

# ЛЕКЦІЯ 11

## Отримання заготовок обробкою тиском.

### Загальні поняття.

*Тиском* виготовляють вироби (заготовки і деталі) з металів, сплавів та інших конструкційних матеріалів.

Основними способами обробки конструкційних матеріалів тиском є вальцювання, вільне кування, штампування, пресування і волочіння.

В основі обробки металів і сплавів тиском лежить пластична деформація під дією зовнішніх сил, після якої метали і сплави зберігають надану їм форму.

На пластичність металів і сплавів впливають будова їхніх комірок, хімічний склад і структура. Велике значення мають умови деформування: температура заготовки, швидкість деформування тощо.

Велику пластичність мають метали і сплави, комірки яких відповідають формі куба (наприклад мідь, залізо, алюміній тощо).

Вміст компонентів у сплаві також впливає на його пластичність. Наприклад, зі збільшенням вмісту вуглецю у сталі пластичність зменшується. Якщо вміст вуглецю у сталі перевищує 1,5 %, сталь майже не піддається куванню. Кремній, хром і вольфрам збільшують пластичність сталі. Фосфор і сірка надають сталі крихкості. Зменшують пластичність сплавів різні фази, неметалеві включення і порожнини.

Важливим фактором, який впливає на пластичність металів і сплавів, є теплота. З підвищенням температури нагрівання металів і сплавів їхня пластичність збільшується.

У процесі деформування металів і сплавів змінюються їхні властивості: міцність, твердість, крихкість, пластичність, ударна в'язкість тощо.

Зміну властивостей, пов'язану з деформацією ненагрітої (холодної) заготовки, називають *наклепом*. Позбутися наклепу можна термічною обробкою.

У процесі гарячої деформації (заготовка, нагріта до певної температури) пластичність металів більша, ніж у процесі холодної, тому гаряча деформація супроводжується меншими витратами енергії, ніж холодна.

Нагрівання заготовок перед обробкою тиском впливає на

якість і вартість продукції. Основні вимоги до нагрівання заготовок: рівномірне прогрівання її до певної температури за мінімальний час з найменшою втратою металу на утворення окалини (оксидних плівок) і економною втратою палива та електроенергії. Недотримання цих вимог призводить до утворення в заготовці дефектів (тріщини, окислення, перегрівання, пригар) і зростання витрат.

Для нагрівання заготовок використовують печі (вогневі, електричні), індукційне і контактне нагрівання.

За джерелом теплової енергії печі поділяють на вогневі і електричні.

Джерелом теплової енергії у *вогневих печах* є паливо (мазут, природний, коксовий, доменний та інші гази або їх суміші).

В *електропечах* заготовки нагрівають теплотою, яка виділяється в процесі проходження електричного струму в нагрівачах, що мають великий опір.

За розподілом температури у просторі, що нагрівається, печі поділяють на камерні і методичні.

У *камерних печах* температура однакова в усьому просторі, що нагрівається. Це печі періодичної дії. Різновидом камерних печей є колодязі, що нагріваються, в яких нагрівають великі виливки перед гнуттям. У колодязях заготовки розміщують вертикально по 6–8 штук одночасно.

*Методичні печі* є дуже продуктивними печами безперервної дії. У цих печах заготовки нагріваються поступово в процесі переміщення їх від місця завантаження у вихід з печі. Для цього печі оснащені механізмами для проштовхування заготовок. Для більш повного використання теплоти пічних газів печі оснащені теплообмінниками-рекуператорами і регенераторами, за допомогою яких використовують теплоту вихідних газів для підігрівання повітря і газового палива. Питомі витрати палива в методичних печах менші, ніж у камерних, а продуктивність їх більша. Методичні печі використовують у масовому виробництві. Кожна піч оснащена допоміжними механізмами для закриття і відкриття дверей, пристроями для завантаження і вивантаження великих заготовок. Сучасні печі обладнані різними приладами і автоматичними системами регулювання температури, завдяки чому поліпшується якість нагрітих заготовок, зменшуються витрати палива, збільшується

продуктивність печей і поліпшуються умови роботи.

Прогресивним методом нагрівання заготовок перед обробкою тиском у масовому виробництві є *індукційне і контактне нагрівання*. Ці способи нагрівання заготовок найчастіше використовують у ковальських цехах.

Швидкість електронагрівання при використанні цих методів у 10–20 разів більша, ніж у печах, а інтенсивність утворення окалини – в 4–5 разів менша. Крім того, поліпшуються умови роботи.

Обмеженням широкого впровадження індукційного і контактного нагрівання заготовок є часта заміна індукторів, які залежать від форми і розмірів заготовки, і мала стійкість контактів під час електроконтактного нагрівання.

Способи отримання заготовок тиском

#### *1. Вальцювання.*

Після розливання металів і сплавів у розливальниці або на машинах безперервного розливання отримані заготовки надходять на вальцювання. Його проводять на вальцювальницях. Вальцювання є найбільш поширеним видом обробки тиском металів, сплавів та інших конструкційних матеріалів.

*Гнуттям* називають спосіб виготовлення виробів обтисканням заготовки обертовими валками вальцювальниці.

Виріб, отриманий гнуттям, називають *гнуття*.

Відстань між валками вальцювальниці називають *зазором*. Він завжди менший за товщину заготовки. В процесі обтискання товщина заготовки зменшується, а довжина і ширина збільшуються.

На практиці застосовують такі основні види вальцювання: поздовжнє, поперечне і поперечно-гвинтове (рис. 1).

При *поздовжньому вальцюванні* (рис. 1, а) валки 1 обертаються назустріч один одному, а заготовка 2 рухається перпендикулярно до осей валків. Товщина (висота) заготовки зменшується, а довжина і ширина збільшуються. Це найбільш поширений вид вальцювання. Близько 90 % усієї продукції отримують цим способом.

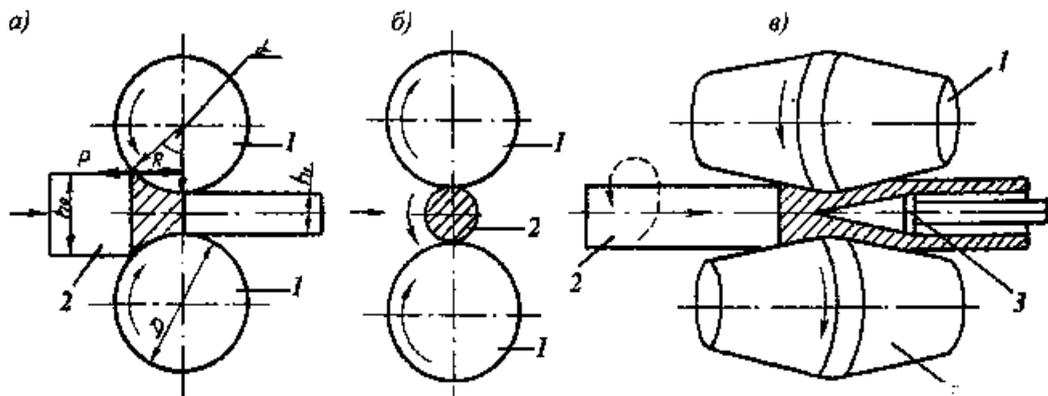


Рис. 1. Схеми вальцювання:

*а* – поздовжнє; *б* – поперечне; *в* – поперечно-гвинтове

У процесі *поперечного вальцювання* (рис. 1, б) валки 1 обертаються в одному напрямку, а заготовка 2, яка обтискається ними, – в протилежному. Так виготовляють, наприклад, трибові колеса.

*Поперечно-гвинтове* вальцювання (рис. 1, в) характеризується розташуванням валків під кутом один до одного. Валки обертаються в одному напрямку і надають заготовці 2 одночасно оберտального і поступального руху. В результаті поєднання цих рухів заготовка переміщується по гвинтовій лінії. Поперечне і поперечно-гвинтове вальцювання використовують, наприклад, для виготовлення безшовних труб.

До складу оснащення цеху, крім вальцювальниці, входять нагрівальні пристрої (печі) і устаткування для проведення термічної обробки і завершення обробки отриманих виробів.

На вальцювальницях отримують готові вироби і заготовки для подальшої обробки куванням, штампуванням, пресуванням, волочінням або різанням.

Продукцію, отриману гнуттям, класифікують за асортиментом (профілями і розмірами) та якістю.

*Профілем вальцювання* називають форму її поперечного зрізу. Сукупність різних профілів і розмірів становить асортимент вальцювання. Весь асортимент вальцювання можна поділити на чотири групи: сортові, листові, трубні, спеціальні.

*Сортове вальцювання* використовують для виготовлення машин, верстатів і різних конструкцій. На рис. 1 показані деякі види сортового вальцювання загального і спеціального призначення. Прикладом вальцювання загального призначення є

квадратне, кругове, штабне, кутове тощо. До гнуптя *спеціального призначення* належить рейкове, а також вальцювання, яке використовують в авто-, тракторо-, вагонобудуванні і будівництві. Сортове вальцювання отримують за допомогою валків, поверхня яких має западини, що відповідають формі потрібного вальцювання.

*Листове вальцювання* поділяють на товсте, тонке і фольгу. Тонкі листи мають товщину до 4 мм. Листи, товщина яких перевищує 4 мм, належать до товстих.

Труби залежно від технології виготовлення поділяють на безшовні і зварні. *Безшовні труби* виготовляють двома етапами: спочатку виготовляють гільзу, потім трубу. *Зварні труби* виготовляють з металевих листів за допомогою різних способів зварювання. Ці труби більш дешеві порівняно з безшовними, але в зоні шва мають гірші механічні властивості і стійкість до корозії.

## 2. Кування.

*Куванням* називають спосіб виготовлення виробу деформуванням нагрітої заготовки під дією молота або преса. У процесі кування інструмент чинить багаторазовий, переривчастий вплив на нагріту заготовку, в результаті чого вона, деформуючись, поступово набуває заданої форми і розмірів.

Виріб, виготовлений куванням, називають *поковкою*, а цех, в якому її виготовляють, – *ковальським*.

Для виготовлення поковок використовують продукцію ливарних і вальцювальних цехів. Кування застосовують в одиничному і малосерійному виробництві. Готові поковки мають різні форму і масу: від декількох грамів до 300 т і більше.

У більшості випадків поковки є заготовками, з яких різанням виготовляють деталі машин. Вони мають великий припуск на обробку.

У процесі виготовлення поковок відходи складають 25–30 % маси заготовки, з них 2–3 % – це окалина, яка утворилася за одне нагрівання заготовки. Чим складніша форма заготовки, тим більшу кількість разів її нагрівають.

*Вільне кування* здійснюють ручним і машинним способом. Інструментами в процесі кування є ковадло, молоти, сокири, обтискачі, прошивки тощо.

Технологічний процес кування складається з окремих операцій, основними з яких є протягування, осаджування,

згинання, рубання і ін.

*Протягування* застосовують для збільшення довжини заготовки. При цьому зменшуються її поперечні розміри. В процесі протягування заготовка витягується і трохи розширюється.

У процесі *осаджування* зменшується висота заготовки і збільшуються її поперечні розміри. Осаджування лежить в основі виготовлення дисків, фланців тощо.

*Згинанням* виготовляють гаки, скоби, якорі тощо. Під час цієї операції заготовку згинають під потрібним кутом. Місце вигину нагрівають.

*Рубанням* заготовку поділяють на частини. В процесі рубання використовують прямі і фасонні сокири.

Дрібні і середні поковки масою до 1 т виготовляють у *ковальсько-пресових цехах* за допомогою пресів. У процесі виготовлення поковок утворюються великі втрати металу: чим складніша за формою поковка, тим більші втрати металу.

#### *Штампування.*

*Штампуванням* називають спосіб виготовлення виробів за допомогою спеціальних форм-штампів.

Кожен штамп призначений для отримання виробів лише певної форми і розміру (рис. 2).

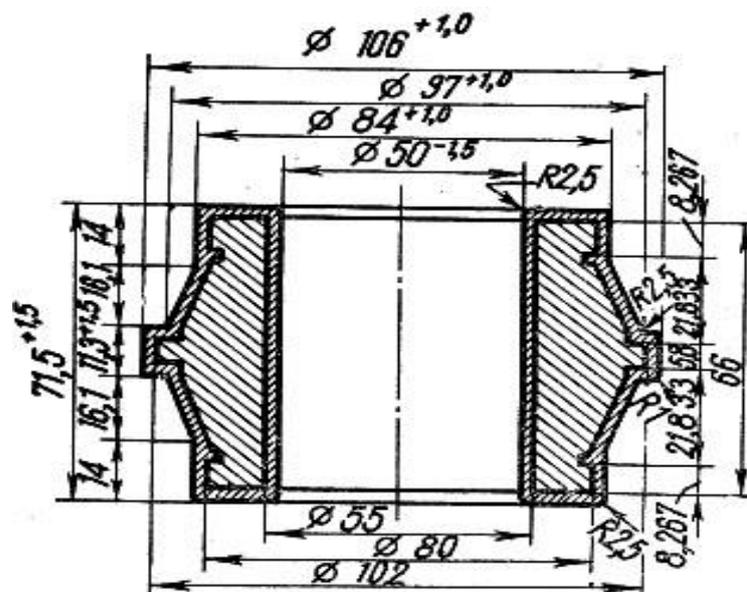


Рис. 2. Заготовка внутрішнього кільця підшипника у вигляді штамповки

Виріб, отриманий штампуванням, також називають

*штамповкою.*

Заготовки перед штампуванням можуть бути нагрітими до певної температури або ні. Залежно від цього штампування називають *гарячим* або *холодним*.

Залежно від форми заготовки штампування буває об'ємне і листове.

*Об'ємне штампування* здійснюють у штампах, які складаються з двох частин: верхньої та нижньої. У процесі об'ємного штампування метал переміщується від центру заготовки до країв, обмежених стінками порожнини штампа. Внутрішня порожнина штампа є відображенням зовнішньої форми виробу, що треба виготовити.

Порівняно з вільним куванням об'ємне штампування має такі переваги:

- невеликі вимоги до спеціальних навичок працівників; отримані вироби (штамповки) мають менший припуск на обробку різанням (у 3–4 рази);

- більш точна форма штамповок; висока продуктивність (у 50–100 разів) тощо.

Недоліками об'ємного штампування є:

- обмеженість маси штамповок (0,3–100 кг, у деяких випадках – до 1,5 т);

- будь-яка нова штамповка потребує виготовлення нового штампа (вартість штампів дуже велика і вони придатні лише для певного виробу-штамповки).

Технологічний процес об'ємного штампування складається з таких операцій:

- різання вальцювання на заготовки певного розміру і маси;
- нагрівання заготовок;
- штампування нагрітих заготовок;
- обрізання зайвого металу (облої);
- виправлення штамповки;
- термічна обробка;
- очищення поверхонь штамповки від окалини тощо.

*Листовим штампуванням* виготовляють плоскі і об'ємні тонкостінні вироби з листів за допомогою штампів.

Штампи складаються з матриці і пуансона, які деформують заготовку: матриця надає заготовці зовнішньої форми, пуансон – внутрішньої. Листове штампування може бути *гарячим* і *холодним*.

Найбільш поширене холодне штампування з металевих листів товщиною 0,1–5 мм. Вироби, товщина стінок яких перевищує 5 мм, отримують гарячим штампуванням.

Листове штампування – економічний і продуктивний спосіб виготовлення як простих, так і складних за формою виробів.

Листовим штампуванням виготовляють деталі велосипедів, автомобілів, мотоциклів, рами і кузови автомобілів, деталі приладів, літаків, вагонів тощо.

Основний недолік листового штампування – значні відходи (до 40 %).

### 3. Волочіння та пресування.

*Волочінням* називають спосіб виготовлення виробів протягуванням заготовки через спеціальний отвір під дією зовнішньої сили.

Інструмент, в якому зроблено кілька отворів, називають волочільною дошкою, волоком або матрицею. Волоки виготовляють з інструментальної сталі, твердих сплавів і технічних алмазів. Для зменшення тертя в отворі волока заготовку змащують мінеральними мастилами, графітом або іншими речовинами. Мастило зменшує витрати енергії і шорсткість поверхні виробу. На рис. 3, а схематично зображено процес волочіння: загострену заготовку 2 протягують через отвір волока 1 і отримують виріб.

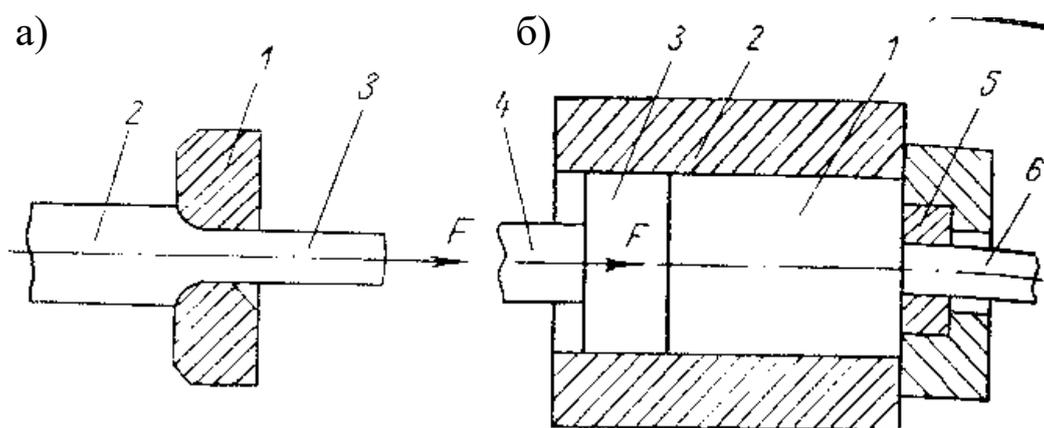


Рис. 3. Схеми способів виготовлення виробів тиском:  
а – волочіння; б – пресування

Виріб, отриманий волочінням, називають *волочінням*.

Волочінням виготовляють тонкий дріт (діаметром 16–0,002 мм), прутки різного профілю і труби з товщиною стінки 0,05–15 мм. Вироби, виготовлені волочінням, мають велику точність розмірів, а поверхня – меншу шорсткість.

У процесі волочіння заготовка може бути гарячою чи холодною.

У ході *холодного волочіння* кінець заготовки загострюють, щоб він вільно пройшов через отвір волока, і захоплюють волочильними кліщами. Внаслідок тертя, що виникає під час проходження металеві заготовки через отвір, отриманий дріт наклепується, структура стає волокнистою. Щоб позбутися наклепу, дріт відпалюють.

У ході *гарячого волочіння*, яке проводять дуже рідко, заготовку попередньо відпалюють для отримання дрібнокристалічної структури металу і підвищення її пластичності, потім очищають від окалини в розчині сірчаної кислоти і промивають у нейтралізуючій розчині. Швидкість волочіння залежить від температури нагрівання заготовки і діаметра виробу.

*Пресуванням* називають спосіб виготовлення виробів витісненням заготовки із замкненої порожнини (контейнера) через отвір у матриці.

У процесі пресування (рис. 3, б) конструкційний матеріал (заготовка) переміщується лише в напрямку отвору. Отвори можуть мати різну форму. У процесі пресування отримують вироби, поперечний зріз яких відповідає формі отвору.

Виріб, отриманий пресуванням, називають *пресуванням*.

Пресуванням виготовляють дріт з найменшим діаметром 5 мм, прутки діаметром 5–250 мм, труби із зовнішнім діаметром 200 – 400 мм і найменшою товщиною стінки 1,25 мм та інші вироби. Пресуванням виготовляють вироби з міді, алюмінію, цинку, свинцю, магнію та їхніх сплавів, а також зі сталі. Заготовки з більшості металів і сплавів перед пресуванням нагрівають.

Пресування може бути двох видів – одностороннє і зустрічне.

У ході *одностороннього пресування* (рис. 3, б) напрямки руху (переміщення) заготовки і пуансона збігаються. Нагріту заготовку 1 закладають у контейнер 2, куди вкладають також прес-шайбу 3. Пуансон 4 тисне на прес-шайбу, внаслідок чого метал

заготовки видавлюється через отвір матриці 5 у вигляді прутка (виробу) 6. Витіснити з контейнера весь метал не вдається. У ньому залишається 8–12 % маси заготовки. Одностороннім пресуванням виготовляють труби і дріт.

У ході зустрічного пресування матриця об'єднана з пресшайбою.

У процесі пресування заготовка залишається нерухомою, переміщується матриця. Метал заготовки видавлюється назустріч руху матриці. Зустрічне пресування потребує менших зусиль, ніж одностороннє. Крім того, в контейнері залишається невикористаним менший залишок металу (6–10 %). Цим способом пресують труби і дріт.

Змінюючи матрицю, можна легко перейти від виготовлення виробів одного профілю до виготовлення іншого профілю. Тому невеликі партії виробів з одним профілем економніше виготовляти пресуванням, ніж гнуттям.

У табл. 1 подано характеристику застосування різних способів отримання заготовок тиском.

Таблиця 4.2

Характеристика методів обробки заготовок тиском [29]

Метод виконання заготовок	Розмір або маса	Товщина стінки, мм	Форма заготовки	Матеріал	Тип виробництва
1	2	3	4	5	6
1. Кування: на молотах і пресах	До 250 т	3-5	Проста	Вуглецеві і леговані сталі, спеціальні сплави	Одиничне і дрібно-серійне
на молотах у підкладних кільцях і штампах	10 кг і більше	3-5	Середньої складності	Те саме	Дрібно-серійне
на радіально-кувальних машинах	Діаметр прутка (труби) до 150 мм	3-5	Ступінчасті тіла обертання	»	Серійне
2. Штампування: на молотах і пресах	До 0,4 т	2,5	Обмежена можливістю вилучення заготовки із штампа	»	Серійне і масове

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
з наступним калібруванням	Площа поверхні, яка калібрується, 2,5-80 см <sup>2</sup>		Обмежена можливістю вилучення заготовки із штампа	Вуглецеві і леговані сталі, спеціальні сплави	Серійне і масове
висадкою на горизонтально-кувальних машинах	До 0,015 т	2,5	Проста	Сталі та кольорові метали	Те саме
безоблойне	До 0,015 т	-	Прості	Те саме	»
видавлюванням	Діаметр до 200 мм	Для алюмінієвих сплавів	Прості (переважно тіла обертання)	Вуглецеві і леговані сталі, спеціальні сплави	»
на карбувальних кривошипно-колінних пресах	До 0,1 т	2,5	Середньої складності	Вуглецеві і леговані сталі, спеціальні сплави	Серійне і масове

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
3. Фасонне вальцювання на кувальних вальцях	До 0,05 т	2,5	Те саме	Те саме	Те саме
4. Прокатка заготовок на поперечно-гвинтових і спеціальних верстатах	До 0,25 т	2,5	Тіла обертання	»	»
5. Холодна висадка на автоматах	Діаметр 1-30 мм	2,5	Тіла обертання	»	»
6. Волочіння прутків через спеціальні профілі для подальшого виготовлення штучних заготовок	Діаметр 1-25 мм	2,5	Фасонний профіль	»	»