

## Тема 5. Технології обробки металів і сплавів у машинобудуванні

1. Продукція машинобудівної промисловості
2. Основні поняття про заготівлі та деталі
3. Укрупнена схема машинобудівного підприємства
4. Ливарне виробництво
5. Обробка металів тиском
6. Зварювальне виробництво
7. Механічна обробка заготівель деталей машин
8. Складальне виробництво машин

### 5.1 Продукція машинобудівної промисловості

**Машинобудування** - це комплекс галузей важкої промисловості, що виготовляють знаряддя праці, а також предмети споживання й оборонну техніку. Машинобудування є важливою галуззю промисловості, яка визначає рівень і темпи розвитку всіх інших галузей промисловості, сільського господарства, транспорту, енергетики тощо.

**Продукцію** машинобудівної промисловості називають виробами. Це є різні машини, механізми, агрегати й окремі деталі. Наприклад, продукцією верстатобудівного заводу є верстати.

**Деталлю** називають виріб, виготовлений без застосування складальних операцій. Наприклад, вал виготовлений вальцюванням.

**Вузлом** називають складову частину виробу, яку отримують з'єднуванням деталей.

Деталі у вузол з'єднують зварюванням, склеюванням, паянням, скручуванням тощо. З'єднуючи між собою деталі та вузли, отримують машини. Кожну машину створюють для виконання певного технологічного процесу.

**Машинами** називають механізми або поєднання механізмів, які

здійснюють певні рухи для перетворення одного виду енергії в інший або виконання певного технологічного процесу (операції).

Залежно від основного призначення машини поділяють на машини-двигуни та машини-виконавці.

Машини-двигуни призначені для перетворення одного виду енергії на інший (наприклад, парові турбіни, двигуни внутрішнього згорання, вітрові колеса).

За допомогою машин-виконавців відбувається зміна форми, розмірів, властивостей об'єкта тощо. Ці машини поділяють на:

- транспортні машини - призначені для перевезення або передавання вантажу з одного місця на інше, наприклад транспортери, ліфти, крани, автомобілі (вантажівки, самоскиди та ін.);

- технологічні машини - перетворюють сировину у напів- або готову продукцію. До технологічних машин належать прядильні та ткацькі верстати, вальцівні, млини тощо;

- кібернетичні машини - модулюють деякі фізіологічні функції й органи людини.

Найбільш важливою частиною машинобудування є верстатобудівна промисловість, що забезпечує машинобудування й інші галузі металообробними верстатами, ковальсько-пресовим і ливарним устаткуванням, інструментами, що ріжуть, і вимірювальними інструментами. Тобто, усі технічні вироби, одяг, продукти харчування, медичні й ін. товари, якими користується людина, отримані за допомогою машин; самі ці машини отримані за допомогою металорізальних верстатів, металургійного, ливарного, ковальського й іншого устаткування; у свою чергу ці верстати й устаткування отримані за допомогою машин і механізмів більш раннього покоління.

## 5.2 Основні поняття про заготівлі та деталі

Виробництво машин, приладів і інших виробів у машинобудуванні складається з наступних етапів: 1) одержання заготівель; 2) обробка заготівель; 3) зборка окремих вузлів; 4) зборка виробу в цілому (загальна зборка); 5) контроль, регулювання й іспит виробу; 6) комплектація й упакування виробу.

У такий спосіб процес виготовлення машин починається з виробництва заготівель. **Заготівлею** називається предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні та (чи) матеріалу виготовляють деталь. Розрізняють три основних види заготівель: штучні, машинобудівні профілі та комбіновані. Штучні заготівлі одержують литтям, куванням, штампуванням чи зварюванням. Машинобудівні профілі являють собою вироби постійного сечіння (прутки, труби) чи змінного сечіння (періодичний прокат). Комбіновані заготівлі одержують з'єднанням (наприклад, зварюванням) окремих більш простих елементів, отриманих литтям, прокаткою й ін. методами.

У результаті термічної, термохімічної, механічної й ін. видів обробок заготівлі перетворюють у **деталі**. При цьому головна роль належить механічній обробці, що забезпечує необхідні розмірну точність і якість поверхні деталей.

Однією з найважливіших умов серійного та масового виробництва є взаємозамінність деталей, що забезпечує можливість їх установки в процесі зборки чи заміни в процесі експлуатації без попереднього припасування, при збереженні усіх вимог, пропонованих до роботи вузла, агрегату та конструкції в цілому. Взаємозамінність забезпечується раціональною системою допусків (**допуск** - величина відхилення фактичного розміру деталі від заданого чи номінального), оскільки технічно неможливо виготовити партію деталей з абсолютно однаковими розмірами. У технічній документації завжди вказуються припустимі відхилення від номінального розміру. Чим вище розмірна точність, тим вище взаємозамінність деталей, нижче биття в деталях, що сполучаються, (наприклад, вал - підшипник), вище надійність і довговічність механізмів і

машин.

Поверхня будь-якої деталі не є ідеальною, вона являє собою систему виступів і западин, величина яких вимірюється за допомогою спеціальних приладів - профілометрів. Відхилення форми поверхні від ідеальної - її шорсткість. **Шорсткість** поверхні визначає не тільки естетичні та споживчі властивості продукції; від неї значною мірою залежать коефіцієнт тертя, швидкість зносу, коефіцієнт корисної дії машини та її довговічність.

### 5.3 Укрупнена схема машинобудівного підприємства

У загальному виді машинобудівне підприємство містить у собі заготівельні цехи (ливарні, ковальсько-пресові, термічний, зварювання та наплавлення, пластмас і ін.), металообробні (механічні) і складальні. Окрім цього, до складу підприємства можуть входити енергетичні, ремонтні, транспортні й ін. цехи чи ділянки. Номенклатура заготівельних і основних цехів також може бути розширена, наприклад, можуть бути ливарні цехи: сірого та ковкого чавуна, сталеливарний, алюмінієвого і магнієвого лиття й т.д.

На рисунку 5.1 представлена укрупнена схема машинобудівного підприємства, що складається з п'яти цехів: трьох заготівельних, механічного та складального.

Вихідні матеріали: чушковий ливарний і передільний чавуни, феросплави, сталевий і чавунний брухт, роскислители, кольорові метали та їх лігатури (від лат. *ligatura* – *ligare* – зв'язувати - проміжний (допоміжний) сплав, що додається до основного сплаву (металу) при його розкисленні чи легуванні) (при наявності ділянки кольорового лиття), прокат, зварювальний дріт і ін. вихідні матеріали, флюси, пісок, огнеупорна глина й ін. сполучні, вогнетривні цегла для футеровки плавильних агрегатів і ін.

Ливарний цех робить виливки для власних нестатків (надходять після термічної обробки у механічний цех) і на сторону, іншим споживачам, а також

ковальські злитки для ковальсько-пресового цеху.

Кувальні та зварені (комбіновані) заготівлі можуть, подібно виливкам, надходити не тільки у механічний цех, але й поставлятися на сторону.

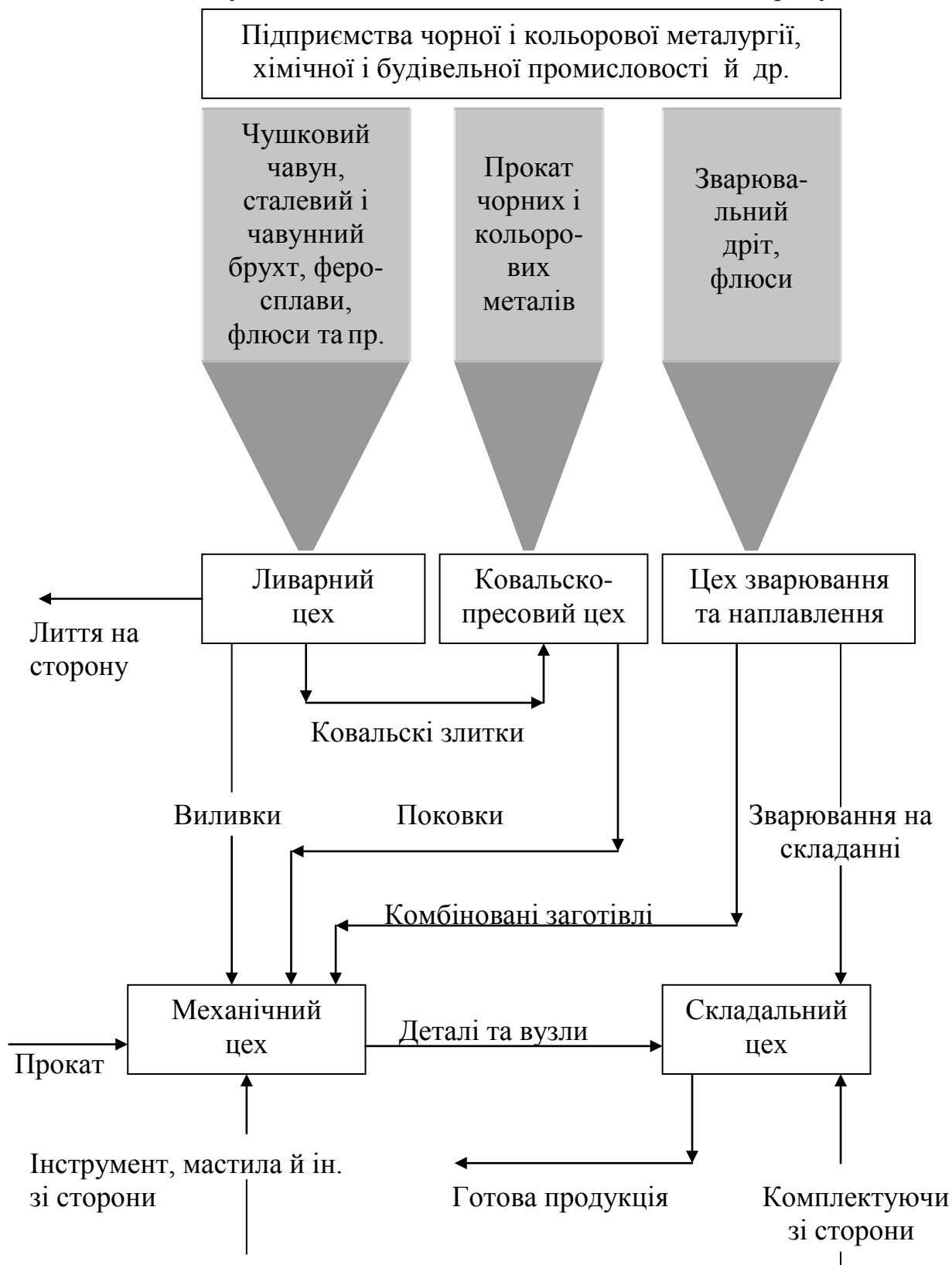


Рисунок 5.1 - Укрупнена схема машинобудівного підприємства

У відповідності зі схемою, механічний цех може робити деталі з виливків, кувань, комбінованих заготівель, а також із прокату. При виборі способу одержання заготівлі враховуються: потреби, пропоновані до якості деталі, технологічні можливості методів лиття, кування й ін., а також собівартість заготівлі. При цьому частише програма випуску продукції (обсяг випуску заготівель протягом року) є основним чинником, що визначає спосіб одержання заготівель.

Механічний цех окрім заготівель одержує з боку металорізальний і вимірювальний інструмент (деякі підприємства мають власне інструментальне виробництво), мастильно-прохолоджуючі рідини й ін. У механічному цеху може вироблятися зборка окремих вузлів виробу. Повна зборка, доведення й іспити проводяться у складальному цеху, який, окрім деталей і вузлів власного виробництва, комплектуючі вироби одержує з інших підприємств, наприклад, автомобільні заводи одержують з боку електротехнічне устаткування (стартери, генератори, реле й ін.), вироби з гуми, штучні шкіри, тканини й т.д.

#### **5.4 Ливарне виробництво**

Сутність ливарного виробництва складається в одержанні заготівель, названих виливками, шляхом заливання металу чи сплаву в ливарну форму.

Значення ливарного виробництва винятково велике. Немає жодної галузі техніки, де б не застосовувалися литі деталі. У машинобудуванні маса литих деталей складає близько 50%, у тракторобудуванні - близько 60%, у верстатобудуванні - близько 80% від маси механізмів і машин. Методами лиття можна одержувати деталі масою від часток грама (елемент застібки-блискавки) до сотень тонн (корпус гідротурбіни, станина могутніх пресів і ін.), з товщиною стінки від часток мм до сотень мм. Частіше ливарна технологія є єдино можливим способом одержання виробів складної форми (станини різних машин,

корпуса приладів, деталі з важкооброблюваних сплавів і ін.).

Широкому розвитку ливарного виробництва сприяє удосконалювання старих і поява нових методів лиття, механізація й автоматизація технологічних процесів, спеціалізація та централізація виробництва, зниження собівартості виливків.

Загалом процес одержання виливка включає наступні етапи: вибір методу лиття, розробка технологічного процесу одержання виливка, виготовлення модельно-опочного та іншого оснащення, готування формовочних і стрижневих сумішей, виготовлення й підготовка форми до заливання, плавка металу, заливання металу у форму, витяг (вибивка) виливка з форми після затвердіння й охолодження, наступна обробка виливка: обрубка (відділення літників і прибутків), очищення, термообробка, контроль якості, фарбування.

Способи лиття поділяються на дві великі групи: лиття в піщані форми та спеціальні види лиття.

1. Лиття в піщані форми. Основну масу виливків одержують методом лиття в разові піщані форми. Широке застосування цього методу порозумівається його простотою й універсальністю: тим, що він дозволяє одержувати як дрібні, так і дуже великі виливки простій і складної конфігурації практично з усіх ливарних сплавів. Матеріалом для виготовлення форми служить формувальна суміш, що представляє собою кварцовий пісок з добавками сполук (вогнетривної глини, рідкого скла й ін.) і води. Ливарна форма виготовляється вручну чи на машинах за допомогою модельно-опочного оснащення, що складається з моделі майбутнього виливка, одного чи декількох стрижневих шухляд, подмодельної дошки (модельної плити) і ін.

Основними недоліками виробництва виливків у піщаних формах є:

- великі обсяги транспортування та переробки сумішей (4-12 т на 1 т виливків), що включають сушіння піску, змішування компонентів, аерацію та регенерацію сумішей і т.д.;

- форма використовується тільки один раз;

- нестабільність і невисока точність розмірів виливків;
- висока шорсткість поверхні та великі припуски на обробку виливків;
- багато пилу;
- висока загазованість ливарних цехів.

2. Спеціальні види лиття. Традиційні способи одержання виливків у разових піщаних формах усе більше поступаються місцем спеціальним видам лиття. Застосування останніх зв'язане зі створенням спеціального оснащення та стає виправданим завдяки одержанню більш високих властивостей металу та кращої розмірної точності виливків, зниженню трудових, енергетичних і матеріальних витрат у виробництві й експлуатації.

У промислово розвинених країнах частка спеціальних видів лиття перевищила 40%, тоді як в Україні складає лише близько 15%.

Розрізняють такі способи спеціального лиття:

1. Виготовлення виливків у металевих формах (кокілях). **Кокіль** - це металева роз'ємна чи нероз'ємна, багаторазово використовувана ливарна форма, виготовлена з чавуна, сталі й ін. сплавів. Внутрішні порожнини у виливках при литті у кокіль можуть виходити як за допомогою піщаних, так і за допомогою металевих стрижнів.

Основні достоїнства кокілів у порівнянні з піщаними формами: багаторазове використання форми (сотні тисяч заливань для цинкових, магнієвих і алюмінієвих сплавів, десятки тисяч - для мідних, тисячі - для чавунних, сотні - для сталевих); різке обмеження використання піщаних сумішей; більш високі продуктивність праці, точність і стабільність розмірів, якість поверхні виливків. Інтенсивність охолодження виливків у металевих формах у 3-5 разів вище, ніж у піщаних. Це сприяє одержанню більш щільної і дрібнозернистої структури та, як наслідок, більш високих механічних властивостей сплавів. Застосування кокільного лиття дозволяє знизити відходи металу в стружку до 5-7% замість 15-25% при литті в піщані форми. У цілому трудомісткість і вартість готових виробів (деталей) знижується на 40-50%. На



рисунку 5.2 приведені найбільш розповсюджені типи кокілів. У кокілях першого і третього типів використані піщані стрижні для оформлення ливникових систем і внутрішніх порожнин у виливках.

Основними недоліками лиття в металеві форми є:

- інтенсивне охолодження рідкого металу, що утрудняє одержання тонкостінних виливків;
- необхідність виготовляти спеціальні канали для видалення газів;
- висока твердість кокілю, що може стати причиною внутрішніх напружень і тріщин у виливках.

З метою зниження інтенсивності охолодження рідкого металу й збільшення термінів експлуатації кокілів, вони перед початком роботи підігріваються до 150-450°C, а їх внутрішня поверхня покривається вогнетривною фарбою, що має низьку теплопровідність.

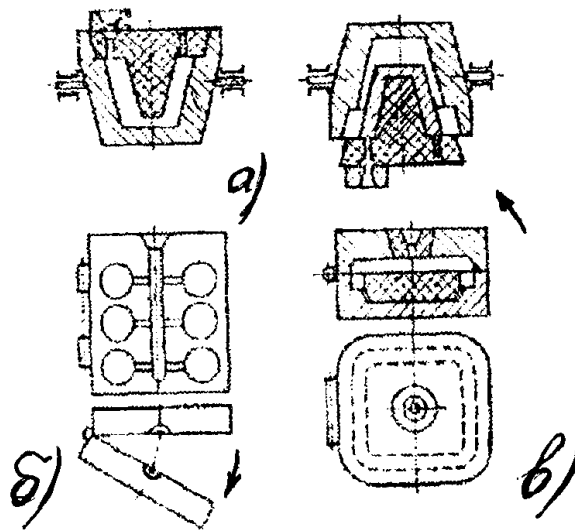


Рисунок 5.2 - Різновиди кокілів:

а - витряхной;

б - з вертикальною площиною рознімання;

в - з горизонтальною площиною рознімання.

2. Відцентрове лиття - спосіб одержання виливків, при якому рідкий метал заливається в обертову форму (ізложницю), найчастіше, металеву, і його

кристалізація протікає під дією відцентрових сил. Цим методом одержують виливки практично з усіх сплавів. Найбільший техніко-економічний ефект досягається при використанні відцентрового лиття для одержання виливків типу тіл обертання (труби, втулки, гільзи, циліндри двигунів, кільця підшипників качіння й ін.).

Відцентровий спосіб лиття має наступні переваги: не вимагаються стрижні для одержання внутрішніх циліндричних порожнин; метал у виливку отримується щільним і дрібнозернистим; знижується собівартість лиття.

Машини для відцентрового лиття бувають з вертикальною та горизонтальною віссю обертання.

3. Лиття під тиском - спосіб одержання фасонних виливків у металевих формах, при якому заповнення форми та кристалізація металу здійснюється під примусовим тиском. У зв'язку з високою вартістю машин і оснащення (прес-форм) цей спосіб застосовується в масовому виробництві для виготовлення дрібних і середніх тонкостінних виливків зі сплавів кольорових металів (переважно, легкоплавких). Він забезпечує високу точність розмірів виливків, більшість яких не вимагає подальшої механічної обробки. Розрізняють машини з холодною та гарячою камерами пресування.

## **5.5 Обробка металів тиском**

У сучасному виробництві застосовують наступні види обробки металів тиском (ОМТ): прокатку, пресування, волочіння, кування, листове й об'ємне штампування. Перші три види служать, в основному, для одержання виробів, що мають постійний поперечний розріз (прутки, труби, рейки, листи й ін.) і застосовуються, головним чином, на металургійних підприємствах. Кування та штампування служать для одержання фасонних заготівель (кувань) і знаходять застосування на машинобудівних підприємствах. Схеми основних способів обробки металів тиском подано на рисунку 5.3.

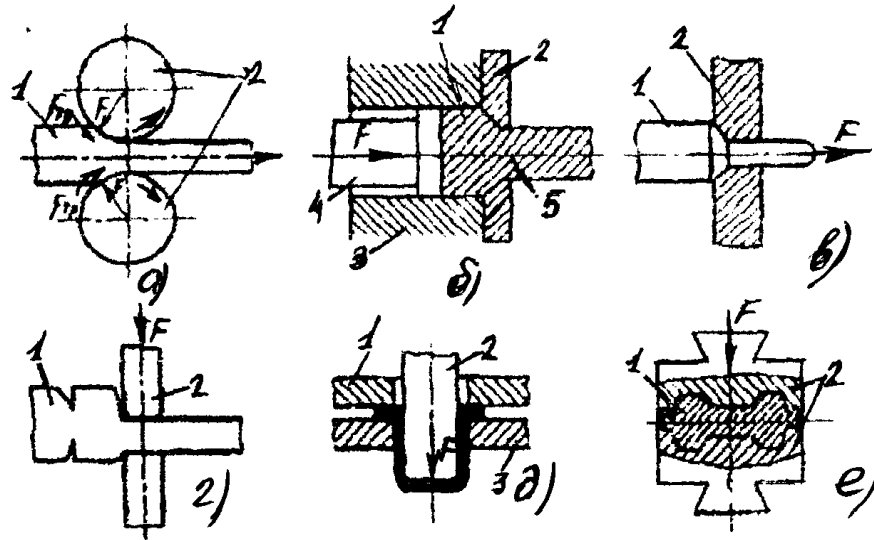


Рисунок 5.3 - Схеми основних способів обробки металів тиском:

а - прокатка; б - пресування; в - волочіння; г - кування;  
 д - листове штампування; е – об'ємне штампування.

Прокатка (а) використовується для обтиснення заготівлі (1) між обертовими в різні сторони валками (2). Прокатка служить для зменшення поперечного розріза заготівлі та додання йому заданої форми (коло, прямокутник і ін.).

Прокатка є основним видом ОМТ, якому піддають до 90% одержуваної у виді злитків і литих заготівель (блومів і слябів) сталі, а також велику частину кольорових металів. Розрізняють три основних види прокатки: подовжню (а), поперечну (б) і поперечно-гвинтову (в) (рисунок 5.4).

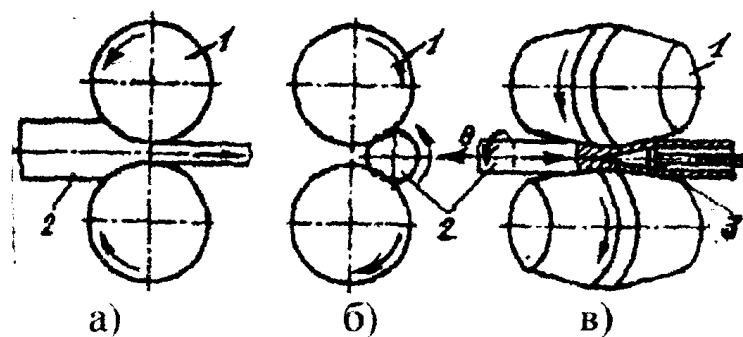


Рисунок 5.4 - Основні види прокатки:

1 - валки; 2 - заготівля; 3 - оправлення

Найбільше поширення одержала подовжня прокатка, при якій валки обертаються в різні сторони, а заготівля рухається в напрямку, перпендикулярному осям валків (рисунок 5.4 (а)). Подовжньою прокаткою виготовляють близько 90% усієї прокатної продукції: сортовий прокат (прутки, куточки, рейки й ін.) і листовий прокат (фольга, лист, плити). Сукупність різних профілів називають **сортаментом**. Сортамент профілів, одержуваний усіма видами прокатки підрозділяється на чотири групи: сортовий прокат, аркушевий прокат, труби та спеціальні види прокату (періодичний, кулі, ролики, ходові колеса й ін.).

Пресування (рисунок 5.3 (б)) являє собою процес видавлювання (екструзії) металу (1) з контейнера (3) через отвір заданої форми в матриці (2). Поперечний розріз заготівлі (5) відповідає контуру отвору в матриці.

Процес волочіння (рисунок 5.3 (в)) використовують для зменшення поперечного розріза дротів, прутків і труб шляхом їх протягання через волоку із силою  $F$ . Поперечний розріз отвору у волоку (2) менше поперечного сечіння заготівлі (1).

Кування (рисунок 5.3 (г)) застосовується для зміни форми та розмірів лежачої на ковадлі (3) заготівлі (1) шляхом нанесення серії ударів силою  $F$  інструментом (2).

Штапування поділяється на листове (рисунок 5.3 (д)) і об'ємне (рисунок 5.3 (е)) і здійснюється за допомогою інструментів, названих штампами. На рисунку 5.3 (д) заготівля типу склянки деформується пуансоном (2) і матрицею (3); притиск (1) сприяє рівномірної деформації заготівлі. При об'ємному (рисунок 5.3 (е)) штапуванні заготівля (1) здобуває необхідну форму в результаті впливу на неї штампа, що складається з двох половин (2).

Прокатне виробництво забезпечує вихід придатного (коефіцієнт використання злитка після видалення прибуткової і донної частин) на рівні 91-

96% при виробництві сортового прокату (прутки, рейки, куточки й ін.).

При прямому пресуванні вихід придатного складає 80-82%, при зворотному - 86-88%.

Вільне кування на молотах заготівель із прокату забезпечує вихід придатного від 67 до 83%.

Гаряче об'ємне штампування при використанні прокату як заготівлі забезпечує вихід придатного: близько 77% при штампуванні на молотах, близько 82% - на пресах і близько 90% - на горизонтально-кувальних машинах.

## **5.6 Зварювальне виробництво**

Зварювання застосовується повсюди, без його важко представити сучасну техніку.

Метали, що володіють високою пластичністю, міцно з'єднують між собою в процесі пластичної деформації (спільного проковування) ХОЛОДНИМ зварюванням.

Ливарне зварювання - між частинами виробу, які треба з'єднати, заливають перегрітий рідкий метал, він розчиняє краї частин, що з'єднуються, утворюючи після затвердіння міцний шов.

Пайка - між частинами виробу, яке треба з'єднати, закладають шматочки сплава-припоя та зібраний в такий спосіб виріб нагрівають до температури, достатньої для розплавлення припоя. Пайка широко застосовувалася при виготовленні ювелірних виробів.

Для одержання нероз'ємних з'єднань шматки заліза нагрівають в ковальському горні до білого розжарювання та сковують між собою - це ковальське зварювання.

Холодне, ливарне та ковальське зварювання, а також пайка - перші в історії техніки технологічні процеси одержання нероз'ємних з'єднань металів.

## 5.7 Механічна обробка заготівель деталей машин

Основна мета механічної обробки полягає в одержанні з заготівлі готової деталі шляхом додання їй потрібної форми, заданих розмірів і чистоти (шорсткості) поверхонь. Ця мета досягається наступними методами: - видалення з заготівлі частини матеріалу у виді стружки; - пластичного деформування заготівлі без зняття стружки; - електролітичного розчинення матеріала заготівлі й ін.

Точність деталей по геометричних параметрах укрупнено характеризують п'ятьма видами відхилень: розміру, форми, розташування, волнистістю та шорсткістю. На чертежі деталі вказується номінальний розмір та величина граничних допусків. Волнистість і шорсткість характеризують тільки рельєф її поверхні. Після будь-якої механічної обробки деталі не мають ідеально гладкої поверхні. Їх поверхня завжди характеризується шорсткістю, тобто сукупністю нерівностей.

Точність деталей по геометричних параметрах, у першу чергу, точність розмірів і шорсткість поверхонь, визначають якість виготовлених машин, їх довговічність, надійність і вартість. Незважаючи на те, що методи одержання заготівель і технологія їх механічної обробки безперервно удосконалюються, трудомісткість верстатних робіт у машинобудуванні досягає 30-50% від загальної трудомісткості виготовлення машин.

По характеру та послідовності виконуваних операцій, по типах використовуваних інструментів, по способах видалення чи передеформації поверхневого шару заготівель усі види обробки конструкційних матеріалів різанням можна розділити на 8 основних груп:

1. Токарська обробка, призначена для гостріння зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь, нарізування зовнішніх і внутрішніх різьблень, підрізання торців і т.д. При токарській обробці заготівля робить обертальний рух, а різальний інструмент (різець, свердло) - поступально,

паралельно (рисунок 5.5 (а)) чи перпендикулярно під кутом до осі обертання заготівлі.

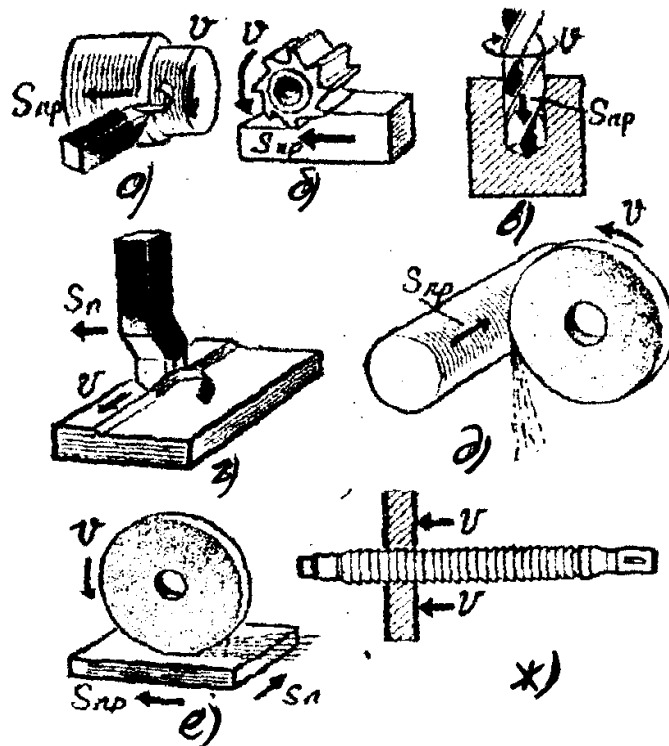


Рисунок 5.5 - Схеми обробки металів різанням:

- а) токарська обробка; б) фрезерна обробка; в) свердління; г) стругання;
- д) кругле шліфування; е) плоске шліфування; ж) протягання

2. Фрезерна обробка застосовується для одержання плоских, фасонних і гвинтових поверхонь багатолезовими різальними інструментами - фрезами, що роблять обертання при поступальному русі заготівлі (рисунок 5.5 (б)).

3. Свердлильна обробка призначена для одержання й обробки отворів за допомогою свердла й ін., що роблять обертальні та поступальні рухи (рисунок 5.5 (в)).

4. Стругальна обробка дозволяє одержувати плоскі та фасонні поверхні, канавки, пази та виїмки. Особливістю процесу є зворотно-поступальний зустрічний рух оброблюваної заготівлі й інструмента (різця), що по черзі робить робочий і холостий хід (рисунок 5.5 (е)). Продуктивність стругання нижче, ніж фрезерування.

5. Шліфування відноситься до оздоблювальних (доводочних) операцій механічної обробки, дозволяє досягти високої точності та низкою шорсткості оброблених поверхонь. Як режучий інструмент використовують абразивні кола (рисунок 5.5 (д), (е)) і бруски, що ріжуть, здатність яких забезпечується гострими гранями абразивних зерен і їх зв'язуванням, а також структурою абразивного інструмента.

6. Протягання - високопродуктивний процес обробки отворів, нарізування пазів і ін. за допомогою многолезвийного інструменту (рисунок 5.5 (ж)). Крайка кожного наступного зуба, що ріже, вище, ніж у попереднього, це забезпечує знімання великої кількості тонких стружок і високу чистоту оброблених поверхонь.

7. Обробка пластичним деформуванням (без зняття стружки) включає формотворні й упрочнююче-калібруючі методи.

8. Електрофізичні й електрохімічні методи включають електроерозійні, ультразвукові, променеві й ін. способи обробки заготовель.

Строго говорячи, тільки 1-6 види відносяться до обробки різанням, тому що ці процеси засновані на видаленні з поверхні заготовлі зайвого матеріалу у виді стружки.

Робота різання будь-якого інструмента, що ріже, заснована на дії клина, що впроваджується в тіло заготовлі та послідовно сколює задані ділянки припуску. У залежності від схеми обробки (точіння, свердління, фрезерування й т.д.) різальні інструменти розрізняються по конструкції.

## **5.8 Складальне виробництво машин**

Складання є кінцевим технологічним процесом у виробництві машин. У процесі складання виконують слюсарні, складальні, випробувальні та малярні роботи. Якість складальних робіт значною мірою відбивається на продуктивності, надійності та довговічності машин. Роботи зв'язані із складанням машин, проводять у складальних, частково механічних, цехах, які



визначають темп і напрямок роботи всіх оброблювальних і заготівельних цехів заводу, особливо в потоковому та автоматизованому виробництві. Робота всіх виробничих підрозділів заводу має бути синхронізована згідно із тактом випуску машин на складанні. Ще в процесі проектування визначають послідовність складання.

Основним напрямком у процесі конструювання машин є побудова машини з окремих вузлів. Усі деталі сучасних машин виготовляють у межах заданих допусків. Розміри виготовлених деталей різні. Причиною цього є ряд чинників, які впливають на точність розмірів деталі у процесі їх виготовлення. Якщо в процесі конструювання цього не врахувати, то під час складання будуть такі недоліки:

- розміри вузла будуть більшими за розміри місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Цей недолік вимагає додаткових коштів на виконання слюсарних робіт, які полягають у зменшенні розмірів вузла (шліфуванням, поліруванням і навіть точінням тощо);

- розміри вузла будуть меншими за розміри місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Знову додаткові великі витрати: треба виготовляти нові деталі для вузла;

- розміри вузла незначно (на величину допуску) відрізнятимуться від розмірів місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Такі вузли придатні для складання та ремонту машин без додаткових витрат.

Технологічний процес складання полягає у з'єднанні деталей у вузли, вузлів і окремих деталей - у механізми, а все разом - у машину. У цьому зв'язку всі роботи складального процесу поділяють на окремі послідовні стадії: складання вузлів, агрегатів, механізмів і загальне складання. На кожній стадії технологічний процес складання поділяють на окремі послідовно виконувані операції.

Складають машини за способом повної, неповної взаємозамінності та індивідуального підганяння. В основі вибору способу складання лежить точність

виготовлення складових елементів машин: деталей, вузлів тощо.

1. За способом повної взаємозамінності. У процесі цього способу складання використовують деталі, виготовлені з відповідною точністю, а тому вони не потребують додаткового оброблення перед з'єднанням у вузли. Такий спосіб складання застосовують у великосерійному та масовому виробництві.

2. За способом неповної взаємозамінності. У процесі цього способу складання потрібної посадки з'єднання деталей або вузлів досягають попереднім підбиранням їх за розмірами. Якщо деталі чи вузли, призначені для складання, групують за розмірами, то такий спосіб складання називають складанням за способом групового підбирання.

У разі індивідуального підбирання до розміру місця шукають відповідного розміру деталь.

3. За способом індивідуального підганяння. Складання полягає у тому, що для досягнення відповідної посадки деталі після виготовлення дооброблюють ручним способом для отримання певної форми, розмірів і шорсткості поверхні. Цього досягають шліфуванням, розвертанням, притиранням тощо. Такий спосіб складання застосовують в одиничному та малосерійному виробництві.

В процесі складання спочатку із деталей складають вузли, а потім із вузлів і окремих деталей - машину.

Залежно від обсягу випуску продукції застосовують стаціонарне та рухоме складання.

1. Стаціонарне складання. Цей вид складання проводять в експериментальних цехах бригадою фахівців, які виконують різні операції. До місця складання подають усі деталі, вузли та інструменти, необхідні для складання та доведення деталей до потрібного розміру. У процесі стаціонарного складання деталі необов'язково мають бути взаємозамінними. Цей вид складання малопродуктивний. Його застосовують в одиничному та малосерійному виробництві.

2. Рухоме складання. У ході цього виду складання основна деталь

майбутнього виробу послідовно переміщується від одного місця праці до іншого. На кожному місці виконують певну складальну операцію. Місця праці оснащені пристроями та інструментами, необхідними для виконання цих операцій. Виріб, який складають, переміщується за допомогою транспортних засобів - роликів конвеєрів, візків, транспортерів тощо. Вибір транспортного засобу залежить від виду виробу, який складають. Рухоме складання застосовують у масовому та великосерійному виробництві.

Необхідні умови рухомого складання: повна взаємозамінність деталей, вузлів; певна кількість робітників, інструментів і деталей на місці праці. Окрім того, слід пам'ятати, що рухоме складання потокове. У ході рухомого складання переміщення виробів можна сполучати з виконанням інших операцій, наприклад, з миттям, висушуванням, фарбуванням тощо.

Продукція, отримана внаслідок рухомого складання, є якіснішою і має меншу собівартість. Продуктивність складальних цехів та дільниць більша порівняно зі стаціонарним складанням.

Основним техніко-економічним показником складального процесу є витрати на складання. Вони містять у собі заробітну платню робітників, які безпосередньо працюють у процесі складання, амортизаційні відрахування від вартості обладнання (інструментів, верстатів, пристроїв тощо), загальновиробничі витрати. Окрім цього показника є такі: трудомісткість окремих складальних операцій і загальна трудомісткість складання виробів і ін.

Більшість складальних робіт (60-80%) виконують ручним способом. Для зменшення їх частки потрібно підвищити ступінь взаємозамінності; уніфікувати (уніфікація - від уні... і ...фікація - приведення чогось до єдиної форми) елементи та конструкції деталей машин і вузлів; механізувати й автоматизувати процеси складання. Взаємозамінність і уніфікація дають великий ефект під час складання. Окрім того, вони є передумовою для впровадження механізації й автоматизації.

Перспективним напрямком вдосконалення складання є створення та

впровадження на підприємствах роботів-складальників, особливо під час виконання монотонних робіт.

Кінцевою стадією складання машин є контроль і випробування виробів. Контроль проводять у процесі складання окремих вузлів і після складання цілого виробу. На машинобудівних підприємствах виконують вибірковий і обов'язковий контроль. Відповідальні вузли підлягають обов'язковому контролю. Від якості їх складання залежать основні експлуатаційні показники виробів (продуктивність, надійність, довговічність тощо).

Після перевірення окремих з'єднань і вузлів машина проходить випробування. Перевіряють роботу машини та взаємодію усіх механізмів, а також потужність, продуктивність і точність. Випробування проводять із навантаженням і без нього. Вибір способу випробування залежить від виду, призначення та обсягу випуску машин.

На основі результатів іспитів виписують паспорт.