та *із зачепленням Новікова*.

За взаємним розташуванням валів у просторі розрізняють *зубчасті передачі*:

- з паралельними осями, які виконують циліндричними зубчастими колесами (рис. 12.11, а, в);
- з пересічними осями, які виконують конічними зубчастими передачами (рис. 12.11, г);
- з перехресними осями, які виконують циліндричними зубчастими колесами з гвинтовими зубами (рис. 12.11, б), конічними зубчастими колесами (рис. 12.11, е),

Циліндричні прямозубі зубчасті колеса використовують у передачах із паралельно розташованими осями валів і встановлюють нерухомо або рухомо. Косо-зубі зубчасті колеса використовують для передавання руху між валами, осі яких перетинаються в просторі, а інколи й між паралельними валами, коли поєднують підвищену колову швидкість коліс із безшумністю їхньої роботи за великих передаточних чисел (до 15 : 1). Такі колеса встановлюють тільки нерухомо. Косозубі колеса сприймають осьовий тиск, а тому їх використовують для передавання порівняно невеликих потужностей. Шевронні колеса мають велику міцність, і тому їх використовують для передавання великих зусиль, коли зубчасте зачеплення сприймає поштовхи й удари. Їх установлюють на валах нерухомо, спрямовуючи вершину кута зубів у бік обертання колеса. Конічні прямозубі колеса використовують для передавання руху між валами, які перетинаються. Конічні з круговим зубом зубчасті колеса використовують у передачах для забезпечення плавності й безшумності руху.

Найширше використовують евольвентне зачеплення, яке є лінійним: контакт зубів проходить вузькою ділянкою, розміщеною вздовж зуба, із кутом зачеплення  $\alpha = 20^\circ$  (рис. 12.12, а).

У зачепленні Новікова лінія контакту зубів зосереджена в точці, а безперервність руху забезпечує гвинтова форма зубів (рис. 12.12, б). Таке зачеплення може бути тільки косозубим із кутом нахилу  $\beta = 10\text{--}30^\circ$ . У разі взаємного перекочування зубів контактна ділянка переміщується вздовж зуба з великою швидкістю, що створює сприятливі умови для утворення стійкого масляного шару між зубами. Завдяки цьому тертя зменшується у 2 рази й підвищується несуча здатність зубів. Недоліком такого зачеплення є підвищена чутливість до зміни міжосьової відстані й значні коливання навантажень.

У кожному зубчастому колесі (рис. 12.12, в) розрізняють три діаметри, а отже, і три обводи.

Дільний обвід поділяє зуб за висотою на дві нерівні частини: верхню (головка зуба) і нижню (ніжка зуба). Висоту головки зуба позначають  $h'$ , висоту ніжки —  $h''$ , а діаметр обводу —  $D_a$ .

Обвід (коло) виступів  $D_e$  обмежує зверху профілі зубів колеса.

Обвід (коло) впадин  $D_i$  проходить по основі впадин зубів.

Кроком зубчастого зачеплення  $t$  називають відстань між серединами двох сусідніх зубів, виміряну по дузі дільного обводу. Якщо крок поділити на число  $\pi$  ( $\pi = 3,14$ ), то отримаємо

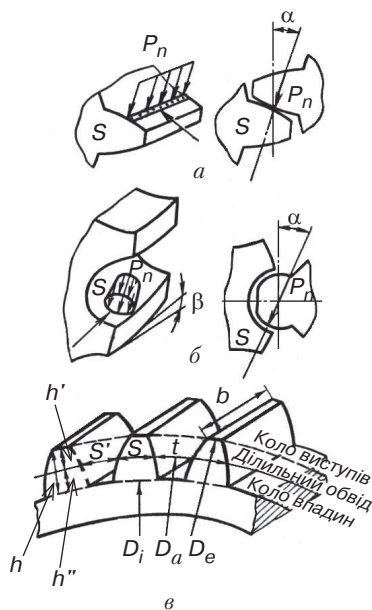


Рис. 12.12. Схема контактної ділянки й основні елементи зубчастого колеса:

- а — евольвентне зачеплення;
- б — зачеплення Новікова;
- в — основні елементи зубчастого колеса

величину, яку називають *модулем* (крок і модуль визначають у міліметрах). Модуль позначають буквою  $m$  і визначають за формулою:

$$m = t / \pi = t / 3,14 ,$$

звідки

$$t = \pi m = 3,14m.$$

Дугу ділильного обводу  $S$  у межах зуба називають *товщиною зуба*, а дугу  $S'$  — *шириною впадини*. Переважно  $S = S'$  ( $S = t/2$ ). Довжиною зуба  $b$  називають розмір зуба по лінії, паралельній до осі коліс. Кількість зубів колеса позначають буквою  $z$ . З модулем пов'язані всі елементи зуба: висота головки  $h' = m$ ; висота ніжки  $h'' = 1,2m$ ; висота всього зуба  $h = h' + h'' = m + 1,2m = 2,2m$ .

Знаючи кількість зубів, за допомогою модуля можна визначити:

- діаметр ділильного обводу зубчастого колеса:

$$D_a = zm;$$

- діаметр обводу виступів:

$$D_e = D_a + 2h' = zm + 2m = (z + 2)m;$$

- діаметр обводу впадин:

$$D_i = D_a - 2h'' = zm - 2,4m = (z - 2,4)m.$$

Відстань  $a$  між осями двох зубчастих коліс визначають за формулою:

$$a = \frac{(z_1 + z_2)m}{2},$$

де  $z_1$  — кількість зубів першого колеса;

$z_2$  — кількість зубів другого колеса.

Тихохідні зубчасті колеса виготовляють із чавуну або вуглецевої сталі, швидкохідні — із легованої сталі. Для підвищення міцності та стійкості проти спрацювання зубчасті колеса після нарізання зубів піддають термічній обробці. Властивості зубчастих коліс з вуглецевої сталі покращують хіміко-термічною обробкою — цементацією, а потім гартують у печах або струмами високої частоти. Зуби швидкохідних коліс після термообробки шліфують і притирають. Для забезпечення плавності ходу й безшумності зубчасті колеса інколи виготовляють із текстоліту, капрону й інших матеріалів. Щоб полегшити зачеплення зубчастих коліс під час вмикання шляхом переміщення на валу, торці зубів з боку передачі заокруглюють.

**Черв'ячні передачі** забезпечують малі передаточні числа, тому їх доцільно використовувати за невеликих частот обертання веденого вала. Крім того, черв'ячні передачі займають менше місця, ніж зубчасті.

Черв'ячна передача складається (див. рис. 12.11, д; с. 190) з черв'яка 1, насадженого на ведучий вал або виготовленого разом з ним, і черв'ячного колеса 2, закріпленого на веденому валу. Така передача є різновидом циліндричного косо-зубого колеса. Черв'як — це гвинт із трапецеїдальною різьбою, а черв'ячне колесо має ввігнуті по довжині гвинтові зуби.

Основними перевагами черв'ячних передач є те, що контакт зубів проходить не по точці, а по лінії; обід має ввігнуту форму, що сприяє збільшенню довжини лінії контакту зубів; кут перетину осей валів може бути будь-яким; плавність і безшумність у роботі. Недоліком черв'ячних передач є низький коефіцієнт корисної дії та великі втрати потужності на тертя. Тому черв'як виготовляють із

сталі, поверхню після гартування шліфують. Колесо виготовляють із бронзи (для економії бронзовим роблять тільки обід, який установлюють на маточину, виготовлену з чавуну або сталі).

За кількістю зубів черв'яки бувають одно-, двозахідні і т. д. Однозахідний черв'як за один оберт повертає колесо на один зуб, двозахідний — на два і т. д. Їх використовують для передавання обертового руху й потрібної потужності між паралельно розташованими валами (коробки передач, редуктори, вантажопідійомні механізми тощо).

Щоб визначити передаточне число  $u$  черв'ячної передачі, потрібно кількість заходів  $K$  черв'яка поділити на кількість зубів  $z_2$ . Наприклад,  $K = 2$ ,  $z_2 = 50$ , тоді

$$u = \frac{K}{z_2} = \frac{2}{50} = 0,04.$$

Якщо частота обертання черв'яка  $n_1 = 500$  об/хв, частота обертання черв'ячного колеса становитиме:

$$n_2 = n_1 u = 500 \cdot 0,04 = 20 \text{ об/хв.}$$

## 12.7. Складання циліндричних зубчастих передач

Циліндричні зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням становлять 75–80 % від загальної кількості передач. Їх використовують для передавання обертового руху й потрібної потужності між паралельно розташованими валами (коробки передач, редуктори, вантажопідійомні механізми та ін.).

Деталі зубчастих передач перед складанням мають бути повністю оброблені, промиті й висушені. На робочих поверхнях зубів не повинно бути задирок, подряпин та інших дефектів.

*Технологічний процес складання циліндричних зубчастих коліс передбачає такі основні роботи:*

- підготовка та перевірка деталей;
- складання зубчастих коліс (якщо вони не суцільні, а складені);
- установлення та кріплення зубчастих коліс на валах;
- установлення зубчастих коліс з валами в підшипниках або втулках корпусу;
- регулювання зубчастого зачеплення коліс;
- контроль якості складання зубчастої передачі.

Зубчасті колеса бувають суцільні та складені. *Суцільні* виготовляють з одного шматка металу або пластмаси. *Складені* зубчасті колеса (рис. 12.13) мають сталеву або чавунну маточину й зубчастий вінець із високоякісної сталі, а для пластмасових коліс — з текстоліту.

З'єднання зубчастого вінця з маточиною в складених колесах може бути рознімним або зварним (нерознімним). Складання коліс починають із напресування зубчастого вінця 1 на диск 2 маточини. Для цього найчастіше вінець нагрівають у масляній ванні або

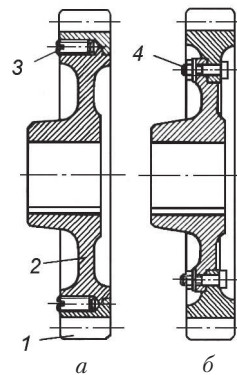


Рис. 12.13. Складені зубчасті колеса:

- a* — кріплення стопорними гвинтами;
- б* — кріплення болтами;
- 1 — зубчастий вінець;
- 2 — диск;
- 3 — стопорний гвинт;
- 4 — болт



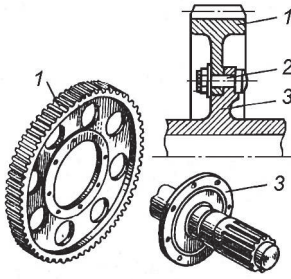


Рис. 12.14. Кріплення зубчастого колеса на фланці вала:

- 1 – зубчастий вінець;
- 2 – болт; 3 – фланець

струмами високої частоти до температури 120–150 °С. Після напресування свердлять отвори, нарізають у них різьбу й закручують стопорні гвинти 3 (рис. 12.13, а; с. 193). Замість стопорних гвинтів використовують болтове кріплення (рис. 12.13, б; с. 193). Установивши стопорні гвинти або болти, зубчасті колеса перевіряють на радіальне биття.

Використовують також кріплення зубчастих коліс на фланцях валів болтами (рис. 12.14). Спочатку зубчастий вінець кріплять на фланці 3 трьома тимчасовими болтами меншого діаметра та перевіряють індикатором радіальне биття. Якщо решта отворів фланця 3 і зубчастого вінця 1 не збігаються, то їх спільно розвертають, після чого в них вставляють нормальні болти 2 і закріплюють. Тимчасові болти знімають, отвори також розвертають і встановлюють решту нормальних болтів. Насамкінець болтові з'єднання затягують динамометричним ключем.

Після складання зубчасту передачу перевіряють на биття в центрах. Для цього між зубами розміщують циліндричний калібр, на який установлюють ніжку індикатора. Прокручуючи вал і перекладаючи калібр через два-три зуби, фіксують покази індикатора та знаходять найбільше й найменше значення. Різниця між цими значеннями характеризує радіальне биття. У передачах середньої точності допускають радіальне биття 0,02–0,05 мм на 100 мм діаметра зубчастого колеса. Торцеве биття не повинне перевищувати 0,08 мм на 100 мм діаметра колеса.

Після складання зубчасту передачу перевіряють на биття в центрах. Для цього між зубами розміщують циліндричний калібр, на який установлюють ніжку індикатора. Прокручуючи вал і перекладаючи калібр через два-три зуби, фіксують покази індикатора та знаходять найбільше й найменше значення. Різниця між цими значеннями характеризує радіальне биття. У передачах середньої точності допускають радіальне биття 0,02–0,05 мм на 100 мм діаметра зубчастого колеса. Торцеве биття не повинне перевищувати 0,08 мм на 100 мм діаметра колеса.

Для правильного зачеплення зубчастих коліс відстань між осями їхніх валів має дорівнювати півсумі діаметрів початкових кіл зубчастих коліс. Відстань між осями підшипників контролюють калібрами з використанням штихмаса та штангенциркуля. Вимірявши розміри з двох боків, можна також визначити непаралельність осей отворів підшипників. Зміщуючи підшипники, досягають потрібної міжцентрової відстані та паралельності.

Особливо важливим елементом складання є перевірка зазорів у зачепленні зубів. Боковий зазор перевіряють за допомогою свинцевих пластин, щупа або індикатора. Свинцеву пластину прокатують між зубами коліс, її товщина має відповідати боковому зазору. Щуп використовують тоді, коли є вільний доступ до зубчастих коліс. Для визначення бокового зазору індикатором (рис. 12.15, а) на валу одного із зубчастих коліс закріплюють поводок 1, що контактує з індикатором 2. Прокручуючи зубчасте колесо в різні боки, боковий зазор  $J_n$  визначають за показниками с індикатора з урахуванням відстані  $L$  і радіуса  $R$ :

$$J_n = cR/L.$$

Числове значення бокового зазору вказують у технічних умовах складання зубчастої передачі. У передачах середньої точності за міжосьовою відстані 320–500 мм воно становить не більше за 0,26 мм. У зубчастих колесах із модулем понад 6 мм боковий зазор має бути в межах 0,4–0,5 мм (можна використовувати для вимірювання свинцеві пластини).

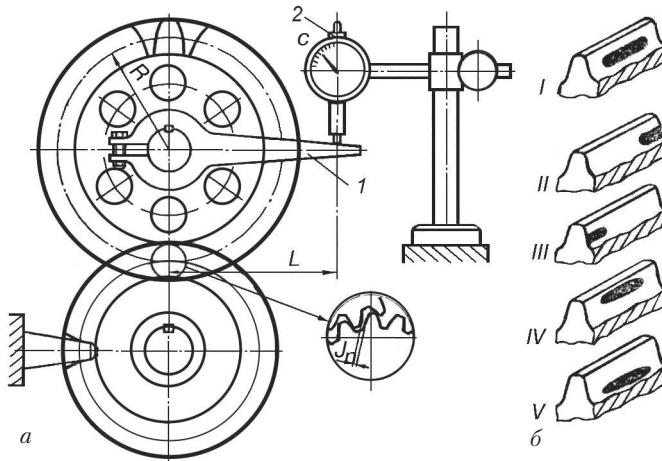


Рис. 12.15. Визначення бокового зазору та правильності зачеплення зубів:

- a* – визначення бокового зазору індикатором: 1 – поводок, 2 – індикатор;  
*б* – визначення правильності зачеплення зубів: I – правильне зачеплення,  
 II–III – перекіс осей валів, IV – збільшена міжосьова відстань,  
 V – зменшена міжосьова відстань

Якість зачеплення зубів перевіряють «на фарбу». Для цього поверхню зубів ведучого колеса покривають фарбою. Після повороту зубчастих коліс на зубах веденого колеса залишаються чіткі плями (відбитки) фарби (рис. 12.15, б).

Якщо зубчасті передачі складено правильно, відбитки фарби мають покривати середню частину бокової поверхні зубів: не менш як 50–60 % за висотою і 70–90 % за довжиною. Зміщення плями із середньої частини за довжиною зуба в один бік вказує на непаралельність і перекіс осей. Зміщення плями за висотою зуба свідчить про збільшення або зменшення міжосьової відстані, а також відхилення форми зуба від заданого профілю. У разі виявлення дефектів зубчасті передачі розбирають і після їх усунення заново складають.

## 12.8. Складання конічних зубчастих передач

Конічні зубчасті передачі використовують для передавання обертового руху між пересічними валами. Здебільшого вали перетинаються під кутом  $90^\circ$ . Такі конічні передачі називають **ортогональними**.

Найпоширенішими є конічні передачі з прямими, косими та круглими зубами. Завдяки більшій міцності й плавності в роботі конічні колеса з косими та круглими зубами використовують у відповідальних передачах, коли необхідна швидкохідність у поєднанні з великим навантаженням.

*Характеристиками конічного зубчастого зачеплення (рис. 12.16, а; с. 196) є:*

- міжосьовий кут  $\delta$  між осями зубчастих коліс;
- кути початкових конусів  $\phi_1$  і  $\phi_2$  зубчастих коліс;
- модуль зачеплення  $m$ ;
- кількість зубів зубчастих коліс  $z_1$  і  $z_2$ ;
- довжина початкового конуса  $l$ , яку визначають розрахунком залежно від навантаження, що передається.

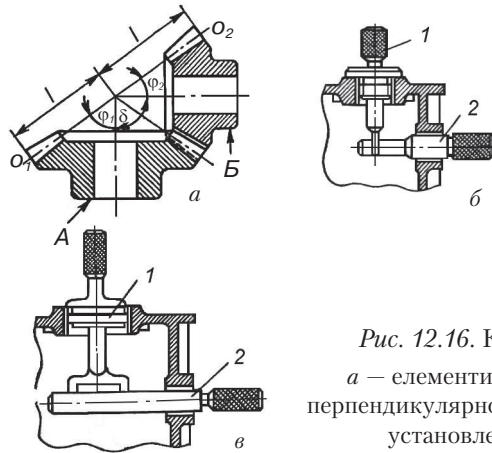


Рис. 12.16. Конічна зубчаста передача:  
 а — елементи зачеплення; б, в — перевірка перпендикулярності осей отворів корпусу під час встановлення валів; 1, 2 — калібри

Технологія складання конічної зубчастої передачі передбачає встановлення та кріплення зубчастих коліс на валах, встановлення валів із зубчастими колесами в підшипниках або втулках корпусу, регулювання зачеплення.

Установлення та кріплення конічних зубчастих коліс на валах виконують у такій самій послідовності, що і циліндричних.

Під час встановлення валів перевіряють правильність розташування осей у корпусі, підшипниках і втулках за допомогою пристосування, яке складається з двох калібрів 1 і 2 (рис. 12.16, б). За правильного кута між осями кінець калібру 1 має вільно входити в отвір калібру 2. Коли контроль виконують іншим пристосуванням, ознакою перпендикулярності осей є щільне прилягання лапки калібру 1 до калібру 2 (рис. 12.16, в).

Регулювання зачеплення виконують під час встановлення валів у корпусі. Боковий зазор у зачепленні має становити 0,08–0,20 мм (для зубчастих коліс середньої точності). Зазор перевіряють щупом (коли вільний доступ до передачі), свинцевими пластинами (модуль яких вищий за 10 мм) та індикатором (у точних передачах).

Боковий зазор можна змінювати. Якщо зубчасте колесо зсувати вздовж осі  $O_1O_2$  (рис. 12.16, а) у напрямку вершини початкового конуса, зазори в зачепленні зменшуються. І навпаки, якщо розсувати колеса — зазори збільшуються.

Зачеплення зубчастих коліс можна регулювати за допомогою прокладок, які встановлюють між упорні площини А і В проміжних втулок (рис. 12.16, а). Сталеві або латунні прокладки виготовляють завтовшки 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0 і 1,5 мм. У деяких конструкціях конічних передач зачеплення регулюють спеціальними гвинтами.

Після встановлення бокового зазору зачеплення перевіряють способом «на фарбу». Фарбу наносять на два зуби кожного колеса. Після прокручування коліс за відбитками фарби визначають якість зачеплення (рис. 12.17).

Конічні зубчасті колеса входять у зачеплення не по всій довжині зуба, а тільки по її частині (від  $1/2$  до  $2/3$ ), розташованій ближче до товстих або тонких кінців зуба.

Пляма контакту має залишитися на боковій поверхні зуба ближче до тонкого його кінця (не доходячи до країв). У разі правильного складання пляма займатиме не менше 60–70 % від площі поверхні зуба (за висотою та довжиною).

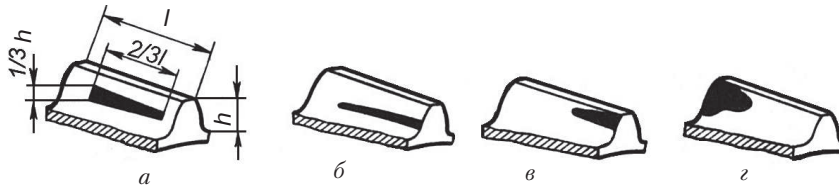


Рис. 12.17. Розташування плям контакту під час контролю зачеплення:  
*a* — правильне зачеплення; *b* — недостатній зазор у передачі; *c, z* — неправильна міжцентрова відстань; *l* — довжина зуба; *h* — висота зуба

Показником якості складання є температура масла в корпусі передачі. За нормального тертя в спряженні масло не перегрівається. Швидкохідні передачі контролюють на шумність спеціальними звукореєструвальними пристроями — шумомірами.

## 12.9. Складання черв'ячних передач

**Черв'ячні передачі** — це передачі, що передають обертовий рух між перехресними валами (переважно під кутом  $90^\circ$ ).

Залежно від форми черв'яка розрізняють *передачі із циліндричним і глобоїдним черв'яками*. У передачах із циліндричним черв'яком у зачеплення входить один або два зуби, а з глобоїдним (увігнутої форми) — одночасно п'ять–сім зубів.

Спочатку складають черв'ячне колесо. Вінець у холодному або гарячому (з температурою  $+120\text{--}150^\circ\text{C}$ ) стані напресовують на маточину. Потім свердлять отвори, нарізають різьбу під стопорний гвинт, закручують його й накернюють. Після цього зібране колесо перевіряють на биття. Установлення та закріплення черв'ячних коліс на валах та їхню перевірку виконують так само, як і під час складання циліндричних зубчастих коліс.

Особливо важливо забезпечити правильне зачеплення черв'яка із зубами колеса: середня площина черв'ячного колеса має збігатися з віссю черв'яка, а боковий зазор у зачепленні — відповідати технічним вимогам. Насамперед перевіряють міжосьову відстань отворів під установлення черв'яка та черв'ячного колеса в корпусі, а також взаємне розташування осей цих отворів. Роблять це за допомогою спеціальних оправок 1 і 2 (рис. 12.18, а; с. 198). Мікрометричним нутроміром 3 (або штихмасом) визначають відстань між оправками за формулою:

$$A = H + (D+d)/2,$$

де  $A$  — міжосьова відстань отворів;

$H$  — відстань між оправками;

$D, d$  — діаметри оправок.

Кут схрещування осей черв'яка та черв'ячного колеса перевіряють спеціальним пристосуванням (рис. 12.18, б), яке складається з оправок 1 і 2; на одну з них установлюють важіль 4 з індикатором 5 так, щоб ніжка індикатора в точках  $n$  і  $m$  дотикалася до контрольної оправки 1. Якщо кут схрещування осей дорівнює  $90^\circ$ , то покази індикатора в точках  $n$  і  $m$  мають бути однаковими.

Якщо черв'ячне колесо встановлюють на вал за допомогою призматичної шпонки, маточину колеса закріплюють розпірними втулками або гайками з обох

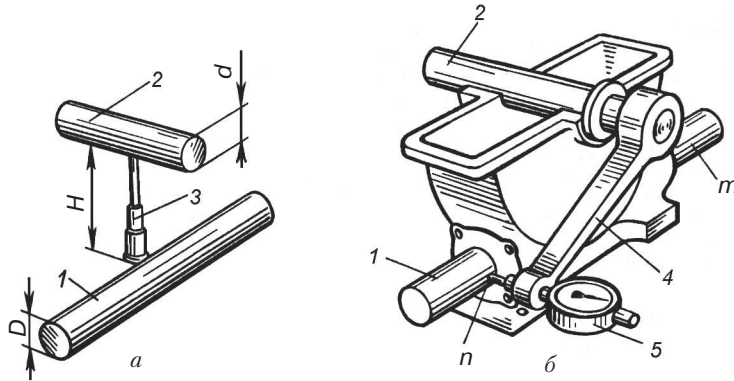


Рис. 12.18. Контроль розташування осей отворів у корпусі редуктора:

$a$  – міжосьової відстані;  $b$  – кута схрещування осей; 1, 2 – оправки; 3 – мікрометричний нутромір; 4 – важіль; 5 – індикатор;  $n, m$  – точки дотику контрольної оправки та ніжки індикатора

кінців. Регулювання осьового зазору виконують компенсаторними кільцями різної товщини або зміщенням гайок в осьовому напрямку.

Щоб перевірити збіг середньої площини черв'ячного колеса з віссю черв'яка, використовують метод «на фарбу». Шар фарби наносять на гвинтову поверхню черв'яка й вводять його в зачеплення із черв'ячним колесом.

Після прокручування черв'яка на зубах колеса залишаються плями фарби. У разі правильного складання фарба має покрити зуб черв'ячного колеса не менше, ніж на 50–60 % за довжиною та висотою. За поганого зачеплення черв'як зміщується щодо осі черв'ячного колеса праворуч або ліворуч. Тоді черв'ячне колесо зсувають у відповідний бік і надійно закріплюють.

Боковий зазор у зачепленні черв'яка та черв'ячного колеса визначають, прокручуючи черв'як за нерухомого колеса. Для передач середньої точності боковий зазор має становити 0,13–0,26 мм.

Складену черв'ячну передачу перевіряють на легкість прокручування.

## 12.10. Загальні дані та складання фрикційних передач

**Фрикційні передачі** — це передачі, призначені для передавання обертowego руху між валами за допомогою сил тертя. Проста фрикційна передача складається з двох коліс (ведучого та веденого), які виготовляють із фрикційних матеріалів.

За призначенням розрізняють *фрикційні передачі з постійним* (нерегульованим) і *змінним* (регульованим) *передаточним відношенням*. Передачі з плавним регулюванням передаточного відношення називають *варіаторами*. Передачі з постійним передаточним відношенням, залежно від розміщення осей валів, поділяють на *передачі з паралельними* та *перехресними осями*.

Залежно від форми коліс розрізняють *циліндричні*, *конічні* й *торцеві передачі*. Перевагами таких передач є плавність ходу, безшумність, простота конструкції та точність передавання руху; недоліками — передавання малих потужностей (до 20 кВт), низький коефіцієнт корисної дії (0,85–0,90), значний тиск на опори.

Використовують фрикційні передачі в гвинтових пресах, гальмівних пристроях, з'єднувальних муфтах тощо.

**Фрикційні муфти** призначені для плавного зчеплення та роз'єднання валів під час їхнього обертання. Залежно від призначення вони бувають зчіпними або запобіжними. *Зчіпні муфти* перебувають у постійному зчепленні, а в разі потреби можуть роз'єднуватися (муфти зчеплення). *Запобіжні муфти* призначені для запобігання поломкам приводу в разі перевантаження під час передавання крутного моменту.

**Гальма** — це механізм або пристрій, призначений для зменшення швидкості або повної зупинки машини. Найважливішим показником гальм є час гальмування та швидкість, за якої починається гальмування. Час гальмування залежить від зусилля притискання гальмівної колодки або стрічки й розміру зазору між ними й обертовими частинами гальм. Тому фрикційний матеріал у гальмах має щільно прилягати до колодок або сталевих стрічки без складок і випинів, а площа поверхні його контакту з поверхнею гальмування має становити не менше, ніж 80 %. Головки заклепок не повинні виступати над поверхнею фрикційного матеріалу.

Гальма бувають дискового й барабанного типів. У зібраному гальмі поверхня фрикційного матеріалу не контактує з обертовим барабаном, що забезпечують певним зазором між тертьовими поверхнями. Надто малий зазор спричиняє нагрівання деталей гальм та їхнє швидке спрацювання.

Крутний момент, який передається у фрикційних передачах, залежить від зусилля притискання та коефіцієнта тертя фрикційних пар (рис. 12.19).

Складання фрикційних коліс на валу виконують так само, як і складання зубчастих коліс.

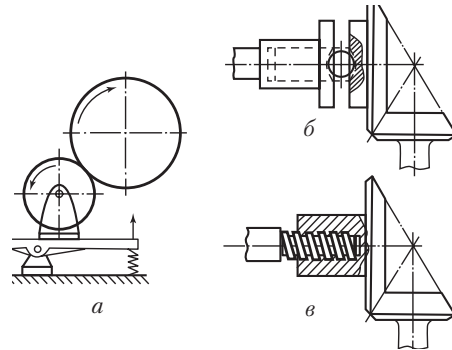


Рис. 12.19. Способи притискання фрикційних коліс:

*a* — самозатяжний; *b* — кульковий; *c* — гвинтовий

## 12.11. Карданні передачі

Карданний механізм забезпечує обертання двох валів під змінним кутом завдяки рухомому з'єднанню ланок або пружним властивостям спеціальних елементів. Послідовне з'єднання двох карданних механізмів називають **карданною передачею**. Вони призначені для передавання крутного моменту від коробки швидкостей або двигуна до ведучої ланки машини. Карданна передача складається з карданного вала, шарнірів і проміжної опори. **Карданом** називають шарнірне з'єднання, за допомогою якого передається обертання від одного вала на інший, осі яких перетинаються.

Щоб передати обертання під невеликим кутом, застосовують одинарні карданні передачі, тобто такі, що мають один карданний шарнір. На автомобілях широко застосовують подвійну карданну передачу, яка передає обертання під значним кутом нахилу валів. Нерівномірність обертання, що виникає в першому ведучому



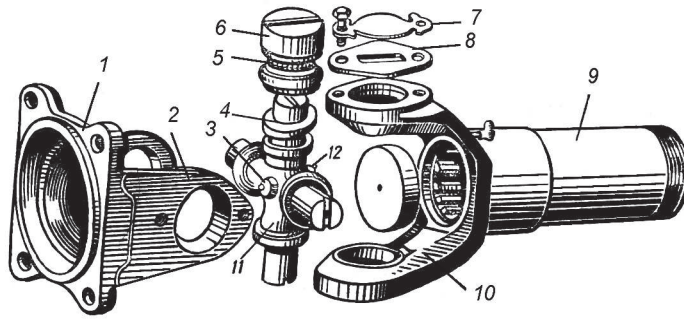


Рис. 12.20. Жорсткий карданний шарнір з неоднаковою кутовою швидкістю:

- 1 – фланець вилки; 2, 10 – вилки; 3 – запобіжний клапан; 4 – сальник;  
 5 – ролики-голки; 6 – стакан; 7 – стопорна пластина; 8 – кришка; 9 – шліцева втулка;  
 11 – хрестовина; 12 – маслянка

шарнірі, компенсується нерівномірністю обертання другого шарніра, унаслідок чого ведений вал передачі обертається рівномірно з кутовою швидкістю ведучого вала.

Карданні шарніри бувають гнучкі та жорсткі з неоднаковими й однаковими кутовими швидкостями.

**Жорсткий карданний шарнір** (рис. 12.20) складається з вилок 2 та 10 і хрестовини 11. Шипи хрестовини входять в отвори вушок вилок і закріплені в отворах на голчастих підшипниках. Голчастий підшипник складається із сталевго стакана 6 і набору тонких роликів-голок 5. Стакан ізсередини ущільнений сальником 4, який затримує масло в підшипнику. Для мащення підшипників на хрестовині 11 є маслянка 12, а в шипах – канали. Щоб стакан підшипника не вийшов з отвору і не зміг повернутися в ньому, його закріплюють кришкою 8 із гвинтами. Під головки гвинтів установлено стопорну пластину 7, яка не дає їм змоги самовільно відкручуватися. У процесі роботи карданного шарніра дві вилки та хрестовина змінюють своє розташування, нахилиючись то в один, то в інший бік. Вал з одним жорстким шарніром обертатиметься нерівномірно (під кутом, який не перевищує  $24^\circ$ ).

Щоб уникнути нерівномірного обертання, використовують **передачу з двома карданними шарнірами** (рис. 12.21). Фланець 2 закріплюють наглухо, а фланець 3 може зміщуватися вздовж осі. До фланців кріплять болтами вилки 4 і 5.

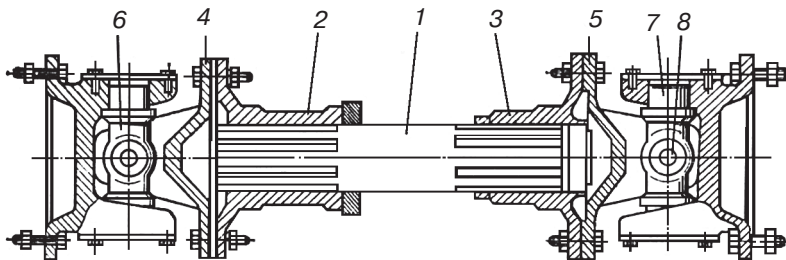


Рис. 12.21. Карданна передача з двома шарнірами:

- 1 – вал; 2, 3 – фланці; 4, 5 – вилки; 6, 7 – хрестовини; 8 – маслянка

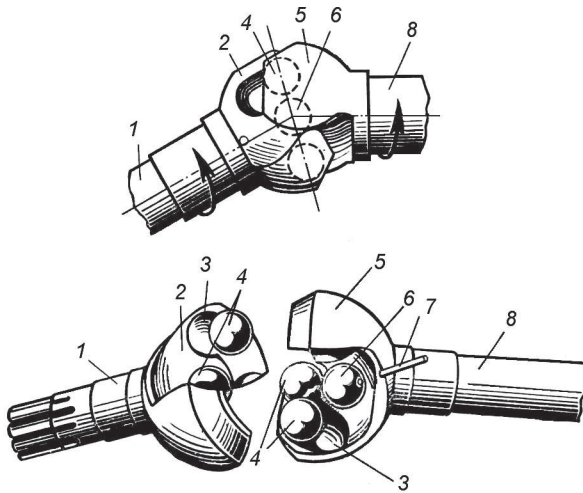


Рис. 12.22. Кульковий карданний шарнір:

1 — ведучий вал; 2 — вилка веденого вала; 3 — фігурні канавки; 4 — ведучі кульки;  
5 — вилка ведучого вала; 6 — центрувальна кулька; 7 — палець; 8 — ведений вал

Болти передають крутний момент і повинні щільно входити в отвір і затягуватися до відмови гайками. Потім установлюють хрестовини 6 і 7, у які закручують маслянку 8 і запобіжний клапан для обмеження тиску масла в хрестовині. На чотири цапфи напресовують фетрові сальники й опорні кільця. Таку хрестовину встановлюють в отвір вилки. Складені вали балансують на спеціальній установці, щоб обертання було легким і безшумним.

Щоб вали оберталися рівномірно, застосовують **кульковий кардан постійної кутової швидкості**. Він дає змогу передавати крутний момент під кутом  $35^\circ$ . Кульковий карданний шарнір (рис. 12.22) складається з двох вилок 2 і 5, чотирьох ведучих кульок 4 та однієї центрувальної кульки 6. Кульки містяться у фігурних канавках 3 вилок. Центрувальна кулька встановлена на пальці 7, застопореному шпилькою, що проходить через отвір в одній із вилок. Канавки вилок симетричні, тому під час кутового зміщення валів кульки завжди розміщуватимуться так, що відстані між осями кульок та осями валів будуть однаковими, а тому і швидкості обертання валів також будуть однаковими. Кардан постійної кутової швидкості застосовують для передніх ведучих мостів автомобілів підвищеної прохідності.

Крім кулькових, використовують **кулачкові карданні шарніри однакових кутових швидкостей**. У них у вилки встановлюють спеціальні кулаки, у пази яких закладено сталевий диск. Під час роботи шарніра півосі обертаються разом з вилками навколо кулаків у горизонтальній площині, а разом з кулаками — навколо диска у вертикальній площині. Недоліком такого шарніра є підвищене тертя диска та кулаків із вилками, нагрівання та спрацювання шарніра під час роботи.

Для передавання обертового руху валами, коли їхні осі зміщені або мають значний перекид, використовують спеціальні проміжні **вали з кульковими цапфами** (рис. 12.23, а; с. 202). Кільця 1, закріплені штифтами на кулькових цапфах 2, розміщують у діаметральних шліцах ведучої та веденої втулок 3. Кожна цапфа може повертатися у двох площинах, що компенсує незбіг осей ведучого і

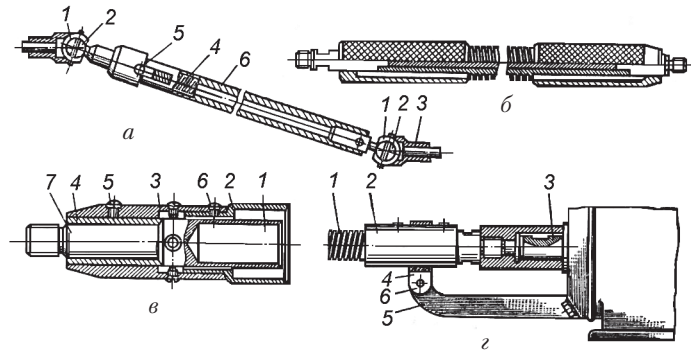


Рис. 12.23. Гнучкі карданні передачі:

*a* — з кульковими цапфами; *б* — з гнучким валом; *в* — схема складання гнучкого вала;  
*z* — з'єднання гнучкого вала муфтами

веденого валів. У процесі складання у валик *б* з одного боку запресовують нерухому кулькову цапфу *2* і закріплюють двома штифтами, а з іншого боку у валик уводять пружину *4* й установлюють рухому цапфу, закріплюючи її штифтом *5*. Потім на цапфах установлюють кільця *1* і також закріплюють їх штифтами. Два кільця мають міститися в одній площині. Під час установлення цапф із кільцями зазор між прорізами й торцями кілець *1* не повинен перевищувати 0,15–0,2 мм.

Для передавання крутного моменту між деталями, розташування яких змінюється під час роботи, використовують **гнучкі вали** (рис. 12.23, *б*) діаметром від 4 до 40 мм. Вони складаються з вала, що скручений із кількох шарів дроту та встановлений у гнучку захисну оболонку, яку називають **бронєю**, та арматури на кінцях для під'єднання до приводу й робочого органа. Гнучкі вали можуть бути **нормальними** (складаються з кількох шарів дроту) і **підсиленими** (крім дроту, мають сталевий сердечник діаметром 0,4–0,5 мм). Такі вали бувають правого та лівого обертання (у вала правого обертання навивання дроту ліве й навпаки).

**Броня вала** — це гнучкий металевий рукав із сталевій оцинкованої стрічки з бавовняно-паперовим ущільненням у замку та внутрішньою спіраллю із сталевого сплющеного дроту. Підсилену броню покривають оцинкованим сталевим дротом, а потім наносять шар вулканізованої гуми з кордовими шарами. Броня має вільно надіватися на вал, захищати його від забруднень і зберігати мастило.

Під час складання (рис. 12.23, *в*) кінець гнучкого вала вставляють в отвір шпинделя *1* і припаюють твердим припоем. На броню надівають муфту *3* і припаюють. У муфту запресовують бронзову втулку *4* і стопорять гвинтами *5*. Корпус муфти *2* встановлюють на кінець шпинделя *1* і закріплюють гвинтом *6*. Різьбова частина шпинделя *7* призначена для закріплення вала в деталі, якій передають обертовий рух.

До вала електричного або іншого приводу гнучкий вал *1* під'єднують муфтами *2* і *3* (рис. 12.23, *z*). Броню затискають хомутом *4*, який прикріплюють до кронштейна *5* болтом *6*. Кронштейн закріплений на корпусі приводу нерухомо.

Нормальну роботу гнучкого вала забезпечує достатньо великий радіус згину. Коли діаметр вала дорівнює 10 мм, то радіус згину має становити не менше 200 мм, за діаметра 12 — 250, за 16 — 300 і за діаметра вала 20 мм радіус згину має бути не меншим 350 мм.

У різних машинах для передавання руху, коли осі валів зміщені на невеликий кут, широко використовують **компенсувальні муфти**. В еластичній муфті

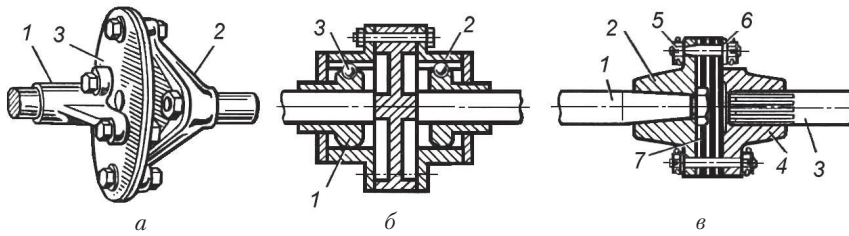


Рис. 12.24. Компенсувальні муфти:

*a* — еластична; *б* — жорстка; *в* — схема складання муфти

(рис. 12.24, *a*) передавання руху під кутом здійснюється завдяки тому, що хрестовини 1 і 2, закріплені на ведучому та веденому валах, з'єднані набором еластичних шайб 3. У жорсткій муфті (рис. 12.24, *б*) можливість кутового зміщення осей валів досягається завдяки зазорам між обоймами 1 і 2, між якими встановлені кульки 3.

Під час складання муфти (рис. 12.24, *в*) на конусний кінець ведучого вала 1 встановлюють півмуфту 2 з трьома радіальними виступами. На шліцьовий кінець вала 3 встановлюють незакріплену півмуфту 4, і вали за нагрівання під час роботи можуть видовжуватися. Потім в отвори півмуфти встановлюють пальці 5. Перпендикулярність осі пальця до торця півмуфти перевіряють кутником і щупом. Гумові диски 7 послідовно надівають на шість штирів. Між кожною парою дисків на кожний отвір встановлюють армуючі сталеві шайби 6, які захищають диски від розбивання. Після цього диски стискають у трьох місцях струбцинами й закріплюють на трьох пальцях 5 ведучої півмуфти. В інші три отвори вводять пальці півмуфти 4 і на них накручують гайки, які шплінтують.

Компенсувальні муфти задовільно працюють тільки за незначних кутових зміщень валів (до  $10^\circ$ ).

## 12.12. Балансування деталей та складальних одиниць під час складання

Для врівноваження деталей та складальних одиниць передач обертового руху їх балансують. Причинами невірноваженості деталей є похибки під час їхньої обробки, неоднорідність матеріалу, неточності складання через перекося та зміщення спряжених деталей, несиметричність елементів конструкції, наявність отворів тощо. Як наслідок, порушується нормальна робота механізму або машини, з'являються вібрації, передчасно спрацьовуються колеса, підшипники й інші деталі. Розрізняють статичну та динамічну невірноваженість і, відповідно, статичне й динамічне балансування.

**Статичне балансування** виконують за допомогою пристосувань на призмах і на роликах (рис. 12.25). Статичне невірноваження виникає в разі зміщення центра ваги (маси) деталі щодо осі її обертання на певне значення.

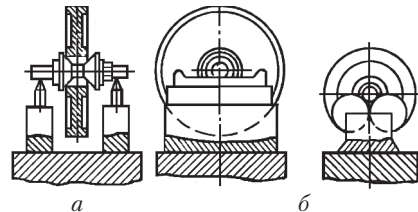


Рис. 12.25. Пристосування для статичного балансування:

*a* — на призмах;  
*б* — на роликах (опорах)

Під час балансування на *призмах* (рис. 12.25, а) вісь вала балансованої деталі має бути перпендикулярною до призм. У стані спокою в неврівноважених деталях центр маси не збігається з віссю обертання і розташований унизу. Після виведення деталі із стану спокою вона намагатиметься знову повернутися в початкове положення. Після цього знімають метал (висвердлюванням) на важчому боці деталі або додають вантаж (приварюванням, склеюванням) з легшого боку, поки деталь не врівноважиться на призмах.

Під час статичного балансування на *роликівому пристосуванні* (рис. 12.25, б) деталь обертають, а не перекочують. Ролики монтують на підшипниках, які зменшують тертя в процесі балансування. Його здійснюють так само, як і балансування на призмах. Статичне балансування виконують в індивідуальному та дрібносерійному виробництві, а в масовому виробництві застосовують динамічне балансування.

За *динамічного балансування* врівноваження деталей та складальних одиниць здійснюють під час їхнього обертання. Визначають масу та розміщення вантажів, які потрібно прикласти до деталі або відділити від неї, щоб деталь урівноважилася статично й динамічно. Широко використовують автоматизовані балансувальні машини, за шкалами яких можна відразу отримати потрібні дані: неврівноважену масу, глибину свердління певного діаметра, розміри вантажів тощо. Спеціальні покажчики помічають місця, де треба встановити додатковий вантаж або, навпаки, видалити зайвий метал. Тривалість балансування на верстаті становить 1–2 хв. Балансування виконують після остаточної обробки та складання.

### Запитання та завдання

1. Назвіть передачі обертового руху.
2. Назвіть найтипівіші деталі та складальні одиниці, що передають обертовий рух.
3. Чим відрізняється вал від осі?
4. Які є види валів?
5. Що називають *передаточним відношенням* і *передаточним числом*?
6. Для чого призначені пасові передачі?
7. Які є види пасів?
8. Охарактеризуйте технологію складання пасових передач.
9. З яких деталей складаються ланцюгові передачі?
10. Які є види ланцюгів?
11. У чому полягає складання ланцюгової передачі?
12. Як з'єднують кінці ланцюгів?
13. Для чого призначені зубчасті передачі?
14. Як класифікують зубчасті передачі?
15. Які є види зубчастих коліс?
16. З чого складається черв'ячна передача?
17. Як виконують складання циліндричних зубчастих передач?
18. Охарактеризуйте технологію складання конічних зубчастих передач.
19. Як складають черв'ячні передачі?
20. Яка будова фрикційних передач?
21. Як виконують складання фрикційних передач?
22. Назвіть та охарактеризуйте способи балансування деталей.

## СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ

## 13.1. Загальні дані про механізми поступального руху

Механізми поступального руху широко використовують у металорізальних верстатах, пресах, двигунах внутрішнього згоряння тощо. Поверхні, по яких ковзають рухомі частини, називають **напряжними**. Вони відрізняються від підшипників тим, що підшипники підтримують деталі, які обертаються, а напрямні призначені для підтримування деталей, які здійснюють прямолінійний рух.

Залежно від профілю, розрізняють такі **види напрямних**:

*прямокутного профілю* — плоскі (рис. 13.1, а), прості у виготовленні й припасуванні; якщо розміщені в горизонтальній площині, дуже забруднюються та погано утримують мастило;

*трикутного профілю* — призматичні (поверхні 1 і 3 на рис. 13.1, б), здатні до саморегулювання, менше забруднюються, але погано утримують мастило; більш складні у виготовленні та припасуванні;

*V-подібного профілю* (рис. 13.1, в), які використовують тільки горизонтально розташованими. Вони легко забруднюються, що призводить до появи задирок і подряпин на поверхні напрямних;

*трапецієподібного профілю* — у формі «ластівчин хвіст» (рис. 13.1, г), які використовують для столів верстатів, кареток; прості в регулюванні, зручні у використанні як вертикальні напрямні;

*круглого профілю* — прості у виготовленні; використовують у пресах, насосах і двигунах (циліндри);

*комбіновані* — з двома призматичними поверхнями 1 і 3 та двома плоскими поверхнями 2 і 4; за внутрішніми напрямними 2 і 3 може переміщатися задня бабка верстата, а за зовнішніми 1 і 4 — каретка супорта (рис. 13.1, б).

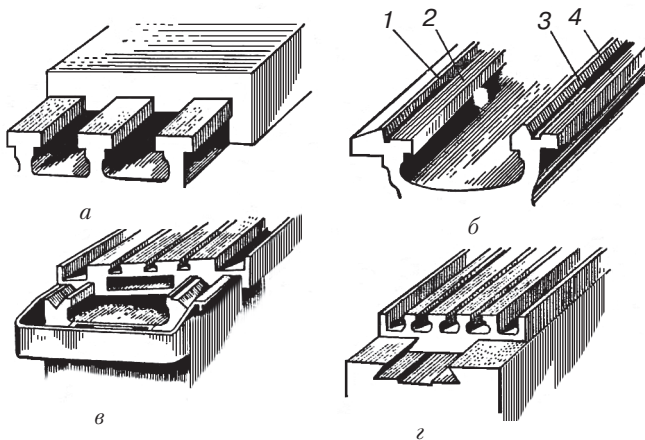


Рис. 13.1. Конструкції напрямних різних профілів:

а — прямокутного; б — трикутного; в — V-подібного;

г — трапецієподібного



За розміщенням у з'єднанні напрямні бувають *охоплювані* й *охоплювальні*. За конструктивними властивостями виробу напрямні виготовляють *суцільними* із станиною, рамою тощо та *накладними* (знімними), які кріплять болтами й гвинтами.

Залежно від характеру тертя під час переміщення рухомої деталі щодо напрямної розрізняють напрямні ковзання, кочення та гідростатичні.

*Напрямні ковзання* бувають різних конструкцій та форм: випуклі, увігнуті, плоскі, круглі й комбіновані.

*Напрямні кочення* мають кульки та ролики, які забезпечують тертя кочення, що значно менше за тертя ковзання та зменшує спрацювання напрямних, забезпечує плавність руху й відсутність прилипання. У напрямних кочення кульки й ролики містяться в плоскому сепараторі. Для великих переміщень використовують конструкції без сепараторів.

*Гідростатичні напрямні* використовують за потреби високої точності переміщення рухомих деталей. Їх застосовують у прецизійних верстатах і верстатах із програмним керуванням, у яких, завдяки наявності масляного шару завтовшки кілька мікрометрів, спряжені деталі працюють майже без тертя. Масло надходить під тиском від насоса по спеціальних каналах у нерухомому вузлі.

### 13.2. Технічні вимоги до напрямних

*Точність виготовлення напрямних, залежно від призначення машини, визначають:*

- відхиленням від прямолінійності й паралельності не більше ніж 0,01–0,05 мм на довжині 1000 мм;
- відхиленням від перпендикулярності не більше ніж 0,01–0,02 мм на довжині 1000 мм;
- шорсткість поверхні напрямних має відповідати  $R_a = 1,25-0,32$ ;
- для прецизійних з'єднань відхилення від прямолінійності має становити не більше ніж 0,002 мм на довжині 1000 мм, а шорсткість поверхні  $R_a = 0,04-0,02$ .

*Щільність прилягання спряжених деталей* перевіряють «на фарбу». На поверхні розміром 25×25 мм має бути не менше 25 плям контакту для прецизійних з'єднань, 16 — для напрямних підвищеної точності, 10 — для напрямних із шириною ковзання до 250 мм, 6 плям — для напрямних із шириною поверхні ковзання понад 250 мм. На напрямних, оброблених шліфуванням, фрезеруванням і струганням, під час перевірки «на фарбу» сліди фарби мають бути на всій поверхні без пробілів.

Щільність прилягання спряжених деталей перевіряють щупом завтовшки 0,04 мм, який має входити між рухомою та напрямною частинами. Допускається тільки затиснення щупа на довжині 25 мм із торців напрямних.

Остаточну чистову обробку поверхонь напрямних і спряжених поверхонь деталей, які здійснюють поступальні рухи, виконують за допомогою шліфування, притирання та доведення.

### 13.3. Складання механізмів і складальних одиниць поступального руху

Деталі механізмів і складальних одиниць поступального руху, які подаються для складання, в основному проходять остаточну обробку або потребують дороблення. Завдання слюсарів-складальників полягає в доведенні цих деталей до

потрібної точності, наданні їм правильної геометричної форми та встановленні виробу в певному положенні. Складання зводиться до дороблення напрямних, пригінки за ними деталей та регулювання зазорів.

**Дороблення напрямних** виконують шабруванням, струганням широкими різцями, тонким фрезеруванням торцевими фрезами, шліфуванням і притиранням.

Найчастіше використовують шабрування. Короткі напрямні шабрують звичайними прийомами, а довгі — за допомогою плит і лінійок по маяках і перевіряють контрольно-вимірвальними інструментами.

Спочатку за плитою шабрують невелику ділянку, що перевищує розмір плити. Шабрування за фарбою виконують доти, поки поверхня плити не буде рівномірно зафарбованою. Потім установлюють рівень, який не повинен указувати горизонтальні, поздовжні й поперечні відхилення. Маяк шабрують на двох кінцях напрямних. Що ближче розташовані маяки, то краща якість шабрування. Кожний маяк обробляють, контролюючи його розміщення щодо сусіднього за рівнем. Усі маяки виводять на одну пряму лінію. У подальшому вони є базовими поверхнями під час обробки ділянок напрямних між маяками.

Напрявні, виготовлені як одне ціле із станиною, не потребують ніяких складальних робіт. Під час складання накладних напрямних до станини прикріплюють змінні пластини, попередньо встановивши їх за рівнем за допомогою клинів і спеціальних підставок. Тонкі напрямні кріплять потайними гвинтами, а товсті піддають остаточній обробці.

Для полегшення пригінки напрямних і спряжених із ними деталей та регулювання зазорів між ними використовують регульовальні пристрої — **компенсатори** (рис. 13.2, а). Вони бувають у формі планок прямокутного й косокутного перерізу з нахилом від 1:100 до 1:40 (клинів). Під час регулювання планки 1 і клини 3 переміщують у поздовжньому напрямку й закріплюють гвинтами 2 (рис. 13.2, б). Планки та клини встановлюють із ненавантаженого боку напрямних.

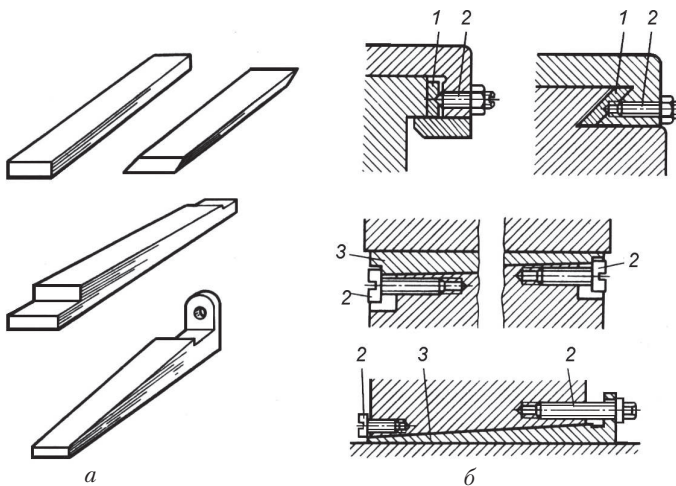


Рис. 13.2. Компенсатори:

а — види компенсаторів; б — схеми встановлення та регулювання;  
1 — планки; 2 — гвинти; 3 — клини

Після припасування всі рухомі деталі мають вільно переміщуватися по напрямних. Одночасно унеможливується їхнє відривання або перекидання завдяки використанню компенсаторів. Зазори мають бути такими, щоб щуп завтовшки 0,03 мм не затискувався між деталями. Деталі, спряжені з вертикально розташованими напрямними, мають переміщатися вниз під дією власної маси. Разом з тим у спряженні має зберігатися встановлена щільність.

Після перевірки на відповідність технічним вимогам на напрямні встановлюють повзун 1 (рис. 13.3) так, щоб він міг вільно переміщуватися по них, упираючись у поверхні А і Б, які направляють повзун у горизонтальній площині. У вертикальній площині повзун направляють поверхні В і Г. Для запобігання перекиданню повзуна передбачена планка 2, яка впирається в поверхні Д і Е. Зазори між спряженими поверхнями мають бути не більші за 0,02 мм на 1000 мм довжини напрямних.

Для забезпечення високої точності обробку плоских напрямних виконують у такій послідовності: шабрують поверхні А і Б, потім — Д і Е, а після них — поверхні В і Г. Якість шабрування перевіряють за плямами контакту, контролюючи «на фарбу».

Потрібний зазор можна одержати встановленням прокладок 3 (вузол I, варіант 1). Цей вузол зручно складати, використовуючи регульовальну прокладку 4 (варіант 2), яку притискають до краю гвинтом 5. Після цього гвинт відпускають (викручують) на  $1/2$  або  $1/4$  оберту, залежно від кроку різьби гвинта й потрібного зазору, і стопорять контргайкою. Зазори в спряженнях по поверхнях В і Г регулюють клином 6 (вузол II), який попередньо шабрують за напрямними та стінкою повзуна. Для збільшення зазору регульовальний гвинт 7 викручують, а для зменшення — закручують.

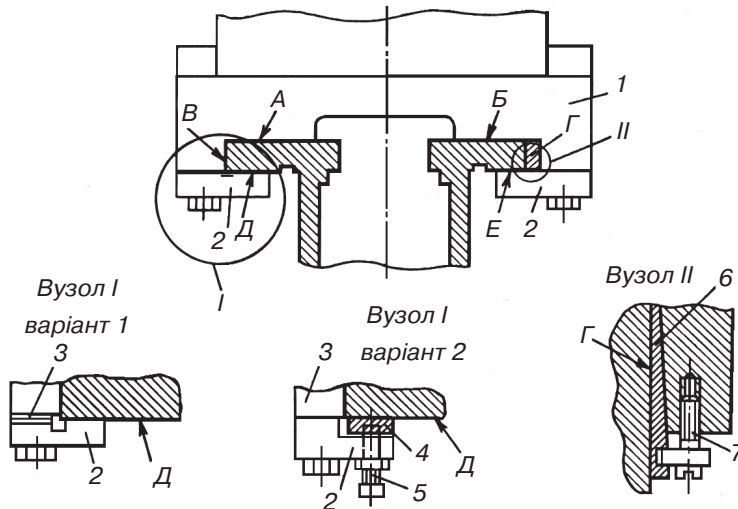


Рис. 13.3. Спряження з плоскими напрямними:

- 1 — повзун; 2 — планки; 3 — прокладки; 4 — регульовальна прокладка;  
5 — гвинт; 6 — клин; 7 — регульовальний гвинт

### 13.4. Контроль якості складання механізмів і складальних одиниць поступального руху

Складені вузли перевіряють на площинність, паралельність, перпендикулярність поверхонь напрямних і правильність їхньої геометричної форми.

**Площинність** поверхонь напрямних контролюють перевірними плитами «на фарбу» (рис. 13.4, а) або методом світлової щілини контрольними лінійками й щупами.

**Прямолінійність** поверхонь напрямних перевіряють двома методами:

1) визначенням кутових відхилень окремих ділянок поверхні від еталонної прямої за допомогою рівня;

2) визначенням лінійних відхилень від еталонної прямої.

Для цього використовують лінійки з відстанню між опорами 250, 500 і 1000 мм і рівень із ціною поділок 0,04–0,06 мм на 1000 мм довжини.

Високу якість забезпечує контроль прямолінійності за допомогою струни й мікроскопа (рис. 13.4, б). Один кінець струни 1 (діаметром 0,05–0,02 мм) закріплюють на напрямній з одного боку точно посередині, а другий кінець пропускають через кронштейн і за допомогою ролика й вантажу натягують. Мікроскоп 2 встановлюють на напрямних так, щоб струна 1 збігалася з віссю шкали його окуляра. Натяг струни виконують так, щоб її зображення в крайніх положеннях мікроскопа збігалася з перехрестям нитки окулярного мікрометра. Відхилення від прямолінійності викликає відповідне зміщення перехрестя щодо струни.

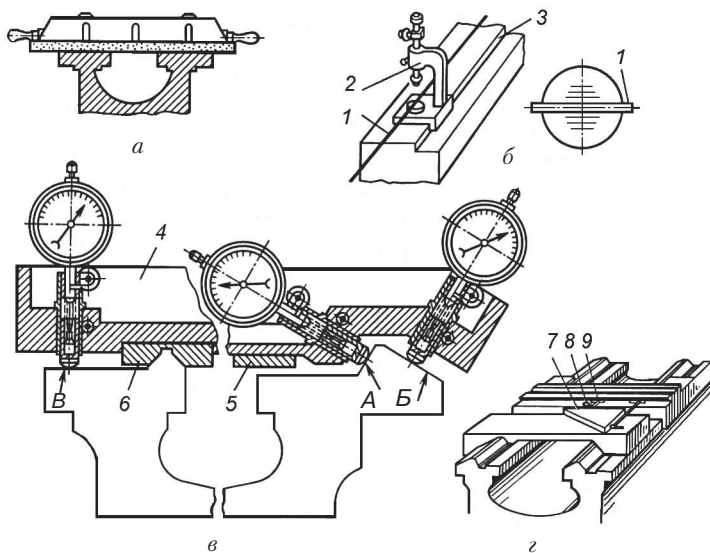


Рис. 13.4. Перевірка поверхонь напрямних:

- а – площинності; б – прямолінійності; в – паралельності; з – перпендикулярності;  
1 – струна; 2 – мікроскоп; 3 – напрямна; 4 – каретка; 5, 6 – опорні поверхні;  
7 – кутник; 8 – індикатор; 9 – повзунок

**Паралельність** поверхонь напрямних перевіряють різними методами:

- за допомогою штангенрейсмусів, глибиномірів, контрольних лінійок і плит;
- з використанням спеціальних інструментів і пристосувань;
- з використанням оптичних пристроїв.

*Спеціальне пристосування для перевірки паралельності* (рис. 13.4, в; с. 209) складається з каретки 4, яку встановлюють на опорні поверхні 5 і 6. Каретка 4 переміщується вздовж станини. Водночас індикатор виконує відлік паралельності поверхонь А, Б і В щодо базових поверхонь станини.

**Перпендикулярність** поверхонь напрямних перевіряють кутниками, розміри й конструкція яких залежать від розташування контрольованих поверхонь. Коли кутником неможливо перевірити перпендикулярність поверхонь напрямних, використовують спеціальні пристосування (рис. 13.4, з). Повзунком 9 притискають до контрольованої поверхні, а закріплений на ньому індикатор 8 уводять у контакт із поличкою контрольного кутника 7. Кутник установлюють на спеціальну підставку. Під час переміщення повзунка 9 індикатор 8 ковзає по поличці кутника 7, показуючи відхилення від перпендикулярності. Кількісне оцінювання відхилення від перпендикулярності виконують за допомогою кінцевих мір довжини й шупів.

**Геометричну форму** фасонних напрямних перевіряють кутомірами, шаблонами або спеціальними фасонними плитами. У разі використання плит здійснюють контроль «на фарбу», а в інших випадках використовують метод світлової щілини.

Комплексні методи контролю застосовують для одночасної перевірки прямолінійності, паралельності та викривлень поверхонь напрямних. Для цього використовують спеціальні пристосування й мостики.

### **Запитання та завдання**

1. Які є види напрямних?
2. Укажіть технічні вимоги щодо напрямних.
3. Як виконують складання механізмів поступального руху?
4. Для чого використовують компенсатори?
5. У чому полягає контроль якості складання механізмів і складальних одиниць поступального руху?
6. Якими методами перевіряють напрямні?
7. Які засоби контролю використовують для перевірки перпендикулярності поверхонь напрямних?
8. Як перевіряють геометричну форму напрямних?
9. Як перевіряють перпендикулярність напрямних?
10. Які способи використовують для дороблення напрямних?
11. Як перевіряють площинність поверхонь напрямних?
12. Де використовують гідростатичні напрямні?

## СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ РУХУ

### 14.1. Загальні дані про гвинтові механізми

**Гвинтові механізми** — це механізми, призначені для перетворення обертового руху у зворотно-поступальний та навпаки. Їх використовують у верстатах для подавання і встановлення столів, кареток, супортів, головок, а також для підйому вантажів і передавання зусиль (домкрати, гвинтові стягувачі тощо).

Основними деталями, які використовують у гвинтових механізмах, є гвинт і гайка. Гвинти, які застосовують у верстатах, називають **ходовими**, а ті, що використовують у підйомних механізмах, — **вантажними**. У гвинтових передачах здебільшого використовують трапецеїдальні та прямокутні різьби, а у вантажних гвинтах — упорні.

Для зменшення тертя деталі гвинтової пари виготовляють із різнорідних матеріалів. Для ходових гвинтів застосовують конструкційні вуглецеві сталі, а за потреби гартування до високої твердості — інструментальні вуглецеві сталі марок У10 і У12 або стійкі проти спрацювання сталі марок 65Г, ХВГ та ін. Гайки виготовляють із чавуну, олов'яної бронзи марки Бр.ОФ 10-0,5 або цинково-свинцевої бронзи марки Бр.ОЦС 6-6-3. Коефіцієнт корисної дії (ККД) таких пар досягає значень 0,80–0,95.

Залежно від характеру тертя під час переміщення деталей розрізняють гвинтові передачі ковзання, кочення і гідростатичні. Перевагою **гвинтових передач кочення** (рис. 14.1, а) є високий ККД (0,9) і зменшення радіальних та осьових зазорів, що дає змогу підвищити точність переміщення вузлів. **Гідростатичні передачі** (рис. 14.1, б) забезпечують роботу гвинтової пари практично без тертя, а значення ККД досягає 0,99.

Основними вимогами, які висувають до гвинтових механізмів, є:

- забезпечення високої точності виготовлення передачі;
- вісь гвинта має бути паралельною до напрямних;
- вісь гвинта не повинна зміщуватися за будь-якого розміщення гайки;
- вісь гайки має збігатися з віссю гвинта.

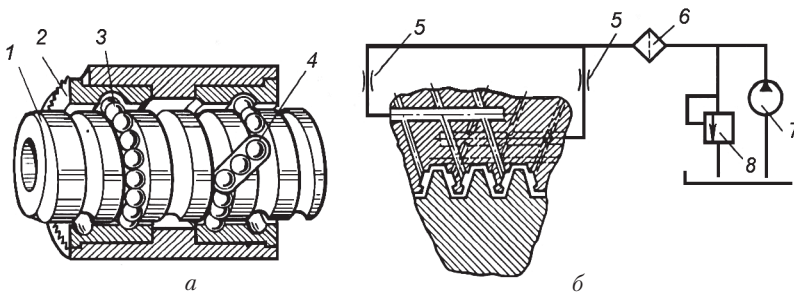


Рис. 14.1. Гвинтові передачі:

а — кочення; б — гідростатична; 1 — гвинт; 2 — гайка; 3 — кулька; 4 — вкладиш;  
5 — регулятори тиску; 6 — фільтр; 7 — насос; 8 — зливний клапан



В умовах, коли привід працює, а гвинтовий механізм має бути вимкненим, передбачають спеціальні пристрої, які дають змогу з'єднувати гвинтову пару, або роз'єднувати її, або взагалі відключати весь механізм від приводу. Для цього гайку робочого гвинта роблять *розрізною*, вона складається із двох половин.

## 14.2. Складання гвинтових механізмів

Перед складанням усі деталі гвинтового механізму промивають, просушують, проводять контроль «на фарбу» і припасування опорних поверхонь, перевіряють легкість переміщення та плавність ходу гайки по гвинту.

*Складання гвинтового механізму виконують у такій послідовності:*

- установлюють гвинт 1 в опорах А і Б (рис. 14.2, а);
- складають гайку 2;
- регулюють зібраний механізм;
- перевіряють якість складання.

У конструкції гвинтового механізму (рис. 14.2, б) хвостовик 6 обертається від коробки передач. Один кінець ходового гвинта 9 з'єднаний із хвостовиком муфтою 7, а другий кінець гвинта обертається у втулці 18 підшипника. Гвинт приєднують до хвостовика кінцевими штифтами 8. При цьому муфту 7 знімають із хвостовика 6 і напресовують на кінець гвинта 9. Потім за отвором муфти у гвинті свердлять отвір під штифт і разом розвальцьовують. В отвір установлюють штифт 8 і другий кінець гвинта розміщують у підшипнику.

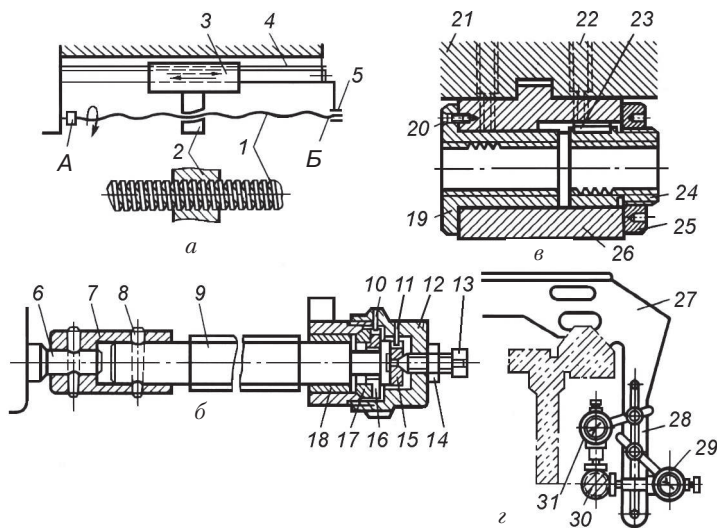


Рис. 14.2. Передача ходовий гвинт–гайка:

- а – схема передачі; б – конструкція ходового гвинта; в – конструкція гайки ходового гвинта; г – схема контролю складання передачі; 1, 30 – гвинти; 2 – гайка; 3 – повзун; 4 – напрямні; 5 – підшипник; 6 – хвостовик; 7 – муфта; 8, 10, 11 – штифти; 9 – ходовий гвинт; 12 – кришка; 13 – регулювальний гвинт; 14 – контргайка; 15 – упорна п'ята; 16 – упорна шайба; 17 – сферичне кільце; 18, 19, 24 – втулки; 20, 22 – гвинти; 21 – повзун; 23 – шпонка; 25 – регулювальна гайка; 26 – корпус гайки ходового гвинта; 27 – контрольне пристосування; 28 – мостик; 29, 31 – індикатори

До втулки 18 підганяють шийку гвинта, а потім складають упорну частину цього підшипника. На гладкий кінець гвинта, який виступає з втулки 18, установлюють сферичне кільце 17 та упорну шайбу 16 із радіальним прорізом. Штифти 10 і 11 запресовують у кришку 12 і вводять упорну п'яту 15 так, щоб її шліц на зовнішній поверхні опирався на виступний кінець штифта 11. Головку накручують на різьбу корпусу підшипника. Кінець штифта 10 має міститися в шліці упорної шайби 16. Потім у головку закручують регулювальний гвинт 13 із контргайкою 14.

Далі починають складання гайки ходового гвинта (рис. 14.2, в). Для цього шип корпусу 26 гайки підганяють до паза повзуна 21 (шип має входити в паз щільно без гойдання). У корпус 26 гайки запресовують бронзову втулку 19 і закріплюють її гвинтом 20. З іншого боку корпусу гайки встановлюють рухому різьбову втулку 24 за допомогою шпонки 23. Втулку 24 підганяють до корпусу 26 гайки так, щоб її легко можна було зміщувати вздовж осі без гойдання. На зовнішній різьбі втулки 24 встановлюють регулювальну гайку 25, за допомогою якої втулка 24 переміщується в осьовому напрямку.

Після складання гайку встановлюють на гвинт. Для цього ходовий гвинт 9 виймають із підшипників і накручують на нього гайку. Гвинт з гайкою встановлюють уведенням шипа корпусу 26 гайки в паз повзуна 21 і закріплюють гвинтами 22. Потім гвинтами закріплюють корпус підшипника.

Для забезпечення паралельності осі гвинта щодо напрямних станини перед остаточним установленням гвинта регулюють підшипник (рис. 14.2, г). За допомогою струбцин підшипник закріплюють на станині; на напрямні встановлюють пристосування 27 і, користуючись розташованими на мостику 28 індикаторами 29 і 31, визначають паралельність осі гвинта 30 щодо напрямних станини. Вимірювання виконують на двох кінцях гвинта в точках А і Б (рис. 14.2, а).

Осьове переміщення гвинта визначають індикатором, який установлюють у різьбовий отвір регулювального гвинта 13. Після цього знімають індикатор, закручують гвинт на  $\frac{1}{4}$  оберту для встановлення зазору в упорному підшипнику. Мертвий хід регулюють осьовим переміщенням різьбової втулки 24, обертючи регулювальну гайку 25, що встановлена на зовнішній різьбі втулки.

Передача гвинт–гайка кочення (див. рис. 14.1, а; с. 211) забезпечує підвищену осьову жорсткість і рівномірніший рух веденої ланки. Гвинт 1 і гайка 2 мають спеціальні різьби, між якими встановлюють кульки 3. Для циркуляції кульок у межах одного витка різьби дві сусідні впадини гайки з'єднують каналом у формі вкладиша 4.

Регулювання зазорів виконують поворотом напівгайки сегментом. Через наявність зазорів гвинтові механізми мають мертвий хід, коли під час повороту гвинта на певний кут гайка та зв'язаний з нею повзун не переміщуються.

### 14.3. Складання ексцентрикових механізмів

**Ексцентрикові механізми** — це механізми, які використовують для перетворення обертового руху на зворотно-поступальний і навпаки, коли потрібно створити великий тиск за малого ходу повзуна. Ексцентрикові механізми застосовують у штампувальних пресах, молотах, різноманітних верстатах, у клапанних і золотникових пристроях двигунів внутрішнього згорання.

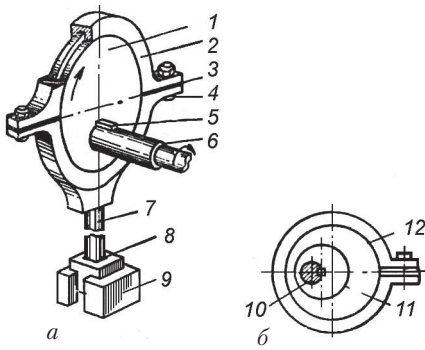


Рис. 14.3. Ексцентрикові механізми:

- a* — загальний вигляд; *б* — подвійний ексцентрик; 1 — ексцентрик; 2 — хомут; 3 — прокладка; 4 — гайка; 5 — шпонка; 6, 10 — вали; 7 — тяга; 8 — повзун; 9 — напрямні; 11 — внутрішній ексцентрик; 12 — зовнішній ексцентрик

Ексцентрики бувають *суцільні* та *рознімні*. Складання ексцентрикового механізму починають із посадки ексцентрика 1 (рис. 14.3, *a*) в ексцентриковий хомут 2. Зазор між ними регулюють, установлюючи між площинами роз'єму хомута прокладки-компенсатори 3. Цей зазор перевіряють щупом і затягують гайку 4 та контргайку. За допомогою прокладок можна забезпечити потрібну точність складання без пригінки деталей за місцем. У разі спрацювання робочих поверхонь хомута частину прокладок знімають для забезпечення потрібного зазору між диском і хомутом. Сумарна товщина прокладок між частинами хомута 2 має бути однаковою. Шпонку 5 щільно запресовують на валу 6. Наприкінці складання тягу 7 з'єднують із повзуном 8 і встановлюють механізм у напрямні 9. Після мащення ексцентрика перевіряють плавність ходу механізму. Складений на валу ексцентрик контролюють на торцеве биття, яке не повинне перевищувати 0,05–0,07 мм на 1000 мм діаметра ексцентрика.

В ексцентриковому механізмі осі вала й ексцентрика не повинні збігатися; відстань між ними називають **ексцентриситетом**. Значення ексцентриситету визначають радіусом кривошипа, функції якого виконує ексцентрик.

За потреби змінити або регулювати довжину ходу механізму використовують подвійний ексцентрик (рис. 14.3, *б*).

Ексцентриковий механізм із двома ексцентриками дає змогу регулювати ексцентриситет, а отже, і поздовжній хід механізму. Внутрішній ексцентрик 11 установлений на валу 10 за допомогою шпонки й охоплюється зовнішнім ексцентриком 12, який можна повертати й закріплювати в різних положеннях. Це зумовлює зміну ексцентриситету й довжини ходу повзуна.

Ексцентрики виготовляють із чавуну або вуглецевої сталі. Для зменшення тертя між ексцентриком і хомутом поверхню хомута заливають бабітом.

Під час складання ексцентрикових механізмів важливо забезпечити перпендикулярність осі вала ексцентрика до напрямних повзуна. Відхилення від перпендикулярності може призвести до підвищеного спрацювання ексцентрика, повзуна й напрямних.

#### 14.4. Складання кулісних механізмів

**Кулісні механізми** — це такі, що призначені для перетворення обертового руху вала у зворотно-поступальний рух, але їхній повзун здійснює прямий та зворотний ходи з різною середньою швидкістю. Швидкість зворотного ходу більша за швидкість прямого ходу (зворотний хід холостий). Крім того, у кулісних механізмах можна змінити довжину ходу повзуна. Завдяки таким перевагам їх

використовують у поперечно-стругальних і довбальних верстатах, у парових та інших машинах.

Основна деталь кулісного механізму (рис. 14.4) — це куліса 1, яка розміщена на осі 12 і гойдається відносно неї. Позаду куліси насаджений кривошипний диск 4. У ньому є радіальний паз, у якому може переміщуватися палець 2 кривошипа. Це переміщення здійснюється за допомогою гвинта 3, що приводиться в рух валиком 6 через кінчні зубчасті колеса 13 і 14. Диск 4 своїм хвостовиком розміщений у стінці станини 5 і приводиться в рух зубчастим колесом 10 від приводу. На палець 2 насаджений камінь (сухар) 15, який входить у поздовжній паз куліси. Під час обертання кривошипного диска сухар змушує кулісу гойдатися навколо своєї осі, а сам переміщується вздовж паза куліси. Верхній палець куліси вільно з'єднується з повзуном верстата та змушує його виконувати зворотно-поступальний рух по горизонтальних напрямних.

Кулісу, кривошипний диск і сухар виготовляють із чавуну, а пальці, валіки, осі та зубчасті колеса — із сталі.

Під час складання кулісного механізму кривошипний диск 4 з'єднують із вкладишем 7, в отвір якого вставляють валик 6. На кінець валика за допомогою шпонки встановлюють кінчне зубчасте колесо 14. Гвинт 3 закручують в отвір пальця 2 кривошипа. На другому кінці гвинта (де немає різьби) встановлюють шпонку та з'єднують кінчне зубчасте колесо 13 із зубчастим колесом 14. Коли палець 2 увійде в паз кривошипного диска, гвинт 3 закріплюють гайкою. Після цього весь вузол хвостовиком диска 4 вставляють в отвір станини 5, а на вісь 12 куліси надівають втулку 11. На неї встановлюють кулісу 1. На осі 12 за допомогою шпонки закріплюють зубчасте колесо 10. У поздовжній паз куліси вставляють сухар 15, а весь вузол з'єднують із кривошипним диском. При цьому вісь 12 має ввійти у відповідний отвір станини, а головка куліси — у паз повзуна. Потім палець 2 вставляють в отвір сухаря 15 і закріплюють гвинтом. На кінець хвостовика

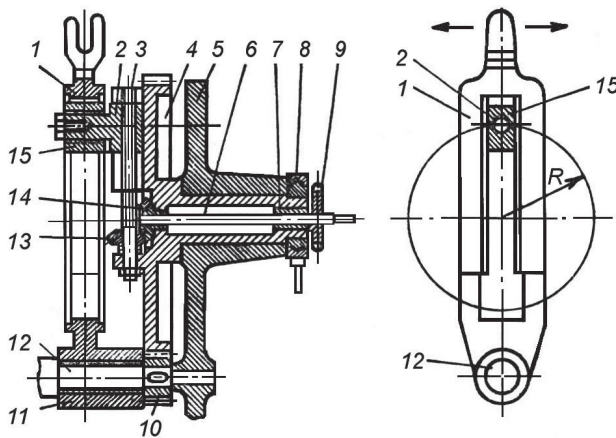


Рис. 14.4. Кулісний механізм:

- 1 — куліса; 2 — палець; 3 — гвинт; 4 — кривошипний диск; 5 — станина; 6 — валик;  
7 — вкладиш; 8 — ексцентрик механізму подачі; 9 — стопорна гайка; 10 — зубчасте колесо  
приводу; 11 — втулка; 12 — вісь; 13, 14 — зубчасті колеса; 15 — сухар

вика кривошипного диска надівають ексцентрик механізму подачі 8, а на різьбу валика 6 накручують стопорну гайку 9.

Після складання механізм зміни довжини ходу повзуна регулюють, змінюючи радіус  $R$  кривошипного пальця (ексцентриситету). Для цього рукоятку встановлюють на квадратний кінець валика 6 і, обертаючи її, передають рух гвинту 3 через зубчасті колеса 13 і 14. Унаслідок цього гвинт 3 переміщує палець 2 вздовж кривошипного диска й змінює ексцентриситет. Найбільший хід буде за найбільшого ексцентриситету.

Для правильного складання напрямні куліси мають міститися в площині, перпендикулярній до осі 12. Їхню перпендикулярність перевіряють рівнем, а перпендикулярність торця кривошипного диска 4 до осі 12 контролюють індикатором.

Після складання вушко куліси з'єднують із повзуном верстата та проводять випробування на холостому ходу, а потім під навантаженням.

### 14.5. Складання храпових механізмів

**Храпові (зубчасті) механізми** — це механізми, призначені для періодичної подачі різального інструменту, зміни обертання з робочого ходу на холостий і навпаки, утримання вантажів під час їхнього підйому чи опускання, для самозатискання патронів тощо.

У храповому механізмі з автоматичною подачею стола поперечно-стругального верстата (рис. 14.5, а) кривошипний диск 6 установлений на ведучому валу 8, який приводить у дію кулісу верстата. Частота обертання вала 8 збігається з частотою обертання кривошипного диска. Отже, подача стола здійснюється один раз за подвійний хід повзуна, тобто під час його зворотного ходу. Палець 7 закріплюють у Т-подібному пазу кривошипного диска за допомогою гайки. Його

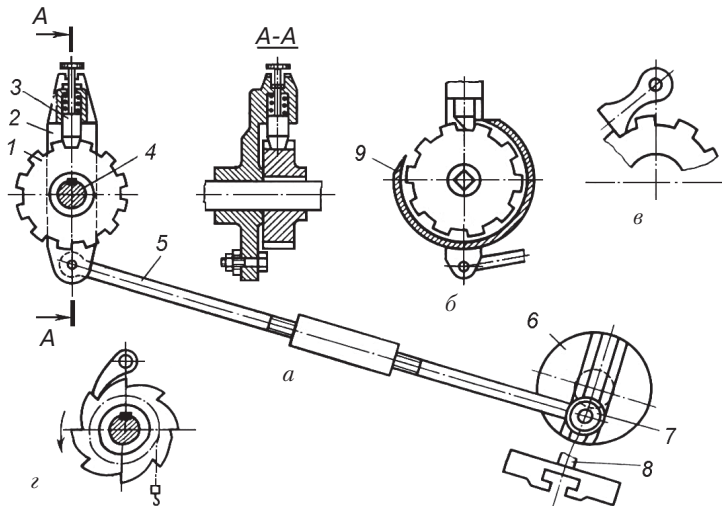


Рис. 14.5. Храпові механізми:

- а — із змінним радіусом кривошипа; б — з постійним радіусом кривошипа;
- в, з — з перекидною собачкою; 1 — храпове колесо; 2 — важіль; 3 — собачка;
- 4, 8 — вали; 5 — шатун; 6 — кривошипний диск; 7 — палець; 9 — щиток

можна вручну переміщувати вздовж паза, змінюючи радіус кривошипа. Шатун 5 одним кінцем з'єднаний із важелем 2, іншим — із пальцем 7. Важіль вільно встановлений на валу 4, на якому за допомогою шпонки закріплене храпове колесо 1. На важелі 2 міститься собачка 3, що пружиною притискається до храпового колеса та своїм кінцем входить у його впадину.

У такій конструкції храпового механізму подачу регулюють зміною радіуса кривошипа, залежно від якого змінюється й кут гойдання собачки, тобто кількість захоплених зубів храпового колеса, а отже, і кут повороту ходового гвинта.

У храпових механізмах із постійним радіусом і, відповідно, з постійним кутом гойдання собачки (рис. 14.5, б) є щиток 9, який повертається і закриває частину зубів храпового колеса. Тому собачка частково ковзає по щитку й захоплює різну кількість зубів. Крім собачок із пружиною, використовують перекидні собачки (рис. 14.5, в, г). За однієї подачі зуби храпового колеса роблять скошеними, а собачку однією (у вантажопідійомних пристроях). Під час підйому вантажу собачка ковзає по зубах, а в разі зупинки — упирається в зуб, запобігаючи самовільному опусканню вантажу.

Під час складання храпового механізму (рис. 14.5, а) вали 4 і 8 установлюють у підшипники. Потім з'єднують важіль 2 із собачкою 3, попередньо розмістивши в гнізді пружину. В отвір стрижня собачки ставлять стопорний штифт і на кінець стрижня встановлюють головку. Потім складений важіль вільно розміщують на валу 4 і за допомогою шпонки на нього встановлюють храпове колесо 1. Другий кінець важеля 2 болтом з'єднують із лівою половиною шатуна 5, на кінець якого накручують з'єднувальну муфту. Після цього на вал 8 установлюють кривошипний диск 6, а кінець шатуна шарнірно з'єднують із пальцем 7. Головку пальця вводять у Т-подібний паз диска й фіксують гайкою. Коли штифт увійде в глибокий проріз, собачка має впертися у впадину між зубами храпового колеса, а штифт не повинен доходити до дна прорізу. Якщо штифт увійде в малий поперечний проріз, то він упреться в дно прорізу, а кінець собачки не повинен зачіпати вершини зубів храпового колеса. Складений храповий механізм має забезпечувати подачу в обох напрямках і регулювання їх у межах від одного зуба храпового колеса до тієї кількості зубів, що відповідає максимальному куту гойдання собачки. Роботу механізму перевіряють обертанням вручну, а потім від приводу, установлюючи подачу через один, два, три зуби храпового колеса.

## 14.6. Загальні дані про кривошипно-шатунні механізми

**Кривошипно-шатунні механізми** — це механізми, що призначені для сприймання тиску газів, які утворюються в циліндрах під час згоряння робочої суміші й перетворення прямолінійного зворотно-поступального руху поршня на обертальний рух колінчастого вала й навпаки.

Кривошипно-шатунний механізм (рис. 14.6, а) складається з нерухомих і рухомих деталей: блока циліндрів, головки блока циліндрів і піддона картера, поршнів, поршневих кілець, поршневих пальців, шатунів, колінчастого вала й маховика.

**Блок циліндрів** — це основа двигуна. Усередині блока й на ньому містяться деталі, механізми та прилади двигуна. Блоки автомобільних двигунів найчастіше мають 4, 6 і 8 циліндрів, рідше — 12 і 16. Розміщення циліндрів буває однорядне або V-подібне дворядне з кутом нахилу  $90^\circ$ . Блок циліндрів відливають як одне



ціле з картером двигуна з чавуну або алюмінієвого сплаву. Навколо циліндрів розміщена сорочка охолодження. У самому виливку є впускні та випускні канали з гніздами клапанів, клапанна коробка, де розміщені деталі газорозподільного механізму. Поверхню циліндрів, яку після розточування шліфують, називають *дзеркалом циліндра*. У блоках циліндрів з алюмінієвого сплаву циліндри зроблені у формі вставних гільз. Для збільшення терміну служби двигунів у верхню частину циліндрів, яка найбільше спрацьовується, запресовують короткі вставки із стійкого проти спрацювання чавуну.

Зверху блок циліндрів закритий *головкою* з алюмінієвого сплаву. Головка також має сорочку охолодження та камери згоряння з отворами для свічок запалювання. Герметичності прилягання головки до блока циліндрів досягають установленням метало-азбестової прокладки.

**Піддон картера** — це резервуар для масла, який закриває блок циліндрів знизу, захищаючи деталі двигуна від пилу та бруду. У нижній частині піддона є отвір для випускання масла, який закривають різьбовою пробкою. Піддон кріплять до картера блока циліндрів болтами. Для ущільнення між картером і піддоном установлюють пробкову прокладку.

**Поршень** сприймає тиск газів під час робочого такту двигуна й передає його на шатун. За допомогою поршня здійснюються також допоміжні такти.

Найчастіше поршні відливають з алюмінієвих сплавів, теплопровідність яких у 3–4 рази вища за теплопровідність чавуну. Крім того, поршні з алюмінієвих сплавів легші від чавунних.

Поршень має головку з днищем і напрямні стінки (*юбка*). На циліндричній поверхні головки виточені кільцеві канавки для розміщення поршневих кілець. Усередині поршня є два приливи (*бобишки*) з отворами для встановлення поршневого пальця. Під час роботи двигуна поршень нагрівається та розширюється.

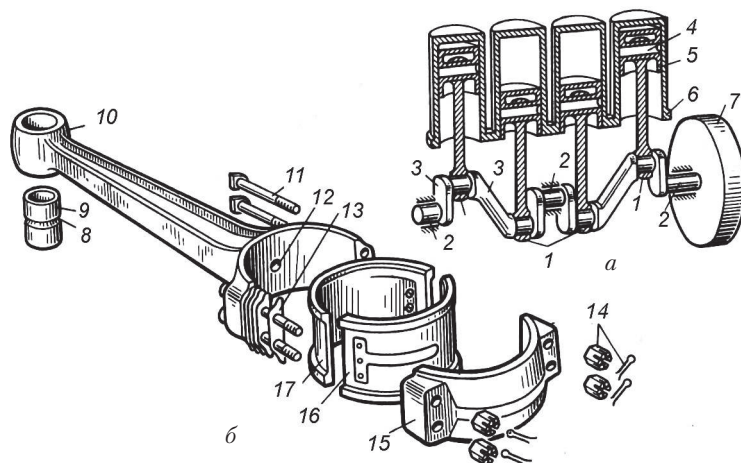


Рис. 14.6. Кривошипно-шатунний механізм:

- a* — загальний вигляд; *b* — будова шатуна; 1 — шатуни; 2 — корінна шийка; 3 — колінчастий вал; 4 — поршневий палець; 5 — поршень; 6 — циліндр; 7 — маховик;  
8 — мастильна канавка; 9 — втулка; 10 — верхня головка шатуна; 11 — болти;  
12 — мастильний отвір; 13 — прокладки; 14 — гайки; 15 — кришка; 16, 17 — вкладиші

Його головка, стикаючись безпосередньо з гарячими газами, нагрівається та розширюється більше, ніж юбка, тому її діаметр роблять меншим. Щоб запобігти заклинюванню поршня в циліндрі, його юбку роблять із розрізом, який може бути П-, Т-подібним або косим. Щоб між поршнем і циліндром був найменший зазор, юбку поршня виготовляють овальною. Більшу вісь овалу розміщують у площині, перпендикулярній до осі пальця, де діють бокові сили, а меншу вісь — у площині поршневого пальця, де в бобишках зосереджено найбільшу масу металу. Тому, нагріваючись, поршень розширюється більше в цьому напрямку й набуває циліндричної форми. Щоб на дзеркалі циліндра не утворювалися задирки, поршні покривають тонким шаром олова.

**Поршневі кільця** виготовляють із сірого чавуну. Їх поділяють на компресійні й маслоснімні. Кільця мають розріз (замок) і внаслідок пружності щільно прилягають до стінок циліндрів. *Компресійні кільця* запобігають просочуванню газів у циліндр, їх установлюють у верхніх канавках головки поршня.

*Маслоснімні кільця* запобігають потраплянню масла в камеру згорання. Їх установлюють нижче від компресійних. Через щілиноподібні прорізи або отвори в цих кільцях і через отвори в канавці поршня зайве масло витискається всередину поршня та стікає в картер. Для підвищення стійкості проти спрацювання верхнє компресійне кільце покривають шаром пористого хрому. Щоб запобігти просочуванню газів, кільця на поршень установлюють розрізом у різні боки.

**Поршневий палець 4** шарнірно з'єднує поршень 5 із шатуном 1. Пальці виготовляють порожнистими із легованої або вуглецевої сталі, загартованої струмами високої частоти. На сучасних двигунах установлюють *плаваючі пальці*, що вільно повертаються в бобишках поршня і у верхній головці шатуна. Осьовому переміщенню такого пальця запобігають два стопорні кільця, які встановлюють у канавки бобишок поршня.

**Шатун (рис. 14.6, б)** з'єднує поршень із шатунною шийкою колінчастого вала й передає зусилля від поршня на колінчастий вал під час робочого такту. Для здійснення допоміжних тактів шатун передає рух поршню від колінчастого вала. Шатуни виготовляють із легованої або вуглецевої сталі. Він має верхню нерознімну головку 10, стрижень двотаврового перерізу й нижню рознімну головку, обидві частини якої з'єднують болтами з гайками, а після затягування шплінтують. У верхню головку шатуна для зменшення тертя запресована бронзова втулка 9, у якій висвердлено отвір для мащення.

Для зменшення тертя та спрацювання шатунних шийок колінчастого вала в нижню рознімну головку шатуна вставляють шатунний підшипник, виготовлений із двох тонкостінних сталевих вкладишів, залитих антифрикційним сплавом. Щоб вкладиші під час роботи двигуна не прокрутилися, на них роблять виступи, що входять у виїмки нижньої та верхньої половин рознімної головки шатуна.

У верхній половині нижньої головки шатуна просвердлено отвір для направлено розбризкування масла на стінки циліндрів і кулачки розподільного вала.

**Колінчастий вал** сприймає зусилля від шатунів і перетворює їх на крутний момент, який потім передається до механізмів трансмісії.

Колінчасті вали штампують із сталі або відливають із магнієвого чавуну. Форма вала залежить від тактності двигуна, кількості циліндрів, їхньої рядності та порядку роботи.

Колінчастий вал має опорні корінні шийки 2, шатунні шийки, щоки й противаги. На задньому кінці вала є фланець з отворами, для кріплення маховика — маслослінна різьба або маслослізний буртик. По центру фланця зроблено заглиблення для встановлення підшипника ведучого вала коробки передач. На передньому кінці вала, який називають *носком*, є шпонкові канавки для кріплення розподільної шестерні та маточини шківів привода вентилятора. У торці носка є отвір із різьбою для встановлення храпового колеса. Для підведення мастила від корінних шийок до шатунних у щоках просвердлено похилі канали.

Противаги зрівноважують відцентрові сили та зменшують вібрацію двигуна. Їх відливають як одне ціле з валом або кріплять до щік вала болтами.

Осьові навантаження колінчастого вала, що виникають під час застосування косозубих газорозподільних шестерень, сприймаються упорними сталевими шайбами, залитими з одного боку бабітом. Ці шайби розміщують по обидва боки переднього корінного підшипника. У корінних підшипниках застосовують тонкостінні вкладиші тієї самої конструкції, що й у шатунних. Для підвищення стійкості проти спрацювання корінні та шатунні шийки піддають поверхневому загартуванню.

Для зменшення маси вала й відцентрових сил шатунні шийки виготовляють порожнистими. Ці порожнини під час обертання колінчастого вала відіграють роль брудовловлювачів. Під час роботи двигуна масло від корінних підшипників по каналу в щоках надходить у порожнини шатунних шийок. Продукти спрацювання, що містяться в маслі, під дією відцентрових сил відкидаються на стінки брудовловлювачів, а очищене масло через отвори в шатунній шийці та вкладишах надходить для мащення шатунного підшипника.

**Маховик 7** має форму диска. Він виводить поршні з мертвих точок, зменшує нерівномірність обертання колінчастого вала, полегшує пуск двигуна. Кінетична енергія маховика використовується також для плавного рухання автомобіля з місця, коли потужність двигуна ще невелика. Маховик виготовляють із сірого чавуну та закріплюють на фланці колінчастого вала несиметрично розміщеними болтами, бо колінчастий вал разом з маховиком і зчепленням динамічно баланують. На маховик насаджено зубчастий вінець, за допомогою якого запускають двигун стартером. Для збільшення махового моменту основна маса металу маховика зосереджена на його ободі.

## 14.7. Складання шатунної групи

Кривошипно-шатунний механізм складається з двох складальних одиниць — шатунної та поршневої. У шатунній групі колінчастий вал з'єднують із поршнем. Складання починають із запресовування втулки 9 у верхню головку 10 шатуна (рис. 14.6, б). Мастильна канавка 8 у втулці, що призначена для подавання масла до поршневого пальця, має міститися проти мастильного отвору 12 шатуна. Отвір втулки розточують, тому що після запресовування її внутрішній діаметр зменшується. Потім складають нижню головку шатуна. Для цього перевіряють паралельність площин роз'єму вкладишів 16 і 17 підшипника ковзання методом контролю «на фарбу». Плями фарби мають розміщуватися рівномірно на обох половинах вкладиша. У разі відхилення від паралельності площини шабрують. Вкладиші не повинні виступати з корпусу шатуна більше ніж на 0,05–0,15 мм. Далі вкладиші 16 і 17 устанавлюють у нижню головку шатуна та його кришку 15.

За допомогою болтів 11 і гайок 14 з'єднують нижню головку з кришкою. Для забезпечення потрібного зазору між вкладишем підшипника нижньої головки шатуна та шийкою колінчастого вала між корпусом шатуна й кришкою встановлюють латунні або мідні прокладки 13. Товщину прокладок вказують у технічних умовах на складання, вона коливається в межах 4–5 мм. Кожна прокладка має товщину до 0,05 мм. Гайки 14 шплінтують, щоб вони не самовідкручувалися.

Після складання розміри й геометричні форми отворів шатуна контролюють мікрометричним нутромірором (рис. 14.7, а).

Прямолінійність шатуна перевіряють за допомогою спеціального пристосування (рис. 14.7, б). Для цього верхню головку 5 шатуна 6 встановлюють на контрольний палець 4 з конусом, а нижню головку — на палець 7 контрольної плити 2 і закручують гвинт 8. На циліндричні пояски пальця 4 встановлюють призму 3 так, щоб штифти, запресовані в корпус призми, дотикалися до контрольної плити 2. За прямолінійності шатуна всі три штифти будуть дотикатися до контрольної плити. Зазор між штифтом і плитою вимірюють щупом 1. Скручення шатуна не повинне перевищувати 0,05 мм.

Для контролю подвійного згину (рис. 14.7, в) шатун закріплюють на кільці 12 контрольної плити 10; обмежувач 9 висувають до упору в торець нижньої головки шатуна й закріплюють гвинтом. Глибиномірором 11 вимірюють відстань від торця верхньої головки до площини плити й, повертаючи шатун на 180°, доводять його до упору торця нижньої головки в обмежувач, після чого повторюють вимірювання. За різницею показів вимірювального інструмента визначають якість шатуна.

Перевірку паралельності осей отворів нижньої та верхньої головок шатуна виконують за допомогою спеціального пристосування (рис. 14.7, г). Шатун 14 нижньою головкою розміщують на розтискній оправці 13, у верхню головку встановлюють палець 15, а на нього — призму 16 із трьома штифтами, які впираються в площину плити 17. Якщо осі не паралельні, один із штифтів не дійде до плити. Зазор між плитою і штифтом має становити 0,03–0,05 мм.

Тріщини шатуна виявляють ультразвуковим або рентгенівським методом.

Для складання кривошипно-шатунних механізмів використовують різні встановлювальні пристрої (див. рис. 4.9, с. 22; 4.12, с. 25).

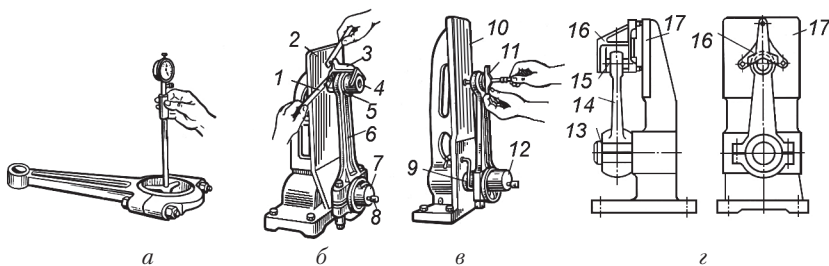


Рис. 14.7. Контроль складання шатуна:

- а — форми і розмірів нижньої головки; б — прямолінійності; в — на подвійний згин;  
 г — паралельності осей отворів; 1 — щуп; 2, 10, 17 — плити; 3, 16 — призми;  
 4, 7, 15 — пальці; 5 — верхня головка шатуна; 6, 14 — шатуни; 8 — гвинт;  
 9 — обмежувач; 11 — глибиномір; 12 — кільце; 13 — розтискна оправка

## 14.8. Складання поршневої групи

Поршнева група кривошипно-шатунного механізму складається із циліндра, поршня 4, поршневих кілець 6, поршневого пальця 3 і деталей ущільнення (рис. 14.8).

Складання поршневої групи починають із підбору поршнів за гільзами циліндрів. У двигунах із кількома циліндрами поршні, крім підбору за розмірами, підбирають за масою (масу вказують на днищі шляхом клеймування). Перед складанням індикаторами детально перевіряють внутрішні діаметри отворів для циліндрів у блоках, а стрічковим щупом — зазор між поршнем і гільзою. Ширину щупа вибирають залежно від зазорів у межах 10–15 мм.

Нормальну роботу деталей можна забезпечити тільки в разі правильного вибору зазору. Якщо зазори недостатні, збільшується тертя, спрацювання спряжених деталей, нагрівання кілець і поршнів. Якщо зазори великі, можливе підгоряння кілець, зменшується потужність. Унаслідок нерівномірного нагрівання поршня розмір зазорів по його висоті неоднаковий. Найменший зазор у холодному стані витримується між циліндром і нижньою частиною поршня; ця частина є для поршня центруючою. Зазор має забезпечувати утворення шару мастильного матеріалу й запобігати заклинюванню поршня в разі його нагрівання. Орієнтовний зазор між поршнем і стінкою циліндра має становити від 0,001 до 0,002 діаметра циліндра для чавунних поршнів і від 0,002 до 0,004 діаметра — для алюмінієвих. Поршневі кільця мають бути певної пружності (зусилля стискання до дотику замка 35–70 Н). За малої пружності кільця нещільно прилягають до циліндра, а за великої — створюють надто великий тиск на нього, що призводить до швидкого спрацювання циліндра й кілець. Перед установленням кілець детально оглядають; тріщини, викривлення та сліди обробки не допускаються.

Для встановлення кілець на поршень використовують спеціальні щипці й робочі пристрої (див. рис. 4.10; с. 23). Велике значення має зазор між торцями кілець, який не повинен перевищувати 0,3–0,8 мм. Перед установленням кілець рекомендовано перевірити розмір зазору між кільцем і стінкою канавки поршня. Замки (стики) поршневих кілець розташовують так, щоб вони були зміщені на кут, кратний кількості кілець (90° — для чотирьох кілець, 120° — для трьох і т. д.). Поршень 4 з поршневими кільцями 6 з'єднують поршневим пальцем 3 з верхньою головкою 2 шатуна 5 (рис. 14.8, а). Поршневий палець змащують маслом і

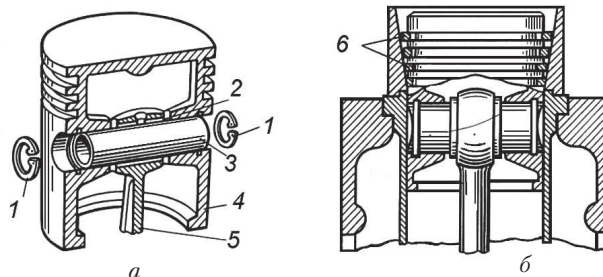


Рис. 14.8. Поршнева група:

- а — будова поршневої групи; б — пристосування для встановлення поршня в циліндр;  
1 — стопорне кільце; 2 — верхня головка шатуна; 3 — поршневий палець;  
4 — поршень; 5 — шатун; 6 — поршневі кільця



вводять, натискаючи на нього (або легкими ударами дерев'яного молотка), в отвір поршня та верхньої головки 2 шатуна. Якщо за умовами роботи палець потрібно установити з натягом, то перед установленням пальця поршень нагрівають у масляній ванні до температури  $+70-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для запобігання осьовому зміщенню пальця його стопорять кільцями 1, які встановлюють у корпусі поршня.

Для встановлення поршня з кільцями в циліндр використовують спеціальне пристосування (рис. 14.8, б) з конічним отвором, менший діаметр якого дорівнює діаметру циліндра, а більший трохи перевищує діаметр поршневого кільця. Пристосування встановлюють на торці циліндра, і, впускаючи поршень, кільця стискаються та легко входять у циліндр.

Загальне складання кривошипного механізму поділяють на складання поршня, попереднє складання шатуна, з'єднання поршня із шатуном і встановлення шатунно-поршневої групи на вал.

### 14.9. Загальні дані про механізми клапанного розподілу

У двигунах сучасних автомобілів застосовують клапанні газорозподільні механізми з нижнім або верхнім розміщенням клапанів (рис. 14.9).

Газорозподільний механізм із нижнім розміщенням клапанів складається з розподільного (кулачкового) вала, привідних шестерень, штовхачів, впускних і випускних клапанів із клапанними пружинами та деталями кріплення.

Газорозподільний механізм з верхнім розміщенням клапанів, крім перелічених вище деталей, має ще штанги й коромисла, розміщені між штовхачами та клапанами. Клапани в таких двигунах містяться в головці блока циліндрів.

Під час роботи двигуна обертальний рух від колінчастого вала через привідні шестерні передається на розподільний вал. Кулачки розподільного вала механізму з нижнім розміщенням клапанів набігають на штовхачі та піднімають їх. При цьому штовхачі тиснуть на клапани й піднімають їх, стискаючи пружини. Верхня частина (головка) клапанів, піднімаючись, відкриває впускні або випускні отвори відповідних каналів. Під час роботи механізму з верхнім розміщенням клапанів штовхач тисне на штангу та піднімає її. Штанга, натискаючи верхнім кінцем на плече коромисла, обертає його навколо осі. Кінець другого плеча коромисла тисне на клапан, який, опускаючись, відкриває отвори відповідних каналів.

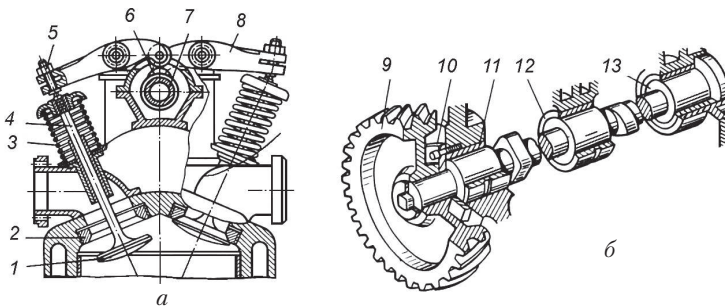


Рис. 14.9. Механізм клапанного розподілу з тарільчастими клапанами:

- a* – клапанна група; *б* – розподільний вал; 1 – тарілка; 2 – сідро; 3 – пружина; 4 – шток клапана; 5 – регулювальний гвинт; 6 – ролик; 7 – кулачок; 8 – коромисло; 9 – зубчасте колесо; 10 – упорний фланець; 11, 12, 13 – втулки



Верхнє розміщення клапанів конструктивно ускладнює будову газорозподільного механізму, але дає можливість створити камеру згоряння вигіднішої форми, унаслідок чого підвищується ступінь стиснення, краще заповнюються циліндри завдяки зменшенню опору для пальної суміші й випуску відпрацьованих газів. Усі ці переваги сприяють підвищенню потужності й економічності двигуна.

**Розподільний вал** (рис. 14.9, б) призначений для відкривання та закривання клапанів у потрібний момент і в послідовності, що забезпечує правильний перебіг робочого циклу двигуна. Його виготовляють із сталі або відливають із спеціального чавуну. Для зменшення спрацювання поверхні тертя вала піддають поверхневому загартуванню, а потім шліфують.

Розподільний вал має кулачки, опорні шийки, гвинтову шестерню привода масляного насоса та переривача-розподільника й ексцентрик для привода паливного насоса.

Розподільний вал установлюють в отвори картера двигуна, у які запресовано сталеві втулки з бабітовою заливкою. На ці втулки вал опирається шийками.

Для кожного циліндра на валу є по два кулачки. На передньому кінці розподільного вала на шпонці насаджено та закріплено болтом чавунну або текстолітову косозубу шестерню, що входить у зачеплення із сталевією шестернею колінчастого вала. Кількість обертів розподільного вала вдвічі менша від кількості обертів колінчастого вала, бо за два оберти колінчастого вала в чотиритактному двигуні кожний клапан має відкритися один раз. Для цього треба, щоб діаметр шестерні розподільного вала був удвічі більшим за діаметр шестерні колінчастого вала.

Початок відкривання і кінець закривання клапанів залежить від розміщення поршня в циліндрі, тому розподільні шестерні з'єднують між собою так, щоб позначки на них збігалися.

Косозубі розподільні шестерні створюють менше шуму, але під час роботи двигуна косі зуби, намагаючись вийти із зачеплення, спричиняють осьове переміщення розподільного вала.

Щоб запобігти цьому, до передньої стінки блока циліндрів двома болтами прикручено сталевий упорний фланець. Товщина фланця менша від товщини розпірного кільця, що розміщене між торцем передньої опорної шийки розподільного вала та маточиною шестерні й забезпечує зазор, потрібний для обертання розподільного вала разом із шестернею.

**Штовхачі** призначені для передавання зусилля від кулачків розподільного вала до клапанів. Штовхачі виготовляють із сталі або чавуну. Їхні робочі поверхні термічно обробляють і шліфують. Для зменшення маси та сил інерції під час роботи штовхач виготовляють порожнистим. Щоб зменшити спрацювання, він має під час роботи прокручуватися. Тому осі штовхачів зміщують щодо кулачків або нижню поверхню тарілки штовхачів роблять випуклою, а вершину кулачків розподільного вала — конусною. Для регулювання зазорів між штовхачем і клапаном у стрижень штовхача газорозподільного механізму з нижнім розміщенням клапанів укрупнено регульовальний гвинт із контргайкою.

**Штанги** призначені для передавання зусилля від штовхача до коромисел у разі верхнього розміщення клапанів. Штанги виготовляють із сталевих або дюралюмінієвих трубок із сталевими наконечниками сферичної форми. Штангу установлюють нижнім кінцем у гніздо штовхача.

**Коромисла** призначені для передавання зусилля (зі зміною його напрямку) від штанг до стрижнів клапанів. Коромисла виготовляють із сталі. Їх установлюють у бронзових втулках шарнірно й на порожнистій осі, закріпленій у стояках на головці блока циліндрів. Для регулювання зазору між стрижнем клапана й коромислом у коротке плече коромисла вкручують регулювальний гвинт із контргайкою або на верхній кінець штанги нагвинчують наконечник із контргайкою.

**Клапани** призначені для відкривання та закривання впускних і випускних отворів, які з'єднують циліндри з відповідними трубопроводами. Виготовляють клапани висадкою з пруткової сталі: впускний — із хромистої, випускний — із сильнохромованої жаротривкої сталі.

Після висадки клапани піддають механічній та термічній обробці.

Клапан складається з головки та стрижня. На нижній частині головки виготовлено скошену під кутом  $45^\circ$  або  $30^\circ$  вузьку кромку, яку називають *робочою поверхнею клапана*. Цією поверхнею клапан прилягає до гнізда, і для герметичності його старанно притирають. Щоб циліндри краще наповнювалися пальною сумішшю, головки впускних клапанів виготовляють більшого діаметра, ніж головки випускних. Стрижень клапана в нижній частині має виточку для деталей кріплення клапанної пружини.

Гнізда випускних клапанів роблять вставними із жаротривкого чавуну, завдяки чому збільшується термін служби блока циліндрів.

**Напрявні втулки** забезпечують точну посадку клапанів у гніздах. Їх виготовляють із чавуну або металокераміки й запресовують у блок чи в головку блока циліндрів (у механізмі з верхнім розміщенням клапанів).

Під час роботи двигуна клапани нагріваються і їхні стрижні подовжуються. Тому для нормальної роботи двигуна як у холодному, так і прогрітому станах між стрижнем клапана та штовхачем має бути певний зазор. Випускний клапан нагрівається більше, ніж впускний, а отже, і зазор між стрижнем випускного клапана та штовхачем має бути більшим. У сучасних двигунах зазор коливається від 0,15 до 0,30 мм — для впускних і від 0,20 до 0,45 мм — для випускних клапанів.

**Пружина** призначена для утримування клапана в закритому стані, а також для щільної посадки його в гнізді. Виготовляють пружини із спеціального сталевого пружного дроту. Для збільшення терміну служби пружини після виготовлення піддають дробоструминній обробці.

Щоб зменшити вібрації та запобігти на великих обертах поломці колінчастого вала, пружини клапанів роблять із змінним кроком. Пружину встановлюють на виступаючий із напрямної втулки кінець стрижня клапана так, щоб одним кінцем вона впиралась у блок. Другий її кінець закріплюють на стрижні клапана шпилькою, уставленою в отвір стрижня клапана, або двома конічними сухарями, що мають розрізи, внутрішній буртик яких входить у кільцеву виточку стрижня клапана.

#### 14.10. Складання механізмів клапанного розподілу

Складання механізму клапанного розподілу починають із запресовування втулок 11, 12 і 13 (рис. 14.9, б) за допомогою преса або спеціального пристосування. Канавки для мащення на втулках мають розташовуватися точно навпроти мастильних отворів у блоці циліндрів. Після запресовування втулки стопорять

від прокручування гвинтами, а отвори розвертають для відновлення посадочних розмірів. Відхилення форми отвору від циліндричності не повинне перевищувати 0,04 мм. Упорний фланець 10 установлюють для запобігання осьовому зміщенню вала під впливом осьових сил, які виникають у зубчастому зачепленні з косозубою зубчастою передачею. Товщину фланця підбирають такою, щоб осьове зміщення вала не перевищувало 0,1–0,25 мм. Зубчасте колесо 9 установлюють на валу з натягом або зазором. Розподільний вал із зубчастими колесами та фланцем установлюють у підшипники, а фланець закріплюють гвинтами. Після складання перевіряють радіальне биття за зовнішнім діаметром зубчастого колеса й регулюють розподільний вал за колінчастим.

Для забезпечення нормальної роботи розподільного механізму велике значення має щільність прилягання клапана до сідла. Потрібної щільності досягають шліфуванням фасок клапанів і чистовою обробкою сідла клапана в корпусі двигуна (див. рис. 7.47; с. 96). Клапан притирають до сідла за допомогою дрібнозернистих абразивних порошоків і паст, поки по всьому колу не з'явиться матова смуга завширшки 1,5–3 мм (ця смуга має бути на сідлі клапана та на його фасці). Притирання виконують уручну дрелями або на спеціальних верстатах. Через неякісне притирання виникає витікання газів і швидке прогоряння сідла клапана. Для перевірки якості притирання клапанів наливають гас. За високої якості притирання гас не буде просочуватися між клапаном і сідлом. Для притирання використовують пасту, виготовлену з наждачного порошку й суміші гасу та веретенного масла, пасту ДОО або пасту із синтетичних алмазів. Процес притирання вважають завершеним, якщо робочі поверхні мають суцільну матову смугу (див. підрозділ 7.13).

### Запитання та завдання

1. Яке призначення гвинтових механізмів?
2. Назвіть особливості будови гвинтових механізмів.
3. Як виконують складання гвинтових механізмів?
4. З яких деталей складають ексцентрикові механізми?
5. Охарактеризуйте технологію складання ексцентрикових механізмів.
6. Яка будова кулісних механізмів?
7. Як складають кулісні механізми?
8. Охарактеризуйте храпові механізми.
9. Як виконують складання храпових механізмів?
10. Для чого призначений кривошипно-шатунний механізм?
11. Охарактеризуйте будову кривошипно-шатунних механізмів.
12. Як виконують складання шатунної групи?
13. Охарактеризуйте технологію складання поршневої групи.
14. Укажіть основні частини механізму клапанного розподілу.
15. За допомогою яких матеріалів клапан притирають до сідла?
16. Як перевіряють якість притирання клапана до сідла?
17. Коли процес притирання вважають завершеним?

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ ПРИВОДІВ І ПЕРЕДАЧ

### 15.1. Загальні дані про гідроприводи

**Гідравлічний привід** — це система механізмів, які за допомогою рідини передають зусилля та рух до робочих частин машин. Гідроприводи використовують у гальмівних пристроях, у верстатах для передавання головного руху й подачі, для закріплення заготовок тощо. Їхні силові пристрої (насоси, робочі циліндри), апаратура керування та трубопроводи з'єднані між собою в єдину гідравлічну систему.

У гідроприводі проходить подвійне перетворення енергії: механічна енергія перетворюється на енергію рухомої рідини, яка потім перетворюється на механічну енергію та передає її силовому органу. *Насос* подає робочу рідину (масло) у систему завдяки витратам механічної енергії (електродвигуна та ін.). *Гідродвигун* (силовий орган) призначений для перетворення енергії рухомої рідини, що виробляється насосом, на механічну. Створений насосом тиск забезпечує гідродвигун необхідною енергією, а рух рідини надає йому потрібної швидкості. Насос і гідродвигун зв'язані з механізмом керування трубопроводами. Зміна швидкості гідродвигуна досягається зміною кількості рідини, що надходить за одиницю часу в силовий орган. Зміна прискорення гідродвигуна здійснюється зміною тиску в насосі, а зміна напрямку руху потоку рідини — реверсуванням.

Роботу насоса й гідродвигуна забезпечують трубопроводи, апаратура контролю тиску й кількості масла в системі (клапани, регулятори), розподільні (золотники, крани) і допоміжні (фільтри, відстійники, резервуари) пристрої.

Як робочу рідину, що передає тиск і швидкість гідродвигуна, використовують масла різних марок: індустріальне-12 (веретенне-2), індустріальне-20 (веретенне-3), індустріальне-30 (машинне-Л).

Основною перевагою гідроприводів є безступінчасте регулювання в широких межах швидкостей та подач робочих механізмів машин. Такі приводи прості й легкі в керуванні, здатні передавати великі зусилля за невеликих розмірів механізмів, довговічні в роботі.

У **гідравлічному приводі прямолінійного руху** (рис. 15.1, а) насос 2 засмоктує масло з бака 1 і нагнітає його в циліндр 3 гідродвигуна. Масло надає робочий прямолінійний рух штоку 4. У **гідроприводі обертового руху** (рис. 15.1, б) насос засмоктує масло з бака 1 і нагнітає його в гідродвигун 2, який передає робочий обертовий рух шпинделю 3 машини.

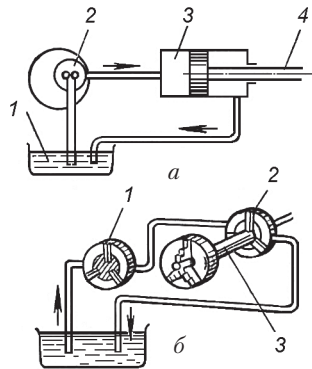


Рис. 15.1.

Схеми гідроприводу:

- а — прямолінійного руху:  
 1 — бак; 2 — насос; 3 — циліндр;  
 4 — шток; б — обертового руху:  
 1 — насос; 2 — гідродвигун;  
 3 — шпиндель

Гідросистеми бувають із відкритим або закритим потоком циркулюючого в них масла. У системі з відкритим потоком відпрацьоване масло витискується з гідроциліндра в резервуар, звідки знову засмоктується насосом для наступних циклів роботи. У такій простій конструкції масло охолоджується краще.

## 15.2. Будова та складання насосів

**Насоси** — це пристрої, призначені для засмоктування рідини та нагнітання її в гідросистему. Вони є головним елементом гідросистеми й забезпечують переміщення рідини по трубопроводах на задані висоту й відстань, створюють тиск у замкненій системі гідропроводу.

За способом передавання рідині енергії насоси поділяють на *об'ємні* (поршневі, пластинчасті, гвинтові, шестеренчасті) і *центробіжні*.

Основними характеристиками насосів є подача, напір, потужність, висота засмоктування та ККД. *Подача*  $Q$  — це кількість рідини, що подається насосом за одиницю часу ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , л/с). *Напір* — це максимальна висота, на яку піднімається рідина над поверхнею відліку. *Потужність* споживання завжди більша за корисну, тому що витрачається на роботу переміщення частин насоса. Відношення корисної потужності до споживаної називають *коефіцієнтом корисної дії насоса* (ККД поршневих насосів становить 0,6–0,92; пластинчастих, шестеренчастих і гвинтових — 0,7–0,85). *Висота засмоктування* становить 5–6 м.

**Поршневі насоси** відрізняються кількістю поршнів, подачею та тиском.

*Горизонтальний поршковий триплунжерний насос* (рис. 15.2) складається з частини низького тиску А, перемикаючого золотника В, частини високого тиску В і

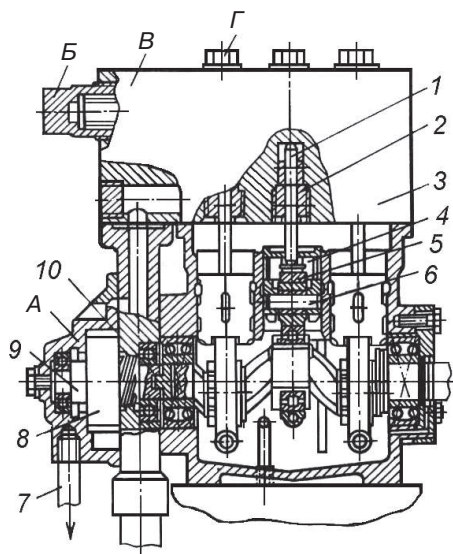


Рис. 15.2. Поршковий насос:

- 1 — поршень; 2 — пробка; 3 — корпус;
- 4 — кроцкопф; 5 — шатун; 6 — палець;
- 7, 8 — зубчасті колеса; 9 — вісь;
- 10 — колінчастий вал

клапанної коробки Г. Частина низького тиску складається з двох зубчастих коліс 7 і 8, одне з яких установлене на осі 9, з'єднаній з колінчастим валом 10. Ця частина насоса постачає велику кількість масла й забезпечує холостий хід поршня. Трипоршнева частина високого тиску призначена для створення тиску в гідросистемі. Поршні 1 ущільнені чавунними пробками 2 у корпусі 3. Чавунні кроцкопфи 4 за допомогою сталевих пальців 6 з'єднані з шатунами 5. Клапанна коробка забезпечує подачу масла до виходу з насоса в заданій послідовності.

Складання поршневих насосів зводиться до забезпечення необхідної точності спряження поршня 1 і циліндра. Детально притерті до циліндра поршні мають входити в нього щільно, без гойдання, щоб вони могли опуститися в циліндрі під власною масою. Овальність і конусність поршнів не повинна перевищувати 0,005 мм, а циліндрів — 0,01 мм.



Через те, що поршні й циліндри невзаємозамінні, їх під час складання клеймують, щоб не сплутати. Усмоктувальні й нагнітальні клапани мають бути якісно притерті до своїх гнізд. Заключним етапом складання є встановлення сальників та ущільнювачів.

**Шестерінчасті насоси** низького тиску використовують у мастильних системах і системах охолодження, а високого тиску (до 120 МПа) — у гідравлічних системах.

Шестерінчасті насоси складаються з однієї або двох пар зубчастих коліс 1 (рис. 15.3), які встановлюють на осях у корпусі 8. Під час обертання зубчастих коліс масло з усмоктувальної порожнини А, потрапляючи між зубами коліс і стінкою корпусу, надходить у нагнітальну порожнину В. Поверненню масла в порожнину А перешкоджають зуби коліс, які перебувають у зачепленні.

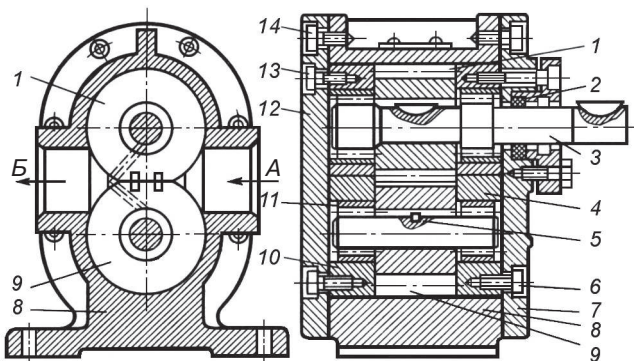


Рис. 15.3. Шестерінчастий насос:

1, 9 — зубчасті колеса; 2, 7, 12 — кришки; 3 — валик; 4, 10 — вкладиші; 5 — штифт;  
6, 13, 14 — гвинти; 8 — корпус; 11 — втулка

Складання шестерінчастих насосів починають із підбору зубчастих коліс. Від точності зубчастого зачеплення залежить працездатність насоса, тому що в разі похибок у зачепленні об'єм впадин одного зубчастого колеса не повністю заповнюється зубом іншого зубчастого колеса й рідина частково повертається у всмоктувальну порожнину. Тому ці зазори мають бути мінімальними й визначатися точністю зубчастого зачеплення. Підібравши зубчасті колеса, починають складання насоса.

Спочатку у вкладиші 4 і 10 запресовують втулки голчастих (або роликових) підшипників. Після цього лівий вкладиш запресовують у корпус 8. Із зовнішнього боку вкладиша встановлюють просочену маслом або нітролаком паперову прокладку й кришку 12, яку закріплюють гвинтами 13 і 14. У валик 3 запресовують штифт 5 і встановлюють зубчасте колесо 9. Зубчасте колесо 1 за допомогою сегментної шпонки встановлюють на другий валик. Внутрішню поверхню втулки 11 змащують солідолом і в отвір вставляють монтажний вал, установлюючи в зазор між валом і втулкою голки підшипника. Після витягування монтажного вала голки утримуються шаром солідолу. Правий вкладиш приєднують гвинтами до кришки 7, установлюють просочену паперову прокладку й за допомогою монтажного вала складають голчастий підшипник. Установлюючи зубчасті колеса, пере-



віряють зазори в зачепленні та висоту корпусу, що виступає над колесами. Потім на місце кришки 7 із вкладишами монтують сальникове ущільнення.

Якість складання перевіряють на плавність ходу, подачу, об'ємний ККД за допомогою спеціального стенда.

**Пластинчасті насоси** призначені для створення тиску 3–7 МПа і нагнітання масла в гідросистему. Вони складаються з чавунного корпусу 9 і кришки 6 (рис. 15.4). У них умонтований сталевий статор 7, на поверхні якого ковзають лопатки 13. На шліцьовому валу 11 установлений ротор 3. До торців ротора та статора притиснуті розподільні диски 5 і 8, у яких є всмоктувальні 12 і нагнітальні 14 вікна. Під час обертання ротора 3 завдяки центробіжним силам лопатки притискаються до внутрішньої поверхні статора. За один оберт ротора 3 здійснюється два цикли всмоктування. Щоб масло не витікало між корпусом і кришкою, установлюють кільце 2, а вал ущільнюють гумовими манжетами.

Складання пластинчастого насоса починають з установлення розподільного диска 8 у корпус 9, а потім запресовують статор 7. Після цього правий підшипник напресовують на вал 11 і встановлюють їх у корпус 9. Фланець 10 установлюють на корпус і кріплять гвинтами. На вал 11 насаджують ротор 3 з лопатками 13, а на ротор — розподільний диск 5. Потім на вал 11 установлюють лівий підшипник. Розподільні диски 8 і 5 фіксують щодо корпусу штифтом. Ущільнювальне кільце 2 і кришку 6 установлюють так, щоб отвір кришки збігався із штифтом. Після цього, закріпивши кришку 6 гвинтами, установлюють у неї штуцер 4, через який масло зливається в бак.

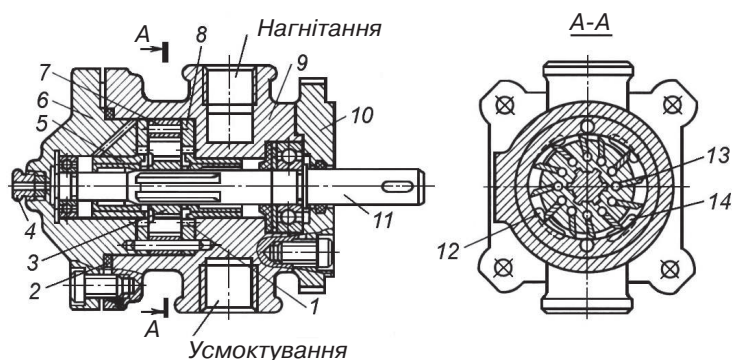


Рис. 15.4. Пластинчастий насос:

- 1 — отвір для подачі масла; 2 — ущільнювальне кільце; 3 — ротор; 4 — штуцер;  
5, 8 — розподільні диски; 6 — кришка; 7 — статор; 9 — корпус; 10 — фланець;  
11 — вал; 12, 14 — всмоктувальні та нагнітальні вікна; 13 — лопатки

Після складання повертають вал і перевіряють силу та рівномірність затягування гвинтів. Ротор має крутитися легко й плавно.

**Гвинтові насоси** вирізняються здатністю нагнітати рідини різної в'язкості, великою частотою обертання, безшумністю роботи, малими розмірами та простотою конструкції. Робочим органом гвинтових насосів (рис. 15.5) є ротор 5 із витками, що утворюють гвинтову лінію. Цей насос має три ротори: один (5) є ведучим, а решта (3 і 9) — ведені. Гвинтові ротори двозахідні із циклоїдним про-

філем. На торцевих поверхнях роторів розміщені всмоктувальна 4 і нагнітальна 10 камери. Циліндричну частину кожного ротора щільно охоплює корпус 7.

Рідина з усмоктувальної камери надходить у гвинтову впадину ротора, яка під час обертання перекривається витками інших роторів, проштовхуючи її у напірну камеру; ця камера розмикається і рідина проштовхується в напірну магістраль гідроприводу.

Робота гвинтового насоса є надійною, якщо рідина з нагнітальної камери не перетікає у всмоктувальну. Для цього виконують герметичне ущільнення гвинтових впадин під час зачеплення витків роторів і припасування витків по їхній зовнішній поверхні до обойми 2 ротора.

Під час складання гвинтового насоса в корпус 7 встановлюють упорну втулку 8 ущільнювального сальника, яка одночасно є підшипником ковзання ротора. Після цього встановлюють ведучий ротор 5, натискну втулку 6 ущільнювального сальника, закріплюючи її гвинтами, та обойму 2 роторів, у яку вставляють ведені ротори 3 і 9. На кришці 1 монтують розвантажувальні поршні 11 і 13 ведених роторів і поршень 12 ведучого ротора. Потім на корпус встановлюють кришку 1 із прокладкою та кріплять її гвинтами.

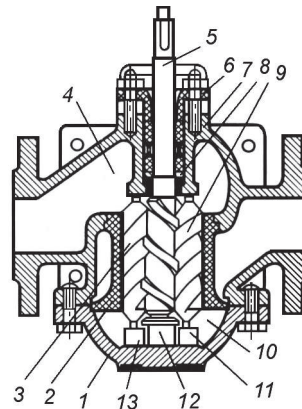


Рис. 15.5. Гвинтовий насос:

- 1 – кришка; 2 – обойма;
- 3, 9 – ведені ротори;
- 4, 10 – усмоктувальна та нагнітальна камери;
- 5 – ведучий ротор;
- 6, 8 – натискна та упорна втулки ущільнювального сальника; 7 – корпус;
- 11, 13 – розвантажувальні поршні ведених роторів;
- 12 – розвантажувальний поршень ведучого ротора

### 15.3. Будова та складання елементів гідроприводу

**Силові гідроциліндри** – це пристрої, призначені для перетворення енергії рідини на механічну енергію зворотно-поступального або обертового руху робочих органів обладнання. Їх поділяють на *поршневі* й *плунжерні* з одним або двома штоками. Поршневі гідроциліндри бувають із нерухомим поршнем і рухомим циліндром, а також із рухомим поршнем і нерухомим циліндром.

У простих гідроциліндрах є два штоки з поршнями, які забезпечують однакову швидкість прямого та зворотного ходів. У диференціальних циліндрах є один шток, а швидкість переміщення поршнів під час прямого та зворотного ходів неоднакова, тому що в різних площинах циліндра площі поверхні поршнів є різними.

*Диференціальний силовий гідроциліндр* (рис. 15.6; с. 232) складається з гільзи 10, усередині якої рухається ущільнений гумовими кільцями поршень 6, закріплений на штоці 5 за допомогою гайки 9.

Гільза 10 закривається кришками 3 і 8, що з'єднані шпильками 13 із фланцями 4 і 7, установленими на шпонках 11. Одна кришка має отвір для штока. Герметичність гільзи з кришками забезпечують ущільнювальні кільця 12. Сальником 1 кришку 3 додатково герметизують по отвору для штока. У кришках є штуцери 2 для підведення та відведення масла.

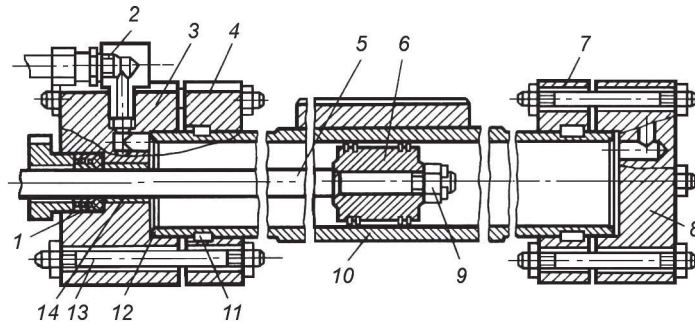


Рис. 15.6. Силовий гідроциліндр:

- 1 – сальник; 2 – штуцер; 3, 8 – кришки; 4, 7 – фланці; 5 – шток; 6 – поршень;  
 9 – гайка; 10 – гільза; 11 – шпонка; 12 – ущільнювальні кільця; 13 – шпилька;  
 14 – втулка

Спочатку виконують складання поршневої групи. На шток 5 установлюють поршень 6 і закріплюють гайкою 9. Потім складають корпус: запресовують гільзу 10, на якій за допомогою шпонок 11 установлюють фланці 4 і 7. Після вузлового складання корпусу й поршневої групи виконують завершальний монтаж гідроциліндра. У гільзу 10 установлюють шток 5 із поршнем 6. Потім закріплюють кришки 3 і 8 з ущільнювальними кільцями 12. Кільця кріплять на фланцях 4 і 7 шпильками 13. Після цього сальником 1 і втулкою 14 ущільнюють шток. Наприкінці в ліву кришку вставляють штуцер 2, а в праву – інший штуцер (на рис. 15.6 не вказаний). Зібраний гідроциліндр перевіряють, прокачуючи через нього підігріте до температури  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  масло. Масло не повинне витікати в зазори, ущільнені кільцями 12 і сальником 1.

**Фільтри** призначені для очищення масла в гідросистемах. Вони бувають щільніні, пластинчасті та сітчасті, що мають металеву (латунну) сітку з 3000 отворів на  $1\text{ см}^2$  площі поверхні. Фільтри розміщують у всмоктувальній та зливній частинах гідросистеми, що забезпечує послідовне й паралельне очищення масла. За послідовного очищення масло пропускають через усі фільтри, а за паралельного через кожний фільтр проходить тільки частина масла. За паралельного очищення швидкість протікання масла буде меншою, ніж за послідовного, а отже, й очищення буде якіснішим.

Забруднення фільтрів призводить до підвищення тиску в гідросистемі, тому поряд з ними встановлюють запобіжні клапани, що забезпечують зливання масла (неочищеного) у бак поза фільтрами.

**Резервуари** гідросистем призначені для розміщення гідравлічної рідини. Вони можуть міститися в порожнинах корпусних деталей або в спеціальних баках.

У корпусі 1 гідравлічного бака роблять перегородки, які збільшують довжину ходу рідини від зливного 4 до всмоктувального 2 патрубку (рис. 15.7, а). Це покращує осідання твердих частинок, які потрапляють у рідину через спрацювання деталей гідроприводу. Для стабілізації тиску в баці в кришці корпусу встановлюють клапан 3, що спрацьовує в разі зниження тиску всередині бака нижче від атмосферного. Зливний 4 і всмоктувальний 2 патрубки не повинні

доходити до дна на відстань  $(2-3)d$ , яка залежить від їхнього діаметра  $d$ . Для контролю рівня рідини в баці передбачений спеціальний отвір 5, який закривається пробкою.

Для кращого очищення рідини на зливному патрубку встановлюють спеціальний пристрій — **сапун** (рис. 15.7, б), який забезпечує відстій та фільтрування рідини перед її подаванням у бак.

Об'єм резервуара встановлюють так, щоб він уміщав кількість рідини, яку подає насос протягом 3–5 хв.

Використання як резервуара порожнин корпусних деталей дає змогу компактно розміщувати гідравлічне обладнання та полегшує збирання рідини в разі її витікання.

## 15.4. Складання контрольно-регулювальної апаратури

**Контрольно-регулювальна апаратура** — це апаратура, призначена для регулювання та керування роботою насоса й гідродвигуна. До контрольно-регулювальної та керувальної апаратури гідравлічних систем належать дроселі, клапани, золотники, реле тиску та ін.

**Дроселі** використовують у гідросистемах для регулювання швидкості переміщення робочих органів шляхом зміни кількості рідини, що перетікає через отвір. Для цього змінюють поперечний переріз прохідного отвору дроселя.

У **щілинному дроселі** (рис. 15.8, а; с. 234) масло через отвір 8 надходить у корпус 4 й, проходячи через щілинний отвір 7 і внутрішній отвір валика 3, підходить до отвору 2, через який потрапляє в гідросистему. Поперечний переріз щілинного отвору 7 змінюють прокручуванням валика 3. За допомогою лімба 5 валик установлюють у задане положення та фіксують гайкою 6. Масло, що просочилося в зазори з'єднань, зливається із дроселя через отвір 1.

У процесі складання дроселя важливе значення має щільність прилягання валика 3 до стінок корпусу. Щільність прилягання забезпечують високою точністю виготовлення корпусу й валика або їхнім притиранням.

Дроселі монтують за допомогою гвинтів, розміщуючи їх горизонтально або вертикально. Витрати масла, що проходить через дросель, залежать від розміщення лімба. Тому під час складання дроселя необхідно стежити за зміною витрат масла під час обертання лімба. Якщо вони не зменшуються, то клапан у корпусі не переміщується або перекошилася пружина.

**Клапани** керують напрямком потоку рідини й обмежують підвищення тиску в гідросистемі. Вони бувають запобіжні, тиску, комбіновані, напрямку потоку, редукційні, дозувальні та блокувальні.

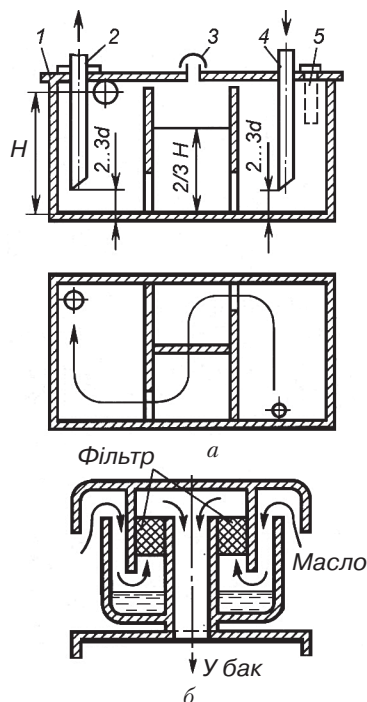


Рис. 15.7. Гідравлічний бак:

- а — конструкція бака;
- б — сапун; 1 — корпус;
- 2, 4 — всмоктувальний та зливний патрубки;
- 3 — клапан; 5 — отвір для контролю рівня рідини;
- H — висота наповнення рідини

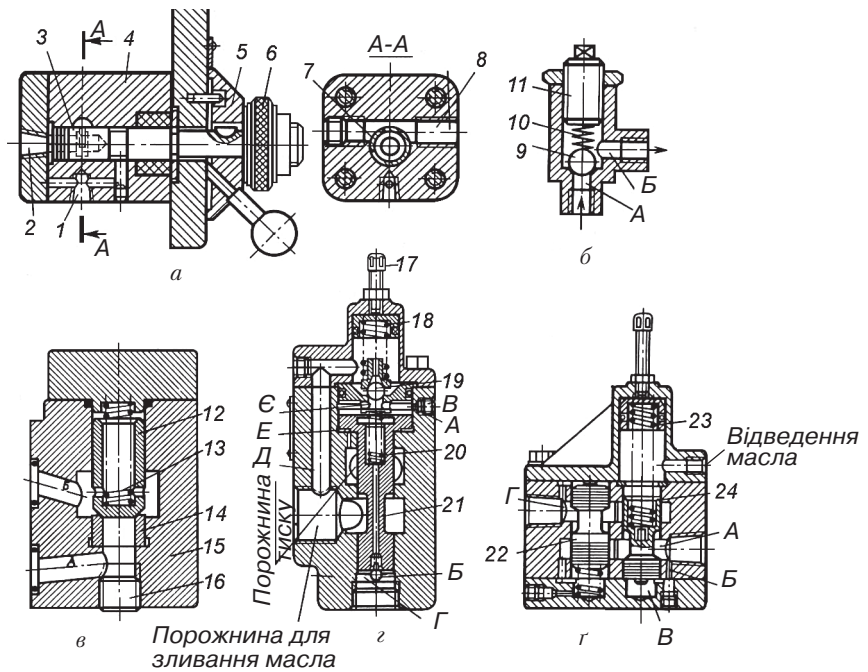


Рис. 15.8. Регулювальна апаратура:

- a* – щілинний дросель; *б* – запобіжний клапан; *в* – зворотний клапан; *г* – запобіжний клапан з переливним золотником; *г* – напірний золотник із зворотним клапаном;  
 1 – зливний отвір; 2 – вихідний отвір дроселя; 3 – валик; 4, 15 – корпуси; 5 – лімб;  
 6 – гайка; 7 – щілинний отвір; 8 – отвір для подавання масла; 9 – кулька;  
 10, 13, 18, 20, 23 – пружини; 11, 17 – регулювальні гвинти; 12, 19 – клапани;  
 14 – сідло; 16 – пробка; 21, 22, 24 – золотники

*Запобіжні клапани* (рис. 15.8, б) обмежують підвищення тиску. Вони складаються з кульки 9, яка утримується в сідлі пружиною 10. Натяг пружини регулюють гвинтом 11 на максимально допустиме значення тиску в порожнині А. З підвищенням тиску в порожнині А до максимального значення під його впливом кулька відтискається, відкриваючи прохід для рідини з порожнини А в порожнину Б, а потім на зливання.

*Зворотні клапани* (рис. 15.8, в) забезпечують проходження рідини в одному напрямку. Під час роботи зворотного клапана масляний потік під тиском надходить через отвір А у корпус 15 під клапан 12, який, протидіючи тиску пружини 13, піднімається над сідлом і відкриває шлях маслу до отвору Б. Зі зміною напрямку руху рідини клапан 12 притискається пружиною 13 до сідла 14 і перекриває доступ масла у зворотному напрямку. Технологічний отвір у корпусі 15 закритий пробкою 16.

*Запобіжний клапан із переливним золотником* (рис. 15.8, г) підтримує постійним заданий тиск і захищає гідросистему від перенавантажень. У такому пристрої масло надходить у порожнину Є і під клапан (кульковий) 19 через отвір В у демпфері золотника 21. Через канал Б масло надходить до отвору В. Кульковий клапан 19 регулюють на певний тиск, який задається пружиною 18. Золотник утримується пружиною 20 у крайньому положенні, перекриваючи зливання масла.



З підвищенням тиску вище від допустимого клапан 19 відкривається і масло з порожнини *Є* по каналу *Д* надходить на зливання та спричинює зниження тиску в порожнині *Є*. У разі порушення рівноваги золотник 21 під тиском масла в порожнинах *Г* і *Е* піднімається та сполучає порожнину тиску з порожниною для зливання масла, що спричиняє зниження тиску в гідросистемі. Якщо тиск зменшиться нижче від заданого пружиною 18 значення, то кульковий клапан 19 закриється і золотник 21 під дією пружини 20 опуститься. Гвинтом 17 регулюють клапан на заданий тиск.

Клапан монтують у горизонтальному, вертикальному або похилому положенні. Для запобігання підсмоктуванню повітря через зливну трубку під час складання трубопроводу необхідно забезпечити щільність прилягання трубки та корпусу.

*Напірний золотник із зворотним клапаном* (рис. 15.8, *г*) пропускає масло в одному напрямку під заданим тиском й у зворотному напрямку з мінімальним опором.

Масло подається в порожнину *А*. Золотник 24 під впливом пружини 23 займає крайнє нижнє положення, роз'єднуючи порожнини *А* і *Г*. Порожнина *Г* з'єднана з порожниною гідроциліндра. Масло через отвір *Б* одночасно надходить у порожнину *В* під нижній торець золотника 24. Зі збільшенням тиску вище від значення, на яке відрегульована пружина 23, золотник 24 піднімається та сполучає порожнини *А* і *Г*. Масло під тиском перетікає в порожнину гідроциліндра. Відтискаючи золотник 22 у крайнє нижнє положення, масло проходить у зворотному напрямку.

**Реверсивні золотники** змінюють напрямок руху робочих частин. Вони можуть мати різне керування: ручне, від кулачка, електричне, електромагнітне, електрогідравлічне та ін.

У золотнику з керуванням від кулачка (рис. 15.9, *а*) за вільного положення важеля 1 золотник 2 міститься в крайньому верхньому положенні. Порожнина *А*

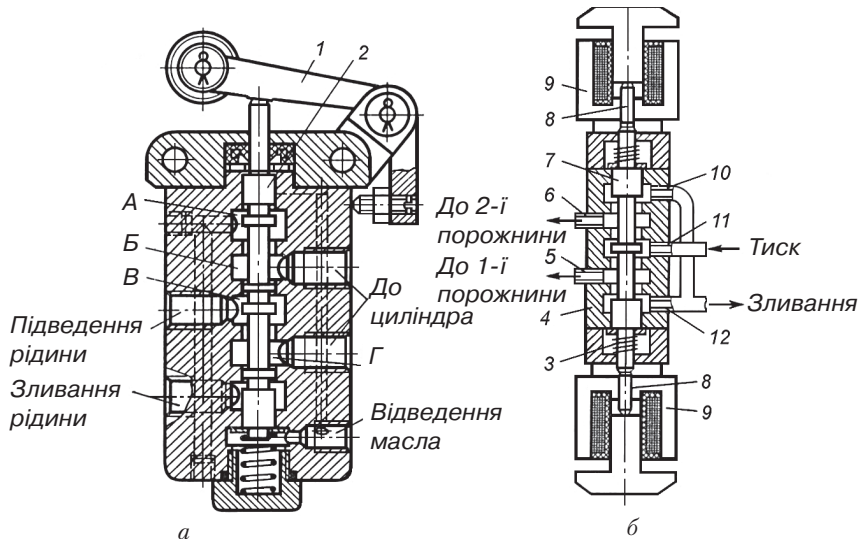


Рис. 15.9. Реверсивні золотники:

- а* – з керуванням від кулачка; *б* – з керуванням від електромагніта; 1 – важіль; 2 – золотник; 3 – пружина; 4 – втулка; 5, 6, 10, 11, 12 – трубопроводи; 7 – плунжер; 8 – штифт; 9 – електромагніти



з'єднана з порожниною *Б*, а порожнина *В* — з порожниною *Г*. Масло під тиском проходить із порожнини *В* у порожнину *Г* і в одну з порожнин силового гідроциліндра. З іншої порожнини гідроциліндра масло подається на зливання через порожнини *А* і *Б*. Натискаючи на важіль *1* і пересилуючи пружину, золотник опускається і напрямок потоку масла змінюється. Поршень при цьому здійснює зворотний хід.

Золотник з керуванням від електромагніта (рис. 15.9, б; с. 235) дає змогу подавати масло під тиском то в одну, то в іншу порожнину циліндра та під'єднувати дві порожнини до зливання, зупиняючи рухому частину верстата (машини) у будь-якому заданому місці. Плунжер *7* золотника, переміщуючись у втулці *4*, може займати три положення. Під впливом пружини *3* золотник перебуває в середньому положенні, рідина з трубопроводу *11* проходить по порожнинах втулки *4* та через трубопроводи *10* і *12* надходить на зливання. При цьому робоча частина верстата (машини) нерухома.

У разі вмикання нижнього електромагніта *9* якір утягується в котушку та через штифт *8* переміщує плунжер уверх. Рідина під тиском із трубопроводу *11* надходить у трубопровід *5* і звідти — у праву порожнину гідроциліндра. Рідина з лівої порожнини через трубопроводи *6* і *12* надходить на зливання. Якщо ж увімкнено верхній електромагніт *9*, який впливає на штифт *8*, рідина під тиском буде надходити в ліву порожнину гідроциліндра, а з правої — зливатися через трубопроводи *5* і *12*.

Золотники встановлюють горизонтально, що унеможлиблює їхнє самовільне переміщення в разі зниження тиску. Швидкість перемикавання золотника залежить від розміщення дроселів. Тому після встановлення золотника його регулюють шляхом обертання дроселів. Якщо неможливо відрегулювати час переміщення золотника, то причиною цього є нещільне прилягання кульки до сидла, витікання масла в стінках або ненормальна робота притискової пружини кульки.

**Гідропілоту** є органами допоміжного керування золотниками (рис. 15.10). Рідина подається в трубопровід, що з'єднаний із гідропілотом *5*, і по трубопроводу *7* надходить до торця золотника *10*, зміщуючи його праворуч. Потрапляючи в порожнину циліндра *8*, потік рідини зміщує його поршень *9* також праворуч.

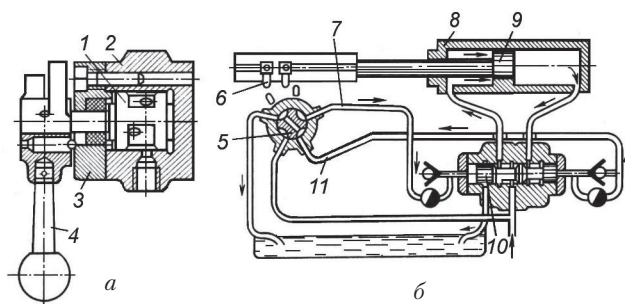


Рис. 15.10. Гідропілоту:

- a* — будова гідропілоту; *б* — схема керування золотником за допомогою гідропілоту;  
 1 — поворотний пілот; 2 — корпус; 3 — кришка; 4 — рукоятка; 5 — гідропілот;  
 6 — упор; 7, 11 — трубопроводи; 8 — циліндр; 9 — поршень; 10 — золотник

Робочий механізм також рухається праворуч, а рідина з правої порожнини гідроциліндра подається на зливання. Коли упор 6, розташований на робочому механізмі, зсуне важіль гідропілота, то він повернеться та з'єднається з трубопроводом 11. Під час повторного циклу всі рухомі частини будуть переміщуватися ліворуч.

Ці пристрої мають малі розміри, тому що розраховані на невелику пропускну здатність (до 10 л/хв). Якщо з'єднати розміщений у корпусі 2 поворотний пілот 1 із золотниковим пристроєм, можна керувати робочим циклом гідросистеми на відстані.

**Реле тиску** застосовують для відведення інструмента за надмірного зусилля подачі й автоматичного відведення супорта верстата під час роботи по упорах. Реле тиску (рис. 15.11) за допомогою штуцера 1, розміщеного в корпусі 2, під'єднують до контрольованої лінії гідроприводу. Зі збільшенням тиску масла вище від допустимого значення мембрана 4 прогинається та передає зусилля через шайбу 5 на важіль 6, повертаючи його навколо осі 7.

Гвинт 17, що закріплений на важелі 8 за допомогою гайки 18, діє на штифт мікрровимикача 16 і вмикає його. Зі зниженням тиску пружина 10 через конічне сидло клапана 9, розташованого в корпусі 12, діє на важіль 8, повертає його в початкове положення та вмикає мікрровимикач. Гвинтом 11 налагоджують пружину на заданий тиск і фіксують гвинтом через мідний штифт. Щоб уникнути випадкового замикання контакту мікрровимикача, на корпус 12 установлюють прокладку 14, закріплюючи її гвинтом 13. Реле тиску монтують у кожусі 3, закритому кришкою 15.

Складання контрольно-регулювальної апаратури гідросистеми здійснюють відповідно до технічних вимог. Золотник виготовляють із високою точністю, витримуючи осьові й діаметральні розміри із жорсткими допусками.

Деталі розподільних пристроїв подають для складання остаточно обробленими. Вікна корпусів не повинні мати заокруглень, тому що це призведе до зміни витратної характеристики. Інколи відмовляються від вимірювання контрольованих розмірів, а застосовують гідравлічні вимірювання: визначають кількість робочої рідини, яка пройшла через вікна й зазори. Для підвищення точності виготовлення та складання розподільні пристрої роблять секційними. Кожну секцію виготовляють окремо, а потім складають в один корпус.

*Під час складання потрібно дотримуватися таких вимог:*

- співвісність поясків золотників і клапанів не повинна перевищувати 0,01 мм;
- конусність та овальність мають бути в межах 0,005–0,01 мм;
- неперпендикулярність торців — до 0,01 мм;
- зазор між отвором корпусу й золотником має бути в межах 0,015–0,05 мм.

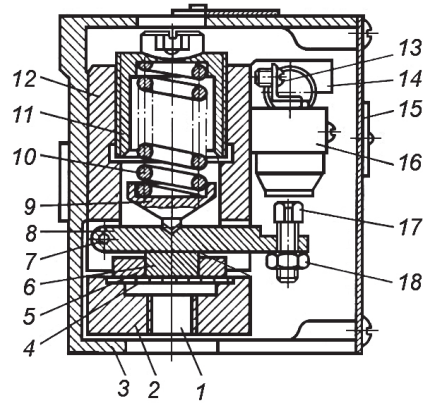


Рис. 15.11. Реле тиску:

- 1 – штуцер; 2, 12 – корпуси;  
 3 – кожух; 4 – мембрана;  
 5 – шайба; 6, 8 – важелі; 7 – вісь;  
 9 – клапан; 10 – пружина;  
 11, 13, 17 – гвинти; 14 – прокладка;  
 15 – кришка кожуха; 16 – мікрровимикач; 18 – гайка

Високої точності складання досягають селективним складанням з деталей, посортованих на окремі розмірні групи, або додатковим притиранням спряжуваних поверхонь. Безвідмовність і надійність роботи пристроїв залежить від якості виготовлення та складання прецизійних пар (наприклад, плунжер–втулка).

## 15.5. Пневмоприводи

Пневматичні приводи й системи керування працюють на основі стисненого повітря, яке характеризується тиском, температурою та густиною.

*Тиск* — це сила, що діє по нормалі на одиницю площі поверхні. Нормальний атмосферний тиск еквівалентний тиску ртутного стовпа заввишки 760 мм. Одиницею тиску є паскаль ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ). *Температуру* вимірюють у градусах;  $0^\circ \text{C} = 273,16^\circ \text{K}$  (Кельвіна). *Густина* — маса одиниці об'єму речовини ( $\text{г/см}^3$ ).

**Компресори** — це пристрої, призначені для живлення пневмосистем стисненим повітрям. Залежно від конструкції та принципу дії їх поділяють на поршневі, ротаційні й центробіжні. За умовами експлуатації компресори можуть бути стаціонарні та пересувні.

*Поршковий компресор* (рис. 15.12) має відкритий з одного боку циліндр 4, у якому рухається поршень 3, що приводиться в дію кривошипно-шатунним механізмом. З лівого боку циліндра є всмоктувальні клапани 2, які відкриваються в бік поршня, і нагнітальний клапан 1, що відкривається в бік нагнітального трубопроводу.

Принцип дії та складання подібні до механізмів перетворення руху.

**Повітряні збирачі**, або **ресивери** (рис. 15.13), призначені для зняття пульсації стисненого повітря, яке надходить від компресора, створення запасу повітря та виокремлення з нього вологи й масла. Повітря подається в середню частину, а трубопровід усередині кожуха відгинається вниз. Об'єм повітряного збирача визначають відповідно до подачі компресора.

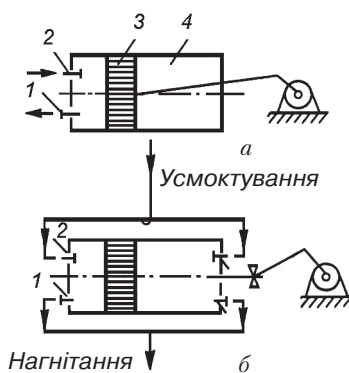


Рис. 15.12. Схеми компресорів:

а — поршневого одноступінчастого однієї дії; б — поршневого одноступінчастого двобічної дії; 1 — нагнітальний клапан; 2 — всмоктувальні клапани; 3 — поршень; 4 — циліндр

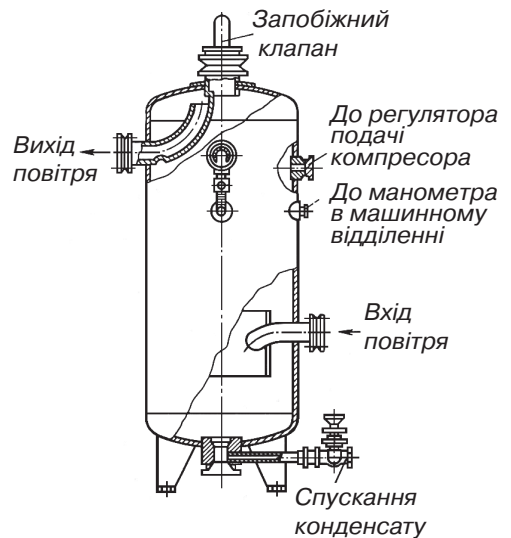


Рис. 15.13. Будова повітряного збирача

Для подавання повітря від повітряного збирача до пневмосистеми використовують трубопроводи, які бувають жорсткими й еластичними.

**Пневматичні приводи** складаються з пневматичного двигуна й апаратури для підготовки повітря, регулювання тиску та витрат, зміни напрямку руху стисненого повітря.

**Поршневі двигуни** однобічної (рис. 15.14, а) і двобічної (рис. 15.14, б) дії передають рух на достатньо велику відстань. У двигунах однобічної дії прямий хід здійснюється під впливом стисненого повітря, а зворотний — під дією пружини. У двигунах двобічної дії прямий та зворотний ходи здійснюються за допомогою стисненого повітря.

**Діафрагмовий двигун** (рис. 15.14, в) складається з гумової діафрагми 1, яка закріплена в корпусі по зовнішньому діаметру за допомогою кришки, а по внутрішньому — на поршні. Прямий хід здійснюється завдяки стисненому повітрю, а зворотний — пружиною або стисненим повітрям (залежно від принципу дії). Масло, що з'являється внаслідок витікання, зливається через отвір 2.

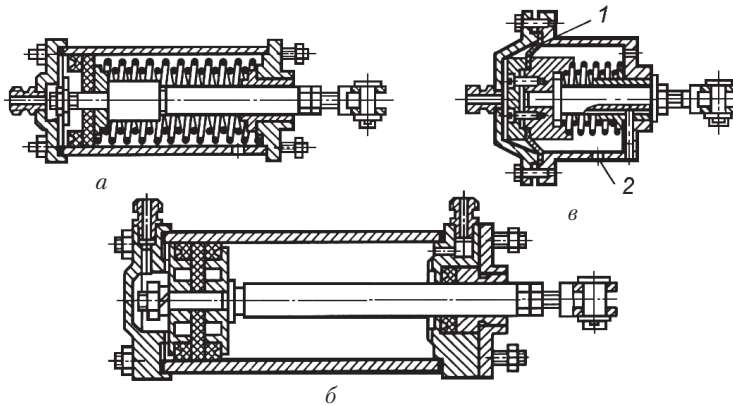


Рис. 15.14. Пневмодвигуни:

а — поршневий однобічної дії; б — поршневий двобічної дії; в — діафрагмовий;  
1 — діафрагма; 2 — отвір для відведення масла

До **апаратури підготовки повітря** належать фільтри-вологовідокремлювачі й маслорозпилювачі. Вони забезпечують надійну роботу пневмосистеми. Повітря, що подається в пневмосистему, необхідно очищати від забруднень і насичувати маслом для мащення тертьових частин деталей.

**Фільтр-вологовідокремлювач** (рис. 15.15, а; с. 240) установлюють на вході пневмосистеми й підводять стиснене повітря через отвір 4. Потім повітря проходить через щілини відбивача 3 у порожнину стакану 2. Під впливом центробіжних сил частинки води відкидаються до стінок стакану, де збираються в краплі й стікають у зону, відокремлену заслінкою 1. Прозорий стакан дає змогу спостерігати за рівнем конденсату та своєчасно його випускати через зливний отвір із пробкою 7. Проходячи через металокерамічні фільтри 6, повітря очищається від механічних домішок і потрапляє до вихідного отвору 5.

**Маслорозпилювач** (рис. 15.15, б; с. 240) призначений для насичення очищеного повітря дисперсними частинками масла для мащення тертьових деталей пневмо-

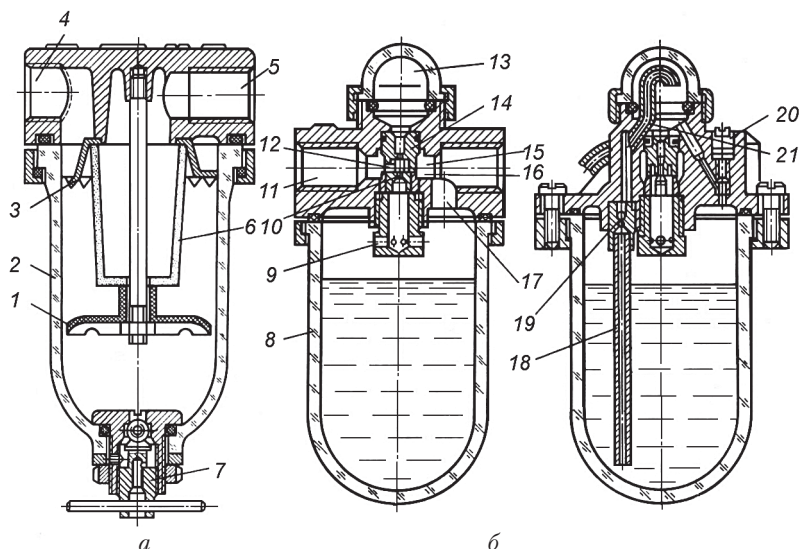


Рис. 15.15. Апаратура підготовки повітря:

- a* – фільтр-вогнєвїдокремлювач; *б* – маслорозпилювач; 1 – заслінка; 2 – стакан;  
 3 – вїдбивач; 4, 5, 11, 14, 15 – отвори для пїдведення та вїдведення повїтря;  
 6 – фільтр; 7 – пробка; 8 – резервуар; 9, 12, 16, 17 – канали; 10 – щїлина;  
 13 – порожнина; 18, 21 – трубки; 19 – кульковий клапан; 20 – дросель

приводу. Через отвір 11 стиснене повїтря пїдводиться до маслорозпилювача, де роздїляється: основна частина подається через щїлину 10 до вихїдного отвору 15, а решта – послїдовно проходить через канали 9, 12, 16 і 17. Коли дросель 20 вїдкритий повнїстю, тиск повїтря в резервуарї 8 і порожнинї 13 однаковий, тому масло з трубки 21 не надходить. Якщо ж дросель 20 закритий, тиск у порожнинї 13 порівняно з тиском у резервуарї 8 зменшиться і масло пїдїдеться по трубцї 18, вїдтисне кульку клапана 19 і по трубцї 21 потрапить у порожнину 13. У зонї отвору 15 (розташованого пїсля кільцевої щїлини) тиск також знизиться, масло крапельками витїкатиме з трубки 21, проходитиме через отвір 14 і розпилюватиметься в потїк стисненого повїтря. В основному потоцї повїтря масло повнорозпилюється і потрапляє в пневмосистему в станї дрібних частинок.

### 15.6. Перевїрка та випробування гїдравлїчних і пневматичних систем і приводїв

Пїсля складання гїдравлїчнї й пневматичнї системи та приводи пїддають рїзним перевїркам і випробуванням. Гїдро- й пневмосистеми, якї в процесї експлуатацї зазнають впливу рїзних тискїв, проходять перевїрку на герметичнїсть і мїцнїсть. Гїдроприводи контролюють на вїдповїднїсть технїчним вимогам.

Складенї системи пїддають вїзуальному контролю й гїдростатичному випробуванню на герметичнїсть і мїцнїсть.

**Вїзуальному контролю** пїдлягають трубопроводи, арматура та вузли крїплення. Пїд час перевїрки шлангїв виявляють пошкодження та скручування. Для виявлення скручувань на зовнїшню поверхню шлангїв наносять осьову кольорову смужку, а на наконечники шлангїв – осьовї риски.

**Герметичність** гідросистем контролюють після промивання системи. Оцінюють герметичність за наявністю або відсутністю крапель рідини або плям на фільтрувальному папері, який використовують як індикатор.

Герметичність пневмосистем перевіряють намілюванням. Для цього місця стиків намащують милом (мильною емульсією) і в систему подають стиснене повітря. За наявності підтікання на поверхні утворюються бульбашки.

Герметичність відповідальних систем перевіряють фреоновими шукачами, випробуванням під тиском сумішами гелію з повітрям або повітря з радіоактивними ізотопами.

Спосіб контролю залежить від призначення системи й визначається технічними умовами на випробування. Виявлені дефекти усувають заміною деталей, підтягуванням кріпильних з'єднань, після чого випробування повторюють.

Складені гідроциліндри випробовують на стендах для визначення тягових характеристик і герметичності. При цьому оцінюють інші якісні показники роботи циліндра: рівномірність переміщення поршня, заїдання штока або поршня, утворення повітряних пробок.

Під час випробовування гідроприводів обов'язковому контролю підлягають подача, потужність, об'ємний та загальний ККД, робочий об'єм, октавний рівень звукового тиску й маса. Стенди для випробовування обладнують системами контролюно-вимірювальних пристроїв, які забезпечують знімання характеристик, а також системами фільтрації, стабілізації температури, запобігання перенавантаженням тощо.

**Об'ємний ККД гідропривода** визначають за формулою:

$$\eta = \frac{V n_B}{Q_{в.р} + Q_{з.в}},$$

де  $V$  – робочий об'єм гідродвигуна,  $см^3/об$ ;

$n_B$  – частота обертання вала гідродвигуна,  $об/хв$ ;

$Q_{в.р}$  – витрати робочої рідини,  $см^3/хв$ ;

$Q_{з.в}$  – зовнішнє витікання,  $см^3/хв$ .

**Подачу та витрати рідини** вимірюють витратомірами або мірними баками. Крутний момент визначають під час випробувань за допомогою мотор-ваг або крутних динамометрів.

**Октавний рівень звукового тиску** визначають за рівнем звуку, виміряним у контрольних точках. Герметичність перевіряють під час роботи гідродвигуна протягом 2 хв під тиском  $P = 1,25P_{\max}$  за максимальної температури. Кількість рідини, що витікає, визначають за допомогою мензурки. Усмоктувальні характеристики визначають поступовим збільшенням опору на вході до критичного значення вакууму, коли проходить різке зменшення подачі рідини та її тиску.

Випробовуючи насоси, контролюють продуктивність, об'ємний ККД (відношення продуктивності насоса під тиском до продуктивності без тиску), потужність і герметичність.

**Об'ємний ККД насоса** визначають за формулою:

$$\eta = Q_{п.н}/Q_0,$$

де  $Q_{п.н}$  – подача насоса за номінального тиску;

$Q_0$  – подача насоса за мінімального тиску.



Об'ємний ККД визначають під тиском 2, 4 і 6 МПа в межах максимального діапазону тиску та за температури нагрівання масла 40 або 50 °С.

Несправності в роботі насосів супроводжуються шумом, зниженням тиску, витіканням рідини через ущільнення. Шум виникає через надмірні зазори, неспіввісність осей обертання, недостатнє заповнення впадин зубів або заїдання лопаток у пазах ротора. Причиною зниження тиску в насосі є засмоктування повітря. Для усунення несправностей перевіряють герметичність ущільнення всмоктувального трубопроводу, підтягують усі з'єднання. У разі витікання масла через ущільнення треба замінити пошкоджену манжету.

### **Запитання та завдання**

1. Охарактеризуйте гідропривід.
2. З чого складаються гідроприводи?
3. Який принцип дії гідроприводу?
4. Яке призначення насосів?
5. Назвіть види насосів.
6. Які основні характеристики насосів?
7. Як виконують складання поршневих насосів?
8. Охарактеризуйте технологію складання шестеренчастих насосів.
9. Як складають пластинчасті насоси?
10. Назвіть особливості складання гвинтових насосів.
11. Охарактеризуйте будову гідроприводу.
12. Як виконують складання гідравлічних приводів?
13. Охарактеризуйте технологію складання контрольно-регулювальної апаратури.
14. Яка будова та принцип дії пневматичних приводів?
15. Назвіть способи перевірки й випробування гідравлічних і пневматичних систем і приводів.
16. Де встановлюють фільтр-вологовідокремлювач?
17. Для чого призначений маслорозпилювач?
18. Як перевіряють герметичність пневмосистем?
19. Що є причиною зниження тиску в насосі?
20. Унаслідок чого виникає шум у роботі насоса?

## ЗАГАЛЬНЕ СКЛАДАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ, ФАРБУВАННЯ ТА УПАКОВУВАННЯ ВИРОБІВ

---

### 16.1. Загальне складання виробів

Загальне складання є відповідальною частиною технологічного процесу. Його виконують на основі тих самих принципів, що й складання окремих вузлів (складальних одиниць). Будь-який виріб можна скласти тільки в певній послідовності, яка забезпечує для кожної складальної одиниці можливість установа, кріплення та контролю без демонтажу інших, раніше встановлених складальних одиниць або деталей.

*Під час виконання загального складання необхідно виконувати такі вимоги:*

- рівномірно, з певним зусиллям і за певною схемою затягувати різьбові з'єднання (спочатку центрові, а потім звичайні кріпильні);
- детально суміщати спряжувані деталі та вузли, особливо ті, що пройшли балансування;
- забезпечувати співвісність підшипникових опор, валів та осей, осеві й радіальні зазори;
- герметизувати місця з'єднання трубопроводів та іншої арматури.

Після виконання складальних операцій перевіряють відповідність виробу до його технічних вимог, тобто встановлюють правильність з'єднань і взаємодію деталей та складальних одиниць виробу. Самі деталі під час загального складання не контролюють, а перевіряють тільки їхнє з'єднання і взаємне розташування окремих складальних одиниць.

Обов'язковому контролю підлягають відповідальні вироби, а для менш відповідальних застосовують вибіркового контролю. Для контролю складальних робіт використовують різні контрольно-вимірвальні інструменти й пристосування.

### 16.2. Випробування виробів

Після перевірки правильності з'єднань деталей зібрані складальні одиниці, механізми та вироби регулюють і випробовують. Випробування поділяють на приймальні, контрольні та спеціальні.

**Приймальні випробування** виконують для виявлення правильності взаємодії деталей та складальних одиниць, якості їхнього виготовлення, продуктивності, потужності, витрат палива, мастил тощо. Показниками неякісного виготовлення виробу є перевитрати палива й мастила, швидке спрацювання окремих деталей, нагрівання підшипників, стукіт і шум в певних з'єднаннях тощо.

**Контрольні випробування** виконують, якщо виріб не витримав прийомних випробувань через виявлені несправності. Після усунення дефектів проводять повторні випробування.

**Спеціальні випробування** призначені для перевірки роботи нового виробу та окремих його вузлів і встановлення спрацювання відповідальних деталей. Випробування виконують на спеціальних стендах, які забезпечують можливість проведення регульованих робіт.

Випробування відрегульованих виробів поділяють на дві стадії: на холостому ходу (*обкатка*) і під навантаженням.

**Випробування на холостому ходу** призначені для перевірки правильності взаємодії рухомих частин і припрацювання тертьових поверхонь деталей. Для цього вироби встановлюють на спеціальні стенди, які приводять у рух рухоми частини за допомогою двигунів. Випробування починають на малій частоті обертання, спостерігаючи за роботою окремих частин виробу. Збільшуючи частоту обертання до номінальної, випробування продовжують доти, поки не переконуються в належній роботі виробу (машини або механізму). Після обкатки на холостому ходу проводять випробування під навантаженням.

**Випробування під навантаженням** призначені для перевірки експлуатаційно-технічних якостей виробу відповідно до технічних умов. Випробування проводять на таких режимах і в таких умовах, які відповідають експлуатаційним. У процесі випробування досягають повної потужності протягом установленого технічними умовами терміну.

Під час випробувань перевіряють частоту обертання, потужність, витрати палива (або енергії іншого виду) і мастил, тиск у гідро- або пневмосистемах, температуру нагрівання рідин і деталей тощо. Усі спостереження заносять до журналу випробувань і на їхній основі роблять висновок про якість виготовлення виробу. Виявлені дефекти й несправності усувають безпосередньо на стенді або в ремонтних цехах, після чого виконують повторні випробування.

Відрегульовані й перевірені вироби надходять у відділ технічного контролю (ВТК), а потім — на завершальні операції.

### 16.3. Фарбування виробів

Завершальні операції загального складання виробу полягають в очищенні деталей виробу та фарбуванні.

**Очищення** буває механічне та хімічне. *Механічне очищення* здійснюють за допомогою дробо- або піскоструминних апаратів, пневматичних або електричних шліфувальних машин, механічних щіток та ін. *Хімічне очищення* здійснюють з використанням розчинів для травлення, знежирювання, фосфатування у ваннах з електричним або паровим підігріванням. Після очищення деталі промивають у мийних машинах і просушують у спеціальних камерах. Потім їх фарбують для захисту поверхонь деталей від корозії та надання їм декоративного вигляду. Підготовка до фарбування полягає в очищенні, знежиренні, ґрунтуванні, шпаклюванні та просушуванні шпакльованих поверхонь.

Залежно від ступеня забрудненості вибирають способи підготовки й очищення поверхні деталей, урахувуючи довговічність лакофарбового покриття за різних методів підготовки поверхні: без обробки (фарбування по тонкій окалині) — 0,5–1,5 року; механізованим інструментом — 2–2,5; травленням — 6–8 років.

**Травлення** застосовують для видалення іржі на поверхнях деталей. Його виконують у розчинах, які містять фосфорну кислоту. Зокрема, суміш 1120 складається із фосфорної кислоти (30–35 %), гідрохінолу (1 %), бутилового спирту (5 %), етилового спирту (20 %) і води (39–44 %). Її наносять помазком, витримують 3–5 хв, а потім змивають водою. Залишок кислоти нейтралізують слабким лужним розчином із мийних компонентів типу КМ-1 концентрацією не більше як 0,1 %.

**Знежирення** застосовують для видалення з поверхонь деталей забруднень мінеральними маслами, консерваційними та штамповими мастилами. Спосіб знежирення вибирають залежно від виду та ступеня забруднення. За невеликої та середньої забрудненості поверхні використовують лужні розчини їдкого натрію, кальцинованої соди, які добре змивають жири й мастила. Для утворення стійкіших емульсій у розчини лугів додають емульгатори: мило, рідке скло тощо. Для покращення мийних властивостей лужних розчинів у них вводять поверхнево-активні речовини (ПАР), які здатні адсорбуватися на поверхні металу (сульфонати натрію ОП-7 та ОП-10). Як знежирювачі використовують також органічні розчинники: бензин, скипидар, уайт-спірит (лаковий гас), дихлоретан та ін.

**Фосфатування** застосовують для обробки добре очищених поверхонь деталей розчином фосфорнокислих солей. Унаслідок фосфатування на поверхні утворюється тонка захисна плівка нерозчинних у воді фосфатів, яка і є покриттям і ґрунтом під лакофарбове покриття. Вона має кристалічну пористу будову й забезпечує добру адгезію (прилипання) лакофарбового покриття. У разі пошкодження фосфатно-фарбового шару корозія не поширюється під покриттям, а відбувається лише на ділянці пошкодження.

Розрізняють нормальне й прискорене фосфатування. *Прискорене фосфатування (бондеризація)* здійснюють уведенням у розчин фосфатів марганцю, заліза й інших добавок (оксидів міді, солей нікелю, мідних солей, азотнокислого натрію, марганцю, цинку тощо). Прискорене фосфатування триває 2–5 хв. Після нього антикорозійна стійкість покриття є нижчою, ніж за нормального фосфатування. Мідь знижує суцільність шару й активізує корозію основного металу в агресивному середовищі. Тому після фосфатування покриття рекомендовано обробляти розчином хромпіку концентрацією 1–3 г/л (*пасивація*).

**Ґрунтування** — це нанесення на очищену, знежирену, промиту та фосфатовану поверхню першого шару фарби. Цей шар є основою покриття й забезпечує надійне зчеплення поверхні металу з наступним шаром фарби. Ґрунтовки бувають *водорозчинні* (ВКЧ-0207, ВКФ-09) та *епоксидні* (наприклад, марку ЕП-0228 сірого кольору використовують як другу ґрунтовку).

**Шпаклювання** — це вирівнювання дрібних дефектів (подряпин, рисок, ум'ятин) заґрунтованих поверхонь деталей шпаклівками для одержання рівної, гладкої та блискучої плівки. Шпаклівка є сумішшю пігментів із наповнювачами, які замішано в плівкоутворювальній речовині. Це густа, в'язка маса, яку наносять на поверхню шпателем. Застосовують шпаклівки: алкідно-стирольну МС-00-6 (висихає в природних умовах та утворює стійку плівку з доброю адгезією до ґрунту); ефіроцелюлозну НЦ-00-8 (висихає в природних умовах); епоксидну ЕЛ-00-10 (наносять разом із спеціальним отверджувачем); гліфталеві ГФ-018, ГФ-024, ГФ-019 (наносять пневморозпилюванням). *Через зниження міцності покриття не рекомендовано наносити шпаклівку товстим шаром!*

**Фарбування** виконують по заґрунтованій, зашпакльованій та відшліфованій поверхні.

Залежно від умов виробництва й вимог до якості застосовують такі **способи фарбування**:

*ручне фарбування помазком* — не забезпечує високої якості пофарбованої поверхні, його використовують у дрібносерійному й одиничному виробництві;

*фарбування розпилюванням* з використанням стисненого повітря — для захисного й декоративного покриття виробів;

*фарбування занурюванням у ванну* — використовують для деталей простої форми в серійному та масовому виробництві;

*фарбування обливанням* — застосовують для великогабаритних деталей (виробів) із великою площею поверхні, виконують уручну або механізованим способом;

*фарбування в спеціальних пристроях* (барабанах, автоматах тощо) — використовують у масовому виробництві для невеликих деталей;

*фарбування безповітряним розпилюванням* — відбувається без участі стисненого повітря під високим гідравлічним тиском фарби (2100–4200 кПа);

*фарбування в електричному полі високої напруги* — полягає в тому, що між виробом, який рухається по заземленому конвеєру, і фарборозпилювальним пристроєм, що перебуває під високою електричною напругою, створюють електричне поле високої напруги. Частинки фарби, дістаючи негативний заряд, притягуються до позитивно зарядженої деталі, що рухається конвеєром.

Для фарбування деталей застосовують синтетичні емалі МЛ-1110, МЛ-12, МЛ-197 та інші фарби, що забезпечують високі фізико-механічні властивості, якість покриття та надійність в експлуатації.

Технологічний процес фарбування складається з таких операцій: підготовка поверхонь, вибір фарбувальних матеріалів, ґрунтування, шпаклювання, фарбування, сушіння та контроль якості фарбування.

Для визначення зовнішнього вигляду лакофарбового покриття використовують такі показники: ступінь блиску, %; кількість вкраплень, од./м<sup>2</sup>; ширина та довжина вкраплень і відстань між ними; патьоки; риси-штрихи; хвилястість та її розміри; різновідтінковість і неоднорідність малюнка.

Залежно від ступеня блиску покриття поділяють на глянцеві, напівгляцеві й матові. Ступінь блиску залежить від використаного лакофарбового покриття та від вибраного технологічного процесу фарбування.

## 16.4. Сушіння лакофарбових покриттів

Залежно від характеру висихання та утворення плівки лакофарбові матеріали можуть утворювати розчинну (оборотну) і нерозчинну (необоротну) плівки.

Унаслідок випаровування летких розчинників із рідкого шару фарби виникає **розчинна (оборотна) плівка**. Її утворюють нітроцелюлозні лаки й емалі, спиртові лаки тощо. Плівка утворюється на повітрі через випаровування розчинників за нормальної температури. Таку плівку можна легко повернути в попередній рідкий стан, додавши розчинник (звідси назва «оборотна плівка»).

**Нерозчинну (необоротну) плівку** утворюють лакофарбові матеріали (масляні лаки, алкідні й меламіноалкідні емалі) унаслідок випаровування розчинника та складних хімічних процесів окиснення, конденсації та полімеризації плівкоутворювальних речовин.

**Сушіння в природних умовах (холодне)** проходить за температури +18–23 °С. Утворення плівки відбувається повільно й не завершується, особливо в матеріалах, що утворюють необоротну плівку. Така плівка не має потрібної стійкості й міцності.

**Штучне (гаряче) сушіння** виконують за підвищеної температури навколишнього середовища. Це дає змогу істотно скоротити тривалість сушіння. Меламіноалкідні емалі, епоксидні шпаклівки тверднуть та утворюють хороші покриття тільки за гарячого сушіння. Штучне (гаряче) сушіння залежно від способу нагрівання поділяють на конвекційне, терморадіаційне й терморадіаційно-конвекційне.

Під час *конвекційного способу сушіння* виріб із лакофарбовим покриттям нагрівають гарячим повітрям у сушильних камерах. Найпоширенішими є парові сушильні камери. Тривалість висихання шару синтетичної емалі в конвекційній сушильній камері за температури повітря +110–130 °С становить 30–60 хв.

У разі *терморадіаційного способу сушіння* проходить передавання й поглинання інфрачервоного випромінювання плівкою та пофарбованим виробом. Тривалість сушіння порівняно з конвекційним способом скорочується в кілька разів. Джерелами інфрачервоного випромінювання є лампові випромінювачі (генератори), де використовують спеціальні дзеркальні лампи розжарювання потужністю 250 і 500 Вт, і «темні» випромінювачі, у яких ніхромовий дріт розміщено в металевій трубці й ізольовано від неї та навколишнього середовища шаром жаростійкого теплопровідного електроізоляційного матеріалу.

*Терморадіаційно-конвекційне сушіння* проходить комбінованим способом і забезпечує гаряче сушіння зовнішніх поверхонь і ділянок, які не піддаються інфрачервоному випромінюванню. Таким способом сушать в одній камері вироби різної конфігурації та розмірів.

## 16.5. Контроль якості фарбування виробів

Якість лакофарбового покриття визначають за кольором, чистотою, блиском і твердістю плівки, її міцністю під час згинання та удару, товщиною, стійкістю проти дії різних агентів (вода, розчинники, солі), адгезією та ін.

Для визначення **кольору плівки** на пластину наносять фарбу й після просушування порівнюють її з еталонними зразками, кожний із яких має номер і відповідає кольору певної фарби.

**Чистоту фарбового покриття** визначають візуально зовнішнім оглядом пофарбованої поверхні.

Для оцінювання **блиску лакофарбового покриття** застосовують фотоелектричний блискомір ФБ-2, значення якого порівнюють із глянцем спеціального еталонного скла. Результатом оцінювання є середнє арифметичне значення трьох показів на різних ділянках поверхні виробу.

**Твердість плівки** визначають за відношенням часу загасання коливань маятника, установленого на пофарбованій поверхні та на пластинці з фотоскла. Спочатку маятниковий прилад перевіряють за еталоном, визначаючи час загасання коливань маятника, який лежить на пластинці з фотоскла. Потім визначають час загасання коливань маятника на пофарбованій поверхні. Твердість плівки має становити 0,5–0,8 твердості скла (в умовних одиницях).

**Міцність плівки під час згинання** визначають за допомогою шкали гнучкості. Це набір стрижнів різного діаметра (20, 15, 10, 5, 3 та 1 мм), закріплених на станині. Для визначення міцності, починаючи від більшого діаметра стрижня, пофарбовану пластинку завтовшки 0,2–0,3 мм вигинають (плівкою вгору) на



180°, допоки на плівці не виникають механічні руйнування, розтріскування або відшарування. Міцним вважають таке покриття, яке залишилося неушкодженим під час згинання на найменшому за діаметром стрижні.

**Міцність плівки під час удару** встановлюють за максимальною висотою (у сантиметрах) падіння вантажу масою 1 кг на лакофарбову плівку, яка при цьому не руйнується. Поверхню оглядають за допомогою лупи з чотирикратним збільшенням.

**Товщину плівки** вимірюють мікрометром КІ 0-25, магнітними вимірювачами товщини ІТП-1, приладами типу 636 (100–1000 мкм) і 637 (1–100 мкм).

**Стійкість плівки проти дії різних агентів** визначають різними способами.

**Вологостійкість** вимірюють у гідростаті за температури +40 °С та відносної вологості повітря майже 100 %.

**Стійкість проти сольового туману** визначають у спеціальній герметичній камері, де атмосферу сольового туману створюють розпиленням форсунками 3%-го розчину хлористого натрію за температури +38–40 °С.

**Стійкість покриття проти ультрафіолетового випромінювання, води й тепла** визначають у ванночці з рівнем дистильованої води над зразками 15 мм за температури +50 °С і опроміненню ртутно-кварцовою лампою марки ПРК-2 з відстані 240 мм.

**Атмосферостійкість** визначають в апараті штучної погоди (*везерометри*), обладнаному електродуговими, ртутно-кварцовими, ксеноновими й іншими лампами, в умовах підвищених відносної вологості й температури повітря та періодичному або неперервному зрошенні водою.

**Адгезію (липкість)** лакофарбових покриттів установлюють *способом решітчастого надрізання*. Для цього на зразку роблять кілька паралельних і перпендикулярних надрізів бритвою або скальпелем на відстані 1–2 мм залежно від товщини покриття. Утворюється квадратна решітка. Лакофарбове покриття оцінюють за чотирибальною системою: 1 — відшарування покриття не спостерігається; 2 — значне відшарування до 5 % площі поверхні решітки; 3 — відшарування вздовж лінії надрізів до 35 % площі; 4 — повне відшарування або часткове понад 35 % площі поверхні решітки.

## 16.6. Антикорозійний захист, консервація та упакування виробів

Для консервації виробів використовують пластичні мастила, мастики, пасти, консерваційні масла, змивні інгібовані покриття, плівкоутворювальні інгібовані нафтові суміші (ПНС), плівкові полімерні й воскові покриття.

**Пластичні мастила** забезпечують виражену водостійкість і консерваційні властивості. Їх наносять на поверхню шаром до 5 мм. Широко використовують вуглеводневі мастила з низькою температурою плавлення (+35–70 °С), які в розплавленому стані легко наносять на деталі різними способами.

Вуглеводневе захисне консерваційне пластичне мастило ПВК — це густа мазь темно-коричневого кольору. Воно не сповзає з металевій поверхні під час нагрівання до температури +50 °С, має високу водостійкість, низьку випаровуваність і високі захисні властивості за температури від +50 до –50 °С.

Мастило ВТВ-1 складається з технічного волокнистого вазеліну, виготовленого на основі легких індустріальних мастил, загущених церезином і парафіном.

Мастила АМС, ЗЗС, АК, ПП-95/5, ВНІСТ-2, технічний вазелін, солідол «ЛІТОЛ-24» та інші застосовують для тимчасової консервації виробів.

**Мастики** та **пасти** використовують для антикорозійного захисту металевих частин виробів. Це мастики № 579 (зниження шуму від вібрації), № 580 (протишумна), № 4010 і БПМ-1 (антикорозійні), шумопоглинальні пасти.

**Консерваційні мастила** використовують для захисту металів від корозії. Рідкі консерваційні мастила не забезпечують тривалого захисту металу, змиваються дощем і не мають абразивостійкості.

Для внутрішньої консервації та захисту від корозії застосовують **змивні інгібовані покриття** з високими захисними властивостями в тонкій плівці (100–200 мкм), здатні проникати в мікрозазори, мікротріщини, мікродефекти металу й витіснити воду з поверхні.

**Плівкоутворювальні інгібовані нафтові суміші** НГ-216А, НГ-222 застосовують для додаткового захисту від корозії. Вони утворюють на металі тверді або напівтверді плівки завтовшки до 0,6 мм, мають високі захисні властивості, добру абразиво- й атмосферостійкість.

Спеціальні **плівкоутворювальні інгібовані нафтові суміші** «Мовіль», НГМ-МЛ і «Мольвін» призначені для консервації прихованих і важкодоступних поверхонь виробів.

**Плівкові полімерні й воскові покриття** на водній основі ЛБХ-1, ЛБХ-2, ВВД-43, ЗВД-1, ЗВД-2, ЗВВД-12 використовують для захисту металевих частин виробів від корозії.

**Упакування** виробу або його частин призначене для захисту від механічних пошкоджень та атмосферних впливів. Для цього використовують дерев'яні й картонні ящики, які всередині оббивають водонепроникним папером. Великогабаритні вироби постачають у розібраному стані, з урахуванням можливостей підйомно-транспортних засобів споживача.

## 16.7. Установлення виробів на робоче місце

Для встановлення великогабаритних виробів на місце їхньої постійної роботи використовують фундаменти, які слугують для виробу опорою (основою) або жорстко зв'язані з ним. Водночас вони підвищують стійкість і жорсткість виробу. Фундамент призначений для сприйняття зусиль від виробу та забезпечення його швидкого й надійного встановлення. Розміри й масу фундаменту визначають дослідним шляхом відповідно до розмірів і маси встановлюваного на нього виробу. Наприклад, для верстатів масою до 10 т висота фундаменту становить 0,6 м, масою 12 т – 1 м, а для більш важких – до 2 м.

Перед будівництвом фундаменту виконують монтажне розмічання. Після цього проводять заземлювальні роботи й роблять колодязі для встановлення фундаментних болтів.

Для встановлення виробів на фундамент застосовують кілька способів (рис. 16.1; с. 250): без кріплення або з кріпленням спеціальними регульовальними гвинтами (рис. 16.1, а), за допомогою встановлювальних гайок (рис. 16.1, б), на металевих прокладках (рис. 16.1, в), на регульованих башмаках (рис. 16.1, з) і домкратах (рис. 16.1, г).

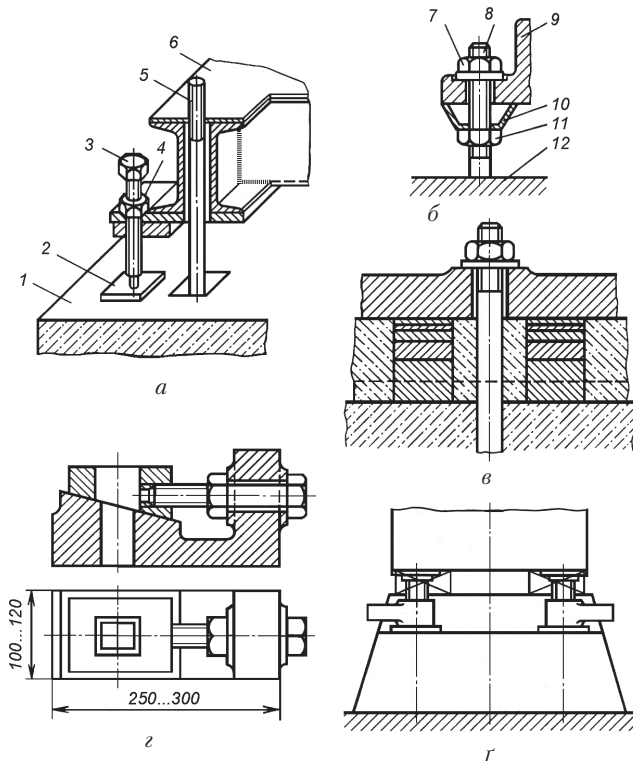


Рис. 16.1. Способи встановлення виробів:

- a* – за допомогою гвинтів; *б* – на встановлювальних гайках; *в* – на металевих прокладках; *г* – на регульованих башмаках; *г* – на домкратах; 1, 12 – фундаменти;  
 2 – опорні пластини; 3 – регульовальний гвинт; 4, 7 – стопорна та кріпильна гайки;  
 5, 8 – фундаментні болти; 6, 9 – опорні частини виробів; 10 – шайба;  
 11 – установлювальна гайка

Потім перевіряють якість установаження за допомогою рівня. Відхилення не повинне перевищувати 0,04 мм на довжині 1 м. Для вирівнювання під подошву виробу підливають цементний розчин складу 1 : 3 (цемент до піску).

Після встановлення, перевірки та закріплення виконують регулювання виробів, а також випробування на фундаменті.

Для безфундаментного встановлення виробів використовують віброізолювальні опори й килимки різних конструкцій.

### Запитання та завдання

1. Назвіть особливості загального складання виробів.
2. Укажіть способи випробування виробів.
3. У чому полягає підготовка виробу до фарбування?
4. Які є способи фарбування?
5. Як контролюють якість фарбування?
6. Як виконують консервацію та упакування виробів?
7. Назвіть способи встановлення виробів.
8. Для чого призначені фундаменти?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бабіч Б. С.* Технічне обслуговування й ремонт металевих кузовів автомобілів / Б. С. Бабіч, В. В. Лущик. — Київ : Либідь, 2001.
2. *Гуменюк І. В.* Обладнання і технологія газозварювальних робіт / І. В. Гуменюк, О. Ф. Іваськів. — Київ : Грамота, 2005.
3. *Гуменюк І. В.* Обладнання та технології зварювальних робіт / І. В. Гуменюк. — Київ : Грамота, 2013.
4. *Гуменюк І. В.* Технологія електродугового зварювання / І. В. Гуменюк, О. Ф. Іваськів, О. В. Гуменюк. — Київ : Грамота, 2006.
5. *Кисликов Б. Ф.* Будова й експлуатація автомобілів / Б. Ф. Кисликов, В. В. Лущик. — Київ : Либідь, 1999.
6. *Макієнко М. І.* Загальний курс слюсарної справи / М. І. Макієнко. — Київ : Вища школа, 1994.
7. *Никифоров В. М.* Технологія металів і конструкційні матеріали / В. М. Никифоров. — Київ : Вища школа, 1984.
8. *Сидоренко В. К.* Технічне креслення / В. К. Сидоренко. — Львів : Оріяна-Нова, 2000.

## З М І С Т

<i>Від авторів</i> .....	3
Розділ 1	
<b>ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВИРОБНИЧИЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ</b>	
1.1. Загальні дані про вироби та їхні складові частини .....	4
1.2. Виробничий процес та його види .....	4
1.3. Технологічний процес та його елементи .....	5
1.4. Проектування технологічних процесів складання .....	6
1.5. Технологічна документація .....	7
1.6. Якість продукції та її показники .....	8
<i>Запитання та завдання</i> .....	9
Розділ 2	
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ</b>	
2.1. Види складання .....	10
2.2. Організаційні форми складання .....	11
2.3. Організаційні методи складання .....	11
2.4. Складальна технологічність виробів .....	12
2.5. Види з'єднань деталей .....	12
<i>Запитання та завдання</i> .....	13
Розділ 3	
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ</b>	
3.1. Організація робочого місця .....	14
3.2. Охорона праці під час виконання механоскладальних робіт .....	15
<i>Запитання та завдання</i> .....	17
Розділ 4	
<b>ІНСТРУМЕНТИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ</b>	
4.1. Технологічне оснащення робочого місця .....	18
4.2. Затискні пристрої .....	18
4.3. Установлювальні пристрої .....	22
4.4. Робочі пристрої .....	22
4.5. Контрольні пристрої .....	24
4.6. Пристрої для зміни розміщення складальних одиниць і виробів у процесі складання .....	24
4.7. Універсально-складальні пристрої .....	25
4.8. Ударні інструменти .....	25
4.9. Інструменти для пробивання отворів, розбирання пресових з'єднань і клеймування .....	27
4.10. Гайкові ключі .....	28
4.11. Ключі для шпильок .....	33
4.12. Трубні ключі .....	34
4.13. Викрутки .....	35
4.14. Допоміжні інструменти .....	37
4.15. Механізовані інструменти .....	38
<i>Запитання та завдання</i> .....	48

## Розділ 5

### МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ

5.1. Методи вимірювання .....	49
5.2. Похибки вимірювання .....	50
5.3. Класифікація засобів вимірювання та їхні основні метрологічні показники .....	50
5.4. Вибір вимірювальних засобів .....	51
<i>Запитання та завдання</i> .....	51

## Розділ 6

### ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ

6.1. Такелажні роботи .....	52
6.2. Засоби транспортування вантажів .....	54
6.3. Вантажопідйомні засоби .....	55
<i>Запитання та завдання</i> .....	59

## Розділ 7

### ПІДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ ДО СКЛАДАННЯ. СЛЮСАРНІ РОБОТИ

7.1. Очищення та промивання деталей .....	60
7.2. Розмічання .....	61
7.3. Рубання металу .....	65
7.4. Випрямлення та рихтування металу .....	66
7.5. Згинання металу .....	68
7.6. Різання металу .....	69
7.7. Обпилювання металу .....	72
7.8. Свердління .....	75
7.9. Зенкерування, зенкування та розвертання отворів .....	81
7.10. Нарізання різьби .....	83
7.11. Шабрування .....	89
7.12. Розпилювання, пригінка та припасування .....	90
7.13. Притирання та доведення .....	93
7.14. Випробування деталей перед складанням .....	97
7.15. Клеймування та маркування деталей під час складання .....	97
7.16. Технічний контроль .....	98
<i>Запитання та завдання</i> .....	99

## Розділ 8

### СКЛАДАННЯ РОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ

8.1. Загальні дані про різьбові з'єднання .....	100
8.2. Технологія складання різьбових з'єднань .....	103
8.2.1. Технологічний процес складання болтових і гвинтових з'єднань .....	103
8.2.2. Технологічний процес складання шпилькових з'єднань .....	110
8.2.3. Технологічний процес складання арматурних різьбових з'єднань .....	112
8.2.4. Технологічний процес складання самоформуючих різьбових з'єднань .....	113
8.2.5. Стопоріння різьбових з'єднань .....	113
8.2.6. Контроль різьбових з'єднань .....	115
8.3. Загальні дані про шпонкові з'єднання .....	116
8.4. Технологія складання шпонкових з'єднань .....	118
8.5. Загальні дані про шліцьові з'єднання .....	120
8.6. Технологія складання шліцьових з'єднань .....	121
8.7. Технологія складання конусних з'єднань .....	121
8.8. Технологія складання клинових з'єднань .....	122



8.9. Складання штифтових з'єднань . . . . .	123
8.10. Байонетні та клемові з'єднання. Шплінти . . . . .	124
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	125

Розділ 9

**ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ НЕРОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ**

9.1. Загальні дані про нерознімні з'єднання. . . . .	126
9.2. Складання пресових з'єднань із використанням пластичної деформації . . . . .	126
9.3. Складання пресових з'єднань за допомогою механічного впливу . . . . .	128
9.4. Складання пресових з'єднань із використанням теплового впливу . . . . .	132
9.5. Складання пресових з'єднань методом глибокого охолодження . . . . .	132
9.6. З'єднання заформовуванням . . . . .	133
9.7. Клепані з'єднання . . . . .	134
9.8. Клейові з'єднання . . . . .	139
9.9. Паяні з'єднання . . . . .	143
9.10. Паяння газовим полум'ям. . . . .	150
9.11. Зварні з'єднання . . . . .	151
9.12. Газове зварювання. . . . .	153
9.13. Ручне дугове зварювання покритими електродами . . . . .	155
9.14. Зварювання в захисних газах . . . . .	158
9.15. Контактне зварювання. . . . .	159
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	160

Розділ 10

**ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ**

10.1. Загальні дані про трубопроводи. . . . .	161
10.2. Складання трубопроводів . . . . .	162
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	163

Розділ 11

**ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ПІДШИПНИКОВИХ З'ЄДНАНЬ**

11.1. Загальні дані про підшипники . . . . .	164
11.2. Підшипники ковзання. . . . .	164
11.2.1. Складання нерознімних підшипників ковзання. . . . .	166
11.2.2. Складання рознімних підшипників ковзання . . . . .	167
11.3. Суцільнопресовані підшипники. . . . .	169
11.4. Складання підшипників рідинного тертя. . . . .	169
11.5. Підшипники кочення. . . . .	170
11.5.1. Типи підшипників кочення та їхні характеристики . . . . .	172
11.5.2. Монтаж підшипників кочення . . . . .	174
11.6. Ущільнення підшипників . . . . .	178
11.7. Мащення підшипників . . . . .	179
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	180

Розділ 12

**ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕДАЧІ ОБЕРТОВОГО РУХУ**

12.1. Загальні дані про передачі обертового руху. . . . .	181
12.2. Загальні дані про пасові передачі . . . . .	182
12.3. Складання пасових передач. . . . .	183
12.4. Загальні дані про ланцюгові передачі . . . . .	185
12.5. Складання ланцюгових передач. . . . .	187
12.6. Загальні дані про зубчасті передачі . . . . .	189
12.7. Складання циліндричних зубчастих передач . . . . .	193

12.8. Складання конічних зубчастих передач . . . . .	195
12.9. Складання черв'ячних передач . . . . .	197
12.10. Загальні дані та складання фрикційних передач . . . . .	198
12.11. Карданні передачі . . . . .	199
12.12. Балансування деталей та складальних одиниць під час складання . . . . .	203
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	204

### Розділ 13

#### **СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ**

13.1. Загальні дані про механізми поступального руху . . . . .	205
13.2. Технічні вимоги до напрямних . . . . .	206
13.3. Складання механізмів і складальних одиниць поступального руху . . . . .	206
13.4. Контроль якості складання механізмів і складальних одиниць поступального руху . . . . .	209
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	210

### Розділ 14

#### **СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ РУХУ**

14.1. Загальні дані про гвинтові механізми . . . . .	211
14.2. Складання гвинтових механізмів . . . . .	212
14.3. Складання ексцентрикових механізмів . . . . .	213
14.4. Складання кулісних механізмів . . . . .	214
14.5. Складання храпових механізмів . . . . .	216
14.6. Загальні дані про кривошипно-шатунні механізми . . . . .	217
14.7. Складання шатунної групи . . . . .	220
14.8. Складання поршневої групи . . . . .	222
14.9. Загальні дані про механізми клапанного розподілу . . . . .	223
14.10. Складання механізмів клапанного розподілу . . . . .	225
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	226

### Розділ 15

#### **ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ ПРИВОДІВ І ПЕРЕДАЧ**

15.1. Загальні дані про гідроприводи . . . . .	227
15.2. Будова та складання насосів . . . . .	228
15.3. Будова та складання елементів гідроприводу . . . . .	231
15.4. Складання контрольно-регулювальної апаратури . . . . .	233
15.5. Пневмоприводи . . . . .	238
15.6. Перевірка та випробування гідравлічних і пневматичних систем і приводів . . . . .	240
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	242

### Розділ 16

#### **ЗАГАЛЬНЕ СКЛАДАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ, ФАРБУВАННЯ ТА УПАКОВУВАННЯ ВИРОБІВ**

16.1. Загальне складання виробів . . . . .	243
16.2. Випробування виробів . . . . .	243
16.3. Фарбування виробів . . . . .	244
16.4. Сушіння лакофарбових покриттів . . . . .	246
16.5. Контроль якості фарбування виробів . . . . .	247
16.6. Антикоровійний захист, консервація та упакування виробів . . . . .	248
16.7. Установлення виробів на робоче місце . . . . .	249
<i>Запитання та завдання</i> . . . . .	250
Список літератури . . . . .	251

Навчальне видання

*Гуменюк Ігор Всеволодович,  
Гуменюк Ольга Василівна,  
Паржницький Віктор Валентинович*

## **ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ**

Підручник для здобувачів професійної  
(професійно-технічної) освіти

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.**

Художник *В. Дунаєва*

Редактор *С. Кашка*

Художній редактор *Т. Канарська*

Технічне редагування та комп'ютерна верстка *Л. Ткаченко*

Коректор *І. Барвінок*

Підписано до друку 07.09.2020 р.

Формат 70×100/16.

Папір для офсетного друку. Гарнітура PetersburgС. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 20,736. Обл.-вид. арк. 23,04.

Тираж 5328 прим.

Зам. №

Видавництво «Грамота»,  
вул. Паньківська, 25, оф. 14, м. Київ, 01133.

тел./факс: 253-98-04.

E-mail: [info@gramota.kiev.ua](mailto:info@gramota.kiev.ua);

[www.gramota.kiev.ua](http://www.gramota.kiev.ua)

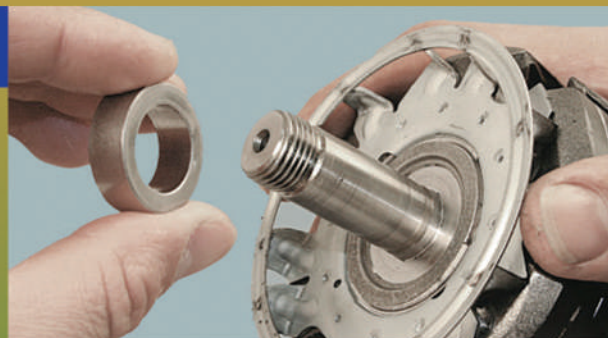
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України  
суб'єктів видавничої справи ДК № 341 від 21.02.2001 р.

Віддруковано з готових діапозитивів видавництва «Грамота»

у друкарні ТОВ «КОНВІ ПРИНТ».

03680, м. Київ, вул. Антона Цедіка, 12.

Свідоцтво ДК № 6115 від 29.03.2018 р.



ISBN 978-966-349-831-7



9 789663 498317 >