

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

В. Л. Пахаренко, М. М. Марчук, Р. М. Ігнатюк

**ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ
(СУЧАСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ
ТИСКОМ)**

Навчальний посібник

Рівне 2023

УДК 621.7.(075)

П12

Рецензенти:

Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Гевко І. Б., доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя, м. Тернопіль.

*Рекомендовано вченою радою Національного університету
водного господарства та природокористування.*

Протокол № 10 від 25 листопада 2022 р.

Пахаренко В. Л., Марчук М. М., Ігнатюк Р. М.

П12 Технологія обробки матеріалів (сучасні методи обробки металів тиском) : навч. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2023. – 125 с.

ISBN 978-966-327-544

Навчальний посібник написано відповідно до робочих програм дисциплін «Технологія обробки матеріалів», «Сучасні методи обробки металів тиском» для студентів механічних спеціальностей не машинобудівних закладів вищої освіти. Він містить теоретичні відомості про загальні принципи обробки металів тиском, пристрої та інструменти, основні типи прокатних станів, молотів і пресів. Наведено основні залежності для розрахунку елементів обладнання для різних видах обробки та порядок їх розрахунку.

Табл. Іл. 90. Бібліогр. 20 назв.

УДК 621.7.(075)

ISBN 978-966-327-544

© В. Л. Пахаренко, М. М. Марчук
Р. М. Ігнатюк, 2023

© НУВГП, 2023

Зміст

Передмова	4
1. Фізико-механічні основи обробки металів тиском	6
1.1. Загальна характеристика обробки металів тиском	6
1.2. Фактори, які впливають на пластичність металу	9
1.3. Класифікація процесів обробки металів тиском	13
1.4. Поняття про холодну та гарячу обробку тиском	18
2. Прокатування як один із методів обробки металів тиском	23
2.1. Суть процесу прокатування	23
2.2. Класифікація прокатування	26
2.3. Будова прокатних станів та їх класифікація	28
2.4. Продукція прокатного виробництва	32
3. Волочіння як один із методів обробки металів тиском	46
3.1. Суть процесу волочіння	46
3.2. Будова волочильних станів та їх класифікація. Інструмент	49
3.3. Технологія волочильного виробництва	55
4. Пресування як один із методів обробки металів тиском	57
4.1. Суть процесу пресування	58
4.2. Класифікація пресування	59
4.3. Обладнання та інструмент для пресування	60
4.4. Продукція, отримана пресуванням	63
5. Кування як один із методів обробки металів тиском	64
5.1. Класифікація та суть процесу кування	65
5.2. Основні операції кування	66
5.3. Знаряддя та інструмент для кування	79
6. Штампування як один із методів обробки металів тиском	89
6.1. Гаряче об'ємне штампування. Суть процесу та його види	89
6.2. Обладнання для гарячого об'ємного штампування	93
6.3. Холодне штампування. Суть процесу, його види та обладнання	102
6.4. Листове штампування. Суть процесу, його види та обладнання	109
Використана література	122
Додаток А	124

ПЕРЕДМОВА

Під обробкою металів тиском розуміють процес дії на них зовнішніх сил, під дією яких метал, в результаті надлишкових деформацій, змінює свою форму в необхідному напрямку без руйнування, форма і розміри зберігаються і після припинення дії зовнішніх сил. Одночасно проходить зміна структури металу та його механічних властивостей.

Обробка металів тиском виконує дві основні задачі: отримання виробу складної форми із заготовок простої форми та покращення кристалічної структури вихідного литого металу з підвищенням його механічних властивостей. Вона забезпечує отримання заготовок для виробництва деталей, а в деяких випадках і самих деталей необхідної форми і розмірів з необхідними механічними та фізичними властивостями.

Незворотна зміна форми металу називається пластичною деформацією. За рахунок цієї деформації отримуємо вироби і напівфабрикати шляхом перерозподілу металу вихідної заготовки та розрізуванням його без знімання стружки під тиском робочого інструменту: валків, бойків, штампів, ножів тощо. Об'єм металу та його щільність при цьому практично не змінюється, тому об'єм вихідної заготовки рівний об'єму отриманого виробу (за виключенням об'єму відходів металу в даному процесі обробки).

Для отримання пластичної деформації метал необхідно ввести в напружений стан (напруга при цьому повинна бути більша його межі пружності, але менша межі міцності).

Крихкі метали та їх сплави обробляти тиском неможливо, оскільки вони не мають достатньої пластичності.

Із технічних металів найбільшу пластичність має свинець. Він легко деформується під тиском при кімнатній температурі. Олово, алюміній, мідь, цинк, низьковуглецева сталь також можуть бути оброблені тиском без нагріву. Пластичність середньо- і високовуглецевої сталі та інших металів і сплавів в холодному стані недостатня; при нагріві до певних температур їх пластичність підвищується і здатність до деформації зростає. Деякі метали та сплави непластичні і при нагріві (вони залишаються крихкими аж до розплавлення), наприклад, марганець, чавун тощо. Такі метали не можуть оброблятися тиском.

При пружній деформації металу в його кристалічній решітці змінюються тільки міжатомні відстані, які відновлюються після припинення дії сили, які їх викликають. Залишкові деформації металу проходять в результаті зсувів, які виникають в кристалічних зернах, з яких складається метал, а також зсувів між цими зернами.

Обробка тиском – прогресивний, економічний та ефективний спосіб металообробки, який розвивається в напрямку максимального наближення форм і розмірів заготовки до форми і розмірів деталі, що забезпечує краще використання металу, скорочення трудомісткості наступної обробки різанням і зменшує собівартість продукції, вироби мають точні розміри, гарну поверхню, більш високі механічні властивості порівняно із виливками.

Приблизно 90% сталі та 55% кольорових металів і сплавів, які виплавляються, оброблюють тиском. Із цих 90% сталі 75% оброблюють прокатуванням для отримання рейок, труб, листів, балок, дроту та іншого сортаменту; біля 15% оброблюють вільним куванням, штампуванням, волочінням і пресуванням.

1. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ОСНОВИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

1.1. Загальна характеристика обробки металів тиском. 1.2. Фактори, які впливають на пластичність металу. 1.3. Класифікація процесів обробки металів тиском. 1.4. Поняття про холодну та гарячу обробку тиском

1.1. Загальна характеристика обробки металів тиском

Обробка металів тиском ґрунтується на здатності у визначених умовах пластично деформуватися в результаті дії на заготовку зовнішніх сил.

Отримані виливки під час обробки тиском зазнають пружних і пластичних деформацій.

При пружних деформаціях тіло повністю відновлює вихідну форму і розміри після припинення дії зовнішніх сил. При пластичних деформаціях зміна форми і розмірів зберігається і після припинення дії цих сил.

Пружна деформація характеризується зміщенням атомів один відносно одного на величину, меншу міжатомній відстані. Після припинення дії зовнішніх сил атоми повертаються в попереднє положення.

Пластична деформація характеризується зміщенням атомів відносно один одного на величину, більшу міжатомній відстані. Після припинення дії зовнішніх сил атоми не повертаються в попереднє положення, а займають нове положення рівноваги.

Пластичне деформування включає пружну та пластичну складові (рис. 1.1).

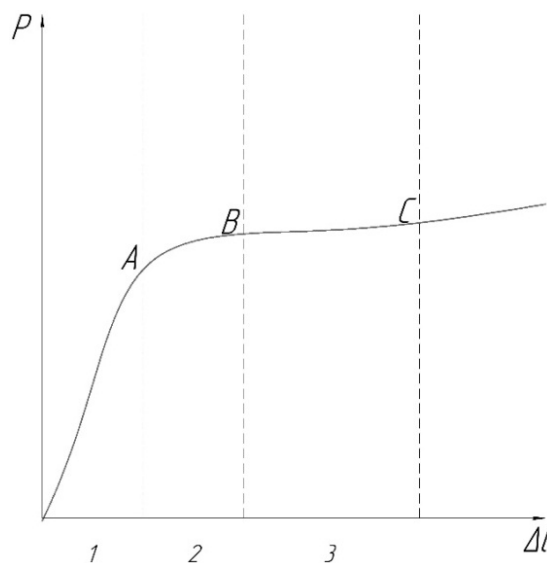


Рис. 1.1. Графік пластичного деформування при обробці металів тиском:
1 – зона пружної деформації; 2 – зона текучості; 3 – зона пластичної деформації

Будь-який деформуючий орган (валки, молот, бойки преса тощо) з силою P діють на заготовку, яка змінює свої розміри (Δl).

Процес обробки тиском починається з пружної фази до т. А (рис. 1.1). На цій прямій після припинення дії сили форма та розміри тіла відновлюються. Після т. А до т. В настає процес текучості металу, який закінчується початком пластичної деформації.

Пластична деформація на відріжку ВС характеризується не відновленням форми та розмірів тіла після припинення дії зовнішньої сили. Процес пластичної деформації закінчується відокремленням елемента металу (т. С).

Обробка металів тиском проходить в зоні, т. С характеризує такі види обробки, як прошивання, рубання та поділ заготовки на частини.

Обробка металів тиском забезпечує високу продуктивність праці завдяки високим швидкостям обробки та одночасному деформуванню всього об'єму заготовки або більшої її частини. Наприклад, при гарячому штампуванні за 1 хвилину на одному штампувальному молоті або пресі виготовляється дві-три заготовки складної форми масою 20–30 кг; при холодному штампуванні – продуктивність до 1500 мілких деталей в хвилину на одному прес-автоматі; при прокатуванні швидкість випуску готової продукції досягає 20–30 м/с.

Точність виробів, які отримуються обробкою тиском, висока, наприклад, прокатуванням отримують фольгу товщиною 2–3 мкм, з допуском в десятки долі мкм; волочінням виготовляють дріт діаметром 10–20 мкм, а холодним об'ємним і листовим штампуванням отримують готові деталі третього класу точності, які зразу поступають на зборку. При цьому чистота поверхні вказаних виробів досягає 9–10-го класів.

При пластичному деформуванні, коли атоми переміщуються в одній кристалографічній площині без зміни відстані між цими площинами, силові взаємодії атомів не пропадають, і деформації протікають без порушення суцільності тіла. При переміщенні атомів по визначених поверхнях кристалічної решітки проходить ковзання (зсув) однієї частини кристала відносно іншої (рис. 1.2).

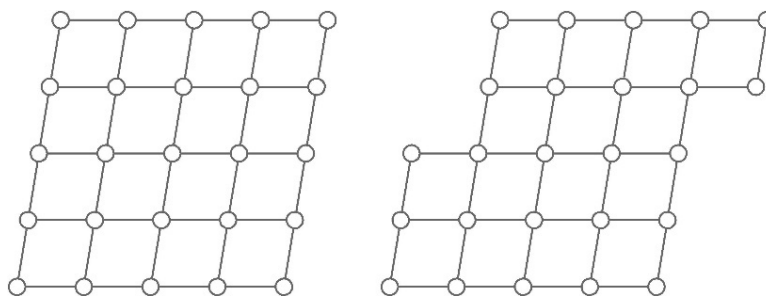


Рис. 1.2. Схеми ковзання атомів металу при його деформуванні

Зсув атомів проходить не при одночасному зміщенні атомів, а шляхом поступового переміщення мікроскачками вздовж площини ковзання дефектів кристалічної будови. При одночасному зсуві однієї частини кристалів відносно іншої потрібна була б напруга, в сотні разів більша ніж при деформації реальних металів.

При пластичному деформуванні немає лінійної залежності між напругою та деформуванням.

Обробка металів тиском проходить за рахунок пластичних переміщень (зсувів) частинок металу. В цьому полягає головна відмінність і перевага обробки тиском порівняно з обробкою різанням, при якій форма виробу отримується видаленням частини металу. Тому обробка тиском має малі відходи металу.

Пластичне деформування проходить на основі визначених залежностей. Об'єм металевих заготовок не змінюється і метал має можливість переміщуватись в різних напрямках. Метал, головним чином, тече в напрямку найменшого опору. Зусилля, які витрачаються на пластичне деформування двох геометрично подібних тіл різних розмірів за подібних умов деформування, пропорційні відповідним площинам поперечних перерізів (нормальних до деформуючого зусилля) і об'ємам цих тіл.

Пластичне переміщення металу починається, коли дотичні напруги, які діють в площині зсуву, досягають визначеної величини, яка залежить від властивостей металу та умов деформації. Величина пластичної деформації для гарячого металу може бути досить великою, а для холодного – знаходиться у визначених невеликих межах.

Показники пластичності

При розтягуванні ϵ відносне видовження:

$$\Delta l = \frac{l-l_1}{l}, \quad (1.1)$$

де l – довжина заготовки до деформування; l_1 – довжина заготовки після деформування.

при динамічному згині – ударна в'язкість;

при скручуванні – число кручень до злому;

при статичному згині – порушення суцільності поверхні;

при осадці та прокатуванні – відносне стиснення.

1.2. *Фактори, які впливають на пластичність металу*

При пластичному деформуванні метал піддається напрузі, яка більша за межу пружності та менша межі міцності.

На пластичність металу впливають: температура, хімічний склад, величина зерна, швидкість деформації та стан напруги.

Вплив температури

З підвищенням температури нагріву пластичність металів, як правило, збільшується, а міцність зменшується.

При нагріванні нижче температури початку рекристалізації метал переходить із нестійкого стану наклепу в стійкий рівноважний стан. Цей процес супроводжується зміною структури та властивостей металу. При цьому проходить поступове знімання напруг і вирівнюванням деформованої кристалічної решітки. Видовжені зерна не змінюються, але в значній мірі знижуються залишкові напруги, які виникають при литті, обробці тиском тощо. Цей процес називають зворотом металу.

Але у вуглецевих сталей при температурі 100–400° С пластичність зменшується, а міцність збільшується. Цей інтервал температур називають зоною крихкості або синьоламкістю сталі, що пояснюється випаданням дуже мілких частинок карбідів по площинах ковзання при деформуванні.

Із зростанням температури нагріву пластичність металів неперервно збільшується, а їх міцність (опір деформуванню) зменшується. Виключенням є проміжний інтервал температур між холодними і гарячими деформаціями.

При обробці сталі тиском нагрів повинен бути досить високим, але надмірний нагрів приводить до утворення крупнозернистої будови металу, тому що з підвищенням температури збільшується розмір зерна.

Вплив хімічного складу

Різні метали та сплави мають різну пластичність. Мідь більш пластична ніж сталь. При збільшенні в сталі вуглецю, сірки та фосфору пластичність зменшується.

При вмісті у сталі вуглецю більше 1,5% вона дуже погано піддається куванню. Сірка з'єднується із залізом та утворює сульфід заліза FeS , який у вигляді евтектики розміщується по межах зерен і при нагріванні до 1000° С розплавляється. В результаті чого зв'язок між зернами порушується і сталь стає крихкою. Це явище називають **червоноламкістю**. Фосфор збільшує межі міцності та текучості, але зменшує (особливо при низьких температурах) пластичність і в'язкість сталі, викликаючи таке явище, як **холодноламкість**.

Марганець і кремній також зменшують пластичність. Марганець утворює тугоплавке з'єднання MnS і виключає дію сірки.

Нікель і ванадій у певних межах підвищують пластичність сталі, а хром і вольфрам навпаки – зменшують.

Найбільшу пластичність мають чисті метали та сплави твердих розчинів.

Вплив величини зерна

Метали з крупнозернистою будовою мають більш високу пластичність, ніж метали з мілкозернистою будовою. Але це положення дійсне лише до певних меж розмірів зерна, після яких збільшення розмірів буде впливати на внутрішню однорідність металу.

Вплив швидкості деформування

Зі збільшенням швидкості деформації опір металу деформуванню збільшується. Це пояснюється тим, що процес рекристалізації протікає за певний час і при великих швидкостях деформації можуть не завершитись.

Обробка тиском на пресах і кувальних машинах виконується при швидкості робочих органів 0,1–0,5 м/с, на молотах 5–10 м/с, при штампуванні на високошвидкісних молотах – 20–30 м/с. Механічні властивості металів визначаються при швидкостях деформування до 10 м/с.

Динамічна деформація під молотом викликає більший опір металу ніж під пресом. При швидкості деформації, яка є більшою за допустиму, пройде руйнування металу, який деформується.

При збільшенні швидкості деформування різко зменшується пластичність деяких високолегованих сталей, магнієвих і мідних сплавів. При обробці тиском нагрітого металу це можна пояснити впливом двох протилежних процесів: зміцненні при деформації та знімання міцності внаслідок рекристалізації. При великих швидкостях деформування зміцнення проходить швидше за знімання міцності. Пояснюється це тим, що процес рекристалізації не встигає завершитись при великих швидкостях деформації і спостерігається явище зміцнення металу. Тому для отримання однієї і тієї ж деформації заготовки під молотком приходиться затрачати більшу роботу і зусилля ніж при куванні її під пресом.

Також при великих швидкостях деформування спостерігається тепловий ефект пластичної деформації (енергія, яка йде на пластичну деформацію, перетворюється на тепло).

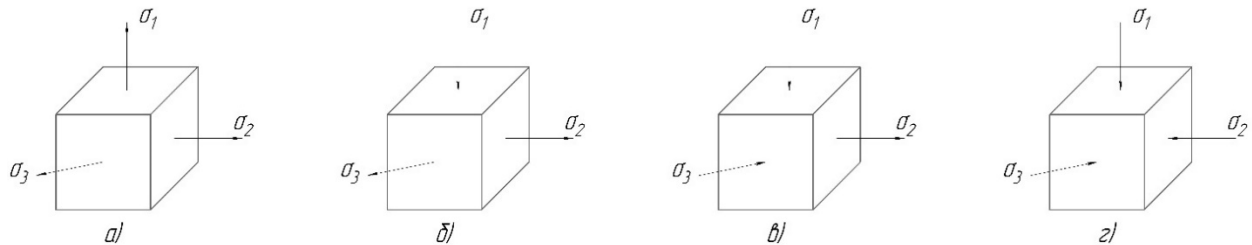
Вплив стану напруг (напружено-деформованого стану)

Напружений стан характеризується схемою головних напруг. Головні напруги – це нормальні напруги, які діють в трьох взаємно-перпендикулярних площинах, на яких дотичні напруги відсутні. Діють ці напруги в елементарно малому об'ємі в деформованому тілі.

Об'ємно-напружений стан суттєво впливає на пластичність металу та опір його деформуванню. Майже всі види обробки металів тиском протікають в умовах об'ємно-напруженого стану під дією трьох головних напруг зі знаком «+» або «-».

Існують чотири схеми об'ємно-напруженого стану (рис. 1.3).

Схема **a** (рис. 1.3) характеризується рівномірним розтягом, при якому головні напруги α_1 , α_2 , α_3 рівні між собою. По цій схемі повністю відсутні напруги зсуву, відповідно пластична деформація неможлива.



*Рис. 1.3. Схеми об'ємно-напруженого стану при обробці металів тиском:
a – рівномірного розтягу; б – однобічним стисненням і двобічним розтягом;
в – двобічним стисненням і однобічним розтягом; г – всебічним нерівномірним стисненням*

Схема **б** (рис. 1.3) характеризується однобічним стисненням (α_1) і двобічним розтягом (α_2 , α_3). По цій схемі існує обмежене деформування і відносно досить низька пластичність.

Схема **в** (рис. 1.3) характеризується двобічним стисненням (α_1 , α_3) і однобічним розтягом (α_2). По цій схемі можливі невеликі деформації і відповідно низька пластичність.

Схема **г** (рис. 1.3) характеризується всебічним нерівномірним стисненням. В цьому випадку можливі два варіанти співвідношення напруг: ($\alpha_2 = \alpha_3$), ($\alpha_1 > \alpha_2$), ($\alpha_1 > \alpha_3$) або ($\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$). По цій схемі з'являються інтенсивні стискаючі напруги, які дозволяють виконувати деформацію малопластичних металів і сплавів (в цьому випадку руйнування металу відсутнє). По цій схемі забезпечується найвища пластичність металу, але за умови, коли ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$) пластична деформація неможлива.

Схеми об'ємно-напруженого стану дозволяють говорити про пластичність металу. Чим меншу роль грають напруги, які розтягують заготовку, тим більшу роль виконують стискаючі, тим вища пластичність металу в процесі його обробки. Тому, наприклад, при пресуванні пластичність металу вища, ніж при волочінні.

Деформуючий стан в елементарно малому об'ємі характеризується схемою головних деформацій, які виникають в напрямку головних осей, перпендикулярних до площин, в яких дотичні напруги відсутні. Сукупність схем головних напруг і головних деформацій дозволяє говорити про характер головних напруг і деформацій при різних видах обробки тиском і пластичності металу.

Підвищити стискаючі напруги при обробці тиском можливо, якщо створювати бічний тиск на метал жорсткими стінками інструменту.

Схема головних деформацій з однією деформацією розтягу \mathcal{E}_2 (рис. 1.4, а) характерна для волочіння та пресування. Схема головних деформацій з двома деформаціями розтягу ($\mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$) (рис. 1.4, б) характерна для прокатування, кування, об'ємного штампування. Схема всебічного нерівномірного стиснення ($\mathcal{E}_1 \neq \mathcal{E}_2 \neq \mathcal{E}_3$) (рис. 1.4, в) має місце при куванні у вирізаних бійках і обжимках, пресуванні профілів, прокатування в калібрах, штампуванні в закритих штампах та інших процесах обробки тиском з обмеженими стінками інструменту текучістю металу.

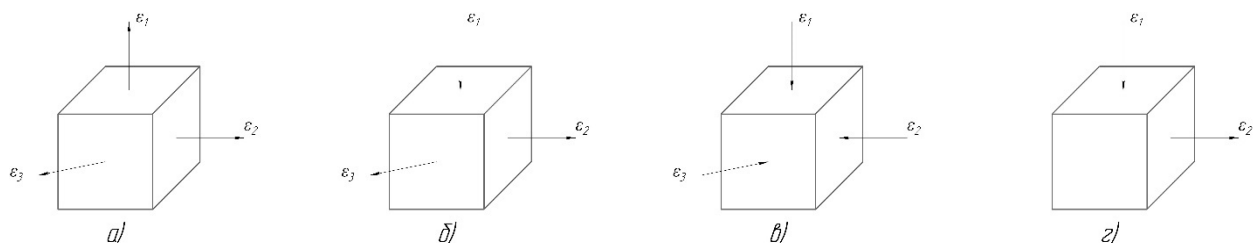


Рис. 1.4. Схема головних деформацій при обробці металів тиском:
 а – з однією деформацією розтягу; б – з двома деформаціями розтягу;
 в – всебічного нерівномірного стиснення; з – двохвісна

Двохвісна схема деформування (\mathcal{E}_2) (рис. 1.4, з) виникає при прокатуванні широких смуг і на деяких операціях листового штампування.

Схема головних деформацій дає можливість уявити характер формування волокон і зерен, які формують фізико-механічні властивості металу при обробці його тиском.

1.3. Класифікація процесів обробки металів тиском

Обробка металів тиском проводиться як в холодному, так і гарячому стані металу, який обробляється. Основними видами обробки металів тиском є: прокатування, пресування, волочіння, вільне кування, об'ємне і листове штампування. В холодному стані виконується: волочіння, листове та частково об'ємне штампування, частково прокатування.

Так само, ці основні види обробки металів тиском поділяються на типи і підвиди.

Прокатування – це процес обтиснення металу двома валками прокатного стану, які обертаються (рис. 1.5).

Під час прокатування металеві заготовки обтискаються між робочими валками, які обертаються назустріч один одному на прокатному стані. За рахунок сили тертя $P_{тр}$ заготовка втягується між валками, а сили P нормальні до поверхні валків зменшують товщину металу, який прокатується, і збільшують його довжину.

Прокатуванням отримують вироби з постійним по довжині поперечним перерізом (прутки, рейки, листи, балки, труби) або формою, яка періодично змінюється по довжині.

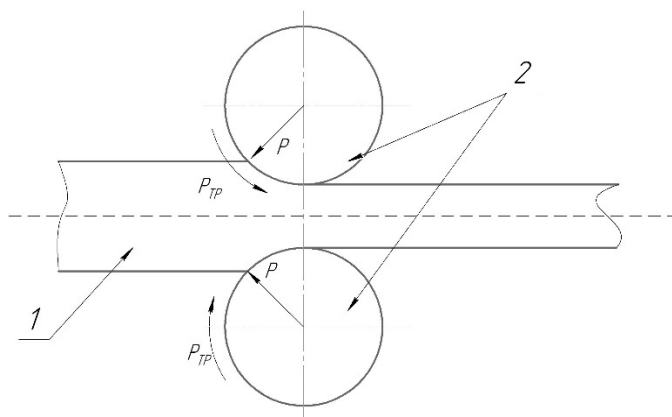


Рис. 1.5. Схема прокатування:

1 – заготовка; 2 – робочі валки

При прокатуванні схема головних напруг відповідає об'ємному стисненню (рис. 1.3, з) з максимальною напругою в напрямку тиску валків, а схема головних деформацій може бути з двома деформаціями розтягу (рис. 1.4, б) або при двохвісній схемі деформування (рис. 1.4, з) прокатування з натягом.

Робочі валки можуть бути гладенькими для прокатування заготовки при отриманні листа або штаби потрібної товщини. Також валки можуть бути з певними виступами для утворення заглиблень різної форми, що надають прокатному виробу певного профілю.

Пресування – це процес витіснення металу через отвір в матриці на гідравлічному пресі (рис. 1.6).

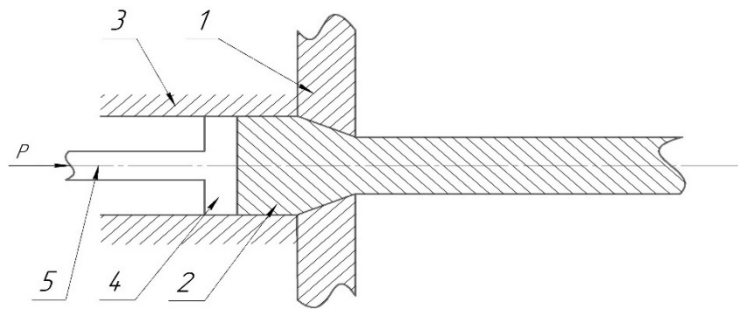


Рис. 1.6. Схема пресування:

1 – матриця; 2 – заготовка; 3 – замкнута форма; 4 – поршень; 5 – пуансон

Форма та розміри поперечного перерізу виробу, який витісняється, відповідає формі і розмірам цього отвору.

Під час пресування заготовка 2 (рис. 1.6), яка знаходиться в замкнутій формі 3, через отвір матиці 1 витісняється поршнем 4 рухомого пуансона 5 зусиллям P . Довжина виробу пропорційна відношенню його поперечного перерізу та частини, яка витісняється, і переміщенню пуансона 5.

Пресування застосовується для виготовлення різних виробів, здебільшого невеликих розмірів, головним чином, з кольорових металів: свинцю, цинкових сплавів, латуні тощо. Пресуванням можливо виготовлення і сталевих виробів.

При пресуванні напружений стан характеризується схемою об'ємного стиснення (рис. 1.3, *г*) та схемою деформації, яка наведена рис. 1.4, *а*.

Волочіння – це процес протягування прутка через отвір матиці (волоку), розміри поперечного перерізу якого менші розмірів вихідного матеріалу (рис. 1.7).

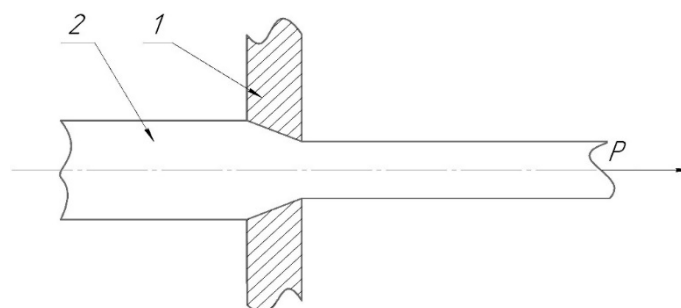


Рис. 1.7. Схема волочіння:

1 – матриця; 2 – заготовка

Під час волочіння заготовка 2 (рис. 1.7) через отвір матиці (волоку), яка поступово звужується, протягується за рахунок зусилля P . Площа поперечного перерізу заготовки зменшується та отримує форму поперечного перерізу отвору матиці.

Метал, який деформується при волочінні, перебуває в холодному стані, тому на його поверхні утворюється наклеп (зміцнення поверхневого шару заготовки). Виконують процес волочіння на волочільних станах, де заготовка поступово проходить через певну кількість отворів (волок або фільтер). Фільтери виготовляються з інструментальних твердосплавних матеріалів, робоча поверхня їх дуже тверда і міцна.

Волочінням виготовляють тонкі сорти дроту діаметром від 5 мм до найтонших розмірів (декількох мікрометрів), калібрувальні прутки, тонкостінні та фасонні труби, а також застосовують цей спосіб для калібрування – надання точних розмірів і високої якості поверхні гарячекатаному металу. Тому волочіння має дві суттєвих переваги – це точність розмірів і міцність поверхневого шару.

Схему напруг при волочінні наведено на рис. 1.3, *в*, а схему деформацій – на рис. 1.4, *а*.

Вільне кування – це процес послідовної деформації металу під ударами бойків молота або під натисками бойків преса, які виконують зворотно-поступальний рух (рис. 1.8).

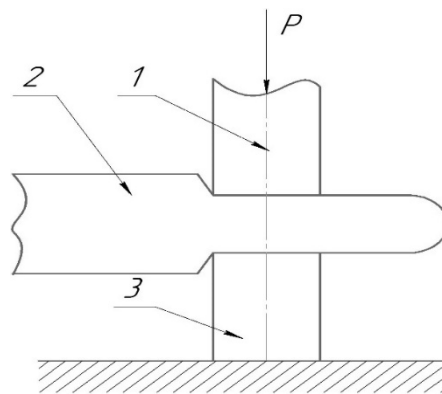


Рис. 1.8. Схема вільного кування:

1 – бойок молота; 2 – заготовка; 3 – кувалдо

Під час вільного кування заготовка 2 (рис. 1.8), яка розміщена на кувалді 3, змінює форму та розміри шляхом послідовної дії універсального інструменту 1 на окремі ділянки силою P .

При куванні водночас відбувається два процеси:

- при кожному ударі молота або тиску преса метал деформується, змінюється його форма, розміри та структура (зерна витягуються та подрібнюються, метал ущільнюється);

- під дією високої температури відбувається рекристалізація – утворення нових зерен, поліпшується структура та механічні властивості металу.

Розрізняють кування машинне та ручне. Машинне кування виконують на ковальських машинах – молотах і пресах.

Ковальський молот працює наступним чином: молот, який піднятий на певну висоту, під час падіння набуває кінетичної енергії, яка йде на деформування заготовки.

До основних ковальських операцій відносяться: осаджування – зменшення висоти та збільшення поперечного перерізу заготовки; витягування – збільшення довжини за рахунок зменшення товщини; прошивання – утворення заглибин або отворів в заготовці; згинання, зварювання, закручування, рубання та поділ заготовки на частини.

Застосовуючи у певній послідовності окремі операції, можна виготовити вироби складної форми.

Ручне кування застосовують в ремонтних майстернях для виготовлення тільки невеликих деталей. Заготовками для кування є злитки, блюми та вальцівки, а вироби кування називають поковками.

Процес кування починається з розділення металу на мірні заготовки (для цього використовуються механічні ножиці, пили, газова різка тощо). Одержані заготовки піддають нагріву для підвищення пластичності металу та зниження опору деформації, що дозволяє використовувати кувальні молоти і преси меншої потужності.

З настанням епохи персональних комп'ютерів виробництво складних і унікальних кованих виробів, як правило, супроводжується реалістичним 3D-моделюванням. Ця точна та відносно швидка технологія дозволяє накопичувати всі необхідні знання, обладнання та напівфабрикати для майбутнього виробу кування до початку виробництва.

Схема напруг при куванні відповідає рис. 1.3, а, а схема деформацій – рис. 1.4, б.

Штамування – це процес деформування заготовки в обмеженому просторі штампа. Перевагами штампування є висока продуктивність, висока точність розмірів, незначна шорсткість поверхні та отримання деталей складної форми з однаковими розмірами. Недоліком є висока вартість штампів (тому штампування використовують в серійному та масовому виробництві), можливість використання штампу для одного типорозміру виробу, виготовлення деталей малої маси (0,3–100 кг).

Існує два основних види штампування: об'ємне та листове.

Об'ємне штампування – це процес одержання поковок за допомогою спеціальної оснастки – штампів (рис. 1.9).

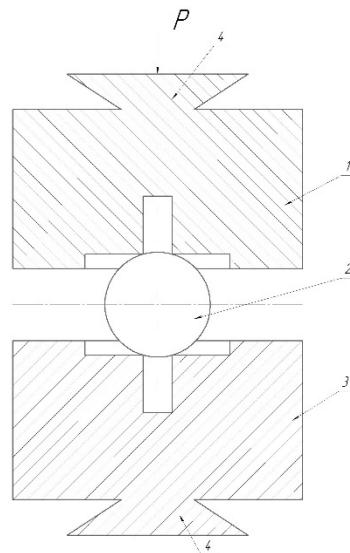


Рис. 1.9. Схема об'ємного штампування:

1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця; 4 – кріплення типу ластівчин хвіст

Штамп – це два сталевих бойка (матриця і пуансон), що мають в площині роз'єму порожнину, яка відповідає конфігурації деталі. Під дією сили P удару молота або тиску преса нагріта заготовка 2 деформується і заповнює порожнини верхнього 1 і нижнього 3 частинок штампа. В результаті штампування одержують деталь, що за формою і розмірами відповідає формі і розмірам штампу. Кріплення частинок штампу, як правило, виконується з'єднанням типу ластівчин хвіст 4.

Під час гарячого штампування заготовку 2 (рис. 1.9) підігрівають і встановлюють нерухомо нижню частину штампа 3, а потім ударяють по ній або натискають верхньою рухомою частиною 1 штампа. Під дією тиску P метал заповнює порожнини штампа, набираючи потрібну форму. Щоб метал повністю заповнив порожнину штампа, об'єм заготовки має бути трохи більшим від об'єму виробу. Зайвий метал при цьому витискається між половинками штампів і утворює навколо виробу облой, який потім доводиться обрубувати в спеціальних вирубних штампах.

Схема напруг при об'ємному штампуванні відповідає рис. 1.3, а, а схема деформацій – рис. 1.4, б.

Гаряче об'ємне штампування широко застосовується в крупносерійному та масовому виробництві.

Листове штампування – це процес зміни форми вихідної листової заготовки штампами різного призначення, які встановлюються на пресах (рис. 1.10).

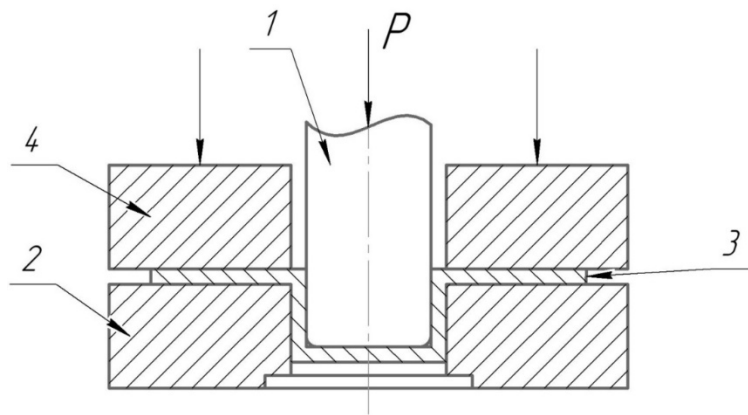


Рис. 1.10. Схема листового штампування:
1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – виріб; 4 – затискач

Заготовка 3, яка притискається затискачем 4 до матриці 2 (рис. 1.10) під дією пуансона 1 з силою P , дає змогу отримувати плоскі та просторові деталі із заготовок, у яких товщина значно менша розмірів в плані (листовий, штабовий та стрічковий матеріал товщиною до 4–5 мм, як правило, з м'яких металів: сталі, що містить вуглецю до 0,2%, міді, алюмінію, магнію та їх сплавів).

Листовим холодним штампуванням, як правило, виконують такі операції: вирубування (виготовляють деталі плоскої форми, наприклад, шайби), витягування (із заготовки плоскої форми отримують циліндричну), згинання (змінюють конфігурацію плоскої деталі). Для створення на поверхні деталі рельєфного малюнка або доведення деталі до точних розмірів застосовують карбування.

Стан напруг при холодному листовому штампуванні характеризується схемами, які наведені на рис. 1.3, б, в та рис. 1.4, з, а схема деформацій двохвісна рис. 1.4, з.

Кількість деталей, які отримують із кованих і штампованих заготовок, в автомобілі складає близько 90%, в літаку – 85%, в побутових виробках – 100%.

1.4. Поняття про холодну та гарячу обробку тиском

Пластичне деформування металу може бути холодним або гарячим. При холодній обробці тиском (без нагріву металів і сплавів) змінюються механічні та інші властивості металів і сплавів. Міцність і твердість з ростом ступеня деформацій \mathcal{E} збільшується, а пластичні властивості зменшуються. Ступінь деформації \mathcal{E} – це відношення різниці початкової F_n (до деформації) і кінцевої F_k (після деформації) площ поперечних перерізів заготовки до її початкової площі поперечного перерізу F_n .

$$\varepsilon = \frac{(F_{II} - F_K) 100}{F_H}, \%$$
 (1.2)

Холодна деформація характеризується зміною форми зерен, які витягуються в напрямку найбільш інтенсивної течучості металу (рис. 1.11).

В результаті структура металу набуває смугастої (волокнистої) будови. Волокнистість впливає на механічні характеристики, викликає їхню анізотропію. У поперечному напрямку ударна в'язкість на 50–70%, відносне звуження на 40%, відносне видовження на 20% менші, ніж вздовж волокон.

Наявність смугастої мікроструктури та анізотропії властивостей у деформованому металі необхідно враховувати при проектуванні і виготовленні деталей. Необхідно забезпечити таке розташування волокон в них, щоб найбільші напруження, що розтягують, діяли вздовж, а дотичні – впоперек волокон, а також, щоб волокна не перерізалися при обробці різанням.

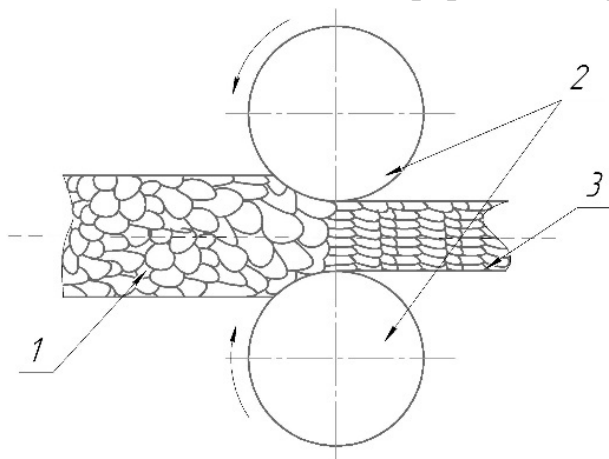


Рис. 1.11. Зміна форми зерен при холодному деформуванні:

1 – форма зерен до деформування; 2 – робочі валки; 3 – форма зерен після деформування

При необхідності підвищити пластичність металу в поперечному напрямку варто зробити обтиснення заготовки в напрямку, перпендикулярному попередньому, тобто вздовж волокон. Бажано, щоб біля поверхні деталі волокна повторювали її обриси. У цьому випадку підвищується міцність та інші властивості деталі.

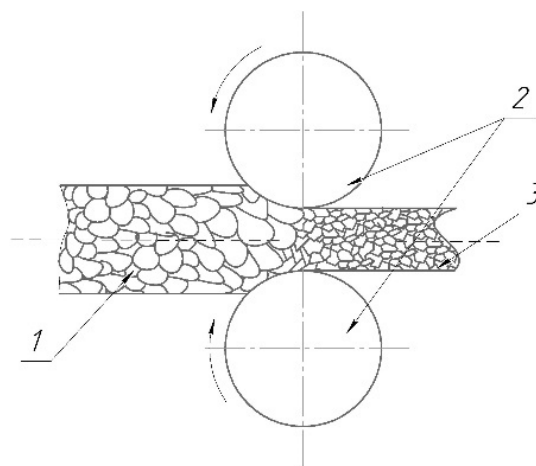
Формозміна зерен супроводжується зміцненням металу (наклепом), при цьому твердість, міцність і крихкість його безперервно збільшуються, а пластичність, в'язкість, корозостійкість і електропровідність зменшуються. Зі збільшенням ступеня деформації, наклеп (зміцнення) зростає.

Зміни, внесені холодною деформацією, незворотні (вони можуть бути усунені тільки термічною обробкою – відпалом). В цьому випадку проходить внутрішня перебудова, при якій за рахунок додаткової теплової енергії

збільшується рухомість атомів, ростуть нові зерна, які замінюють собою витягнуті деформовані зерна. Явище зародження і росту нових рівноосних зерен взамін деформованих (витягнутих) проходить при певних температурах і називається рекристалізацією. Обробка металів тиском, яка проводиться нижче температури рекристалізації, називається холодною.

При гарячій обробці тиском (з нагрівом металів і сплавів) проходить рекристалізація – процес зародження та росту нових рівноосних зерен з нормальною кристалічною структурою (рис. 1.12). При цьому залишкові напруги знімаються, відновлюються вихідні властивості металу та повністю ліквідується зміцнення, а волокниста будова зберігається. Заготовку деформують так, щоб напрямок волокон співпадав з напрямом максимальних розтягуючи напруг, які виникають в деталі.

Механічні властивості після гарячої обробки литого металу значно покращуються. Це підвищення міцності та пластичності металу проходить, головним чином, за рахунок утворення мілких зерен, а також за рахунок заварки існуючих порожнин і рихлості, яка утворюється у виливку в процесі кристалізації рідного металу. У виливках руйнується дендритна, крупнокристалічна структура металу, заварюються дефекти (мікропори та газові пухирі). Подрібнені кристали та неметалеві включення витягуються в напрямку течучості металу. Структуру металу з розміщеними вздовж його течучості витягнутими неметалевими включеннями називають волокнистою. При подальшій термічній обробці таку структуру змінити неможливо.



*Рис. 1.12. Зміна форми зерен при гарячому деформуванні:
1 – форма зерен до деформування; 2 – робочі валки; 3 – форма зерен після деформування*

Механічні властивості металу в результаті гарячої деформації змінюються залежно від умов (відношення площі поперечного перерізу виливка або заготовки до площі поперечного перерізу поковки). Коли

необхідно підвищити механічні властивості металу в поперечному напрямку, слід провести обтиснення заготовки в напрямку, який є перпендикулярним до попереднього (виконати осадку).

При рекристалізації із обломків деформованих зерен виникають нові зерна, які мають правильну неспотворену кристалічну решітку. Температура, при якій проходить процес рекристалізації, називається температурою рекристалізації. Для збільшення швидкості процесу рекристалізації необхідна температура більш висока, ніж температура рекристалізації.

Встановлено, що температура рекристалізації для чистих металів приблизно рівна 0,4 від температури плавлення

$$T_{\text{рекр}} = 0,4T_{\text{пл}} \quad (1.3)$$

Виходячи з даної залежності, температура рекристалізації заліза становить 450°C , міді – 270°C , алюмінію та магнію – 100°C , вольфраму – 1200°C .

Легкоплавні метали, такі як олово, цинк, кадмій, мають низьку температуру рекристалізації (наприклад, цинк 0°C , свинець – 30°C , олово – 80°C). Тому в цих металів при звичайній температурі явище наклепу при холодній обробці тиском не виникає.

В практиці залежність Z є приблизною, і рекристалізація проходить при більш високих температурах (наприклад, для низьковуглецевої сталі – близько 700°C).

Гарячу обробку тиском практично виконують при температурі не нижче $0,6 T_{\text{пл}}$, щоб забезпечити швидке знімання наклепу металу та його повну рекристалізацію навіть в проміжках між двома послідовними ударами молота.

Для кожного металу температура рекристалізації не є постійною, а залежить:

- від ступеня деформації. Чим більша деформація, тим більша повинна бути температура нагріву;

- від величини зерна. Чим більша величина зерна, тим вища повинна бути температура нагріву;

- від часу витримки. Чим довша витримка при температурі рекристалізації, тим легше протікає процес рекристалізації.

Температура, при якій проходить обробка сталі, значно перевищує температуру її рекристалізації, тому наклеп для гарячекатаної сталі знижується. В той же час, значне перевищення температури приводить до утворення перепалу, а значно низька температура приводить до збереження слідів наклепу. Тому для правильного ведення гарячої обробки тиском

необхідно знати, до якої температури слід нагрівати метал і при якій температурі зупиняти цю обробку.

Температура нагріву також залежить від наявності в сталі вуглецю. Чим менше вуглецю, тим вище повинна бути температура її нагріву.

При обробці металів тиском необхідно виконувати три закони пластичної деформації:

- закон постійності об'єму: об'єм тіла до деформації практично рівний об'єму після деформації. Цей закон використовується для визначення розмірів заготовок;

- закон найменшого опору: кожна точка тіла, яке деформується, переміщується в напрямку найменшого опору. Цей закон визначає, які розміри і форму поперечного перерізу отримає заготовка з тим чи іншим перерізом в процесі обробки тиском;

- закон зсувного навантаження: пластична деформація може розпочатись тільки в тому випадку, коли зсуваючі напруження в деформованому тілі досягне визначеної величини, яка залежить від природи тіла та умов деформації.

2. ПРОКАТУВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

2.1. Суть процесу прокатування. 2.2. Класифікація прокатування. 2.3. Будова прокатних станів та їх класифікація. 2.4. Продукція прокатного виробництва

Перші згадки про прокатування відносяться до 1495 року. Зображення першого прокатного стану зустрічають на малюнках Леонардо да Вінчі. Прокатуванням оброблялися тільки пластичні метали. Із свинцю прокатували жолоби для водогонів, віконні переплети; із олова – органні труби.

В кінці XVIII століття почали прокатувати залізо і низьковуглецеву сталь. В середині XIX століття вперше був застосований електродвигун для приводу прокатного стану.

Прокатуванням обробляють сталь, кольорові метали та їх сплави. Прокатування виконують на металургійних і машинобудівних заводах, при цьому отримують прокат – готові вироби чи заготовки для наступної обробки куванням, штампуванням, пресуванням, волочінням або обробляють різанням. В прокат перероблюють близько 75% сталі, яка виплавляється і більшу частину кольорових металів і сплавів.

Основними споживачами прокатного виробництва є: машинобудування – 42%; метизна галузь – 25%; будівництво – 20%; інші галузі – 13%.

2.1. Суть процесу прокатування

При прокатуванні зазор між валками встановлюють меншим товщини заготовки.

При поздовжньому прокатуванні пластична деформація металу здійснюється під час його проходження між двома валками перпендикулярно до осей, які обертаються назустріч один одному.

В процесі прокатування заготовка з початковою висотою безперервно втягується у зазор між валками (рис. 2.1). Це втягування проходить за рахунок тертя, яке виникає між поверхнями валків і заготовки, яка обробляється.

При цьому метал деформується тільки на невеликій ділянці, яка називається зоною деформації.

Заштрихована зона $ABCD$ – зона деформації. Вона обмежена площинами входу AD і виходу BC та дугами контакту AB і CD , які опираються на центральний кут α . У зоні деформації заготовка змінює свою форму, збільшуючись у довжину та в незначній мірі у ширину при відповідному зменшенні висоти.

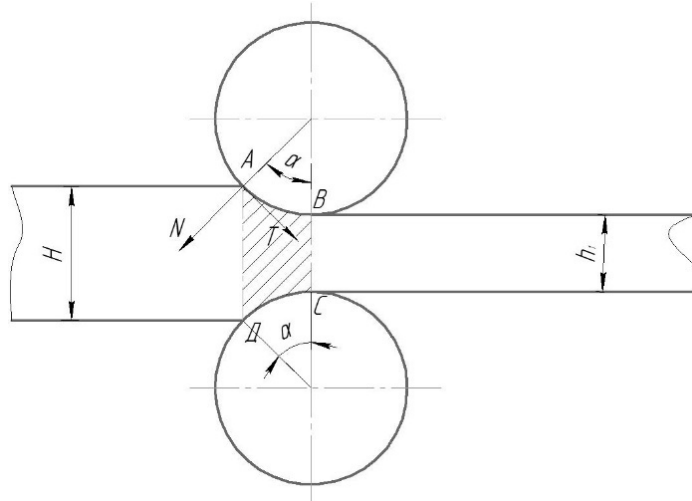


Рис. 2.1. Схема поздовжнього прокатування

Умову захоплення металу валками можна записати, спроектувавши на горизонтальну вісь нормальну силу N і силу тертя T , які діють на заготовку зі сторони валків:

$$N \sin \alpha < T \cos \alpha. \quad (2.1)$$

Кут α називається кутом захоплення. Виразивши силу тертя як $T = fN$, де f – коефіцієнт тертя та підставивши цей вираз у формулу (1), отримаємо:

$$\sin \alpha < f \cos \alpha \text{ або } f > \tan \alpha. \quad (2.2)$$

Таким чином, для здійснення захоплення металу валками необхідно, щоб коефіцієнт тертя між валками і заготовкою був більшим за тангенс кута захоплення.

Даний кут залежить від стану поверхні валків і заготовки, він зменшується зі зростанням температури.

При гарячому прокатуванні на гладеньких валках кут захоплення становить $15\text{--}24^\circ \text{C}$, а на валках з вирізами (рівчаками) – $32\text{--}33^\circ \text{C}$. При холодному прокатуванні $\alpha = 3\text{--}10^\circ \text{C}$.

В результаті пластичного деформування металу товщина заготовки зменшується, а довжина збільшується; при цьому в незначній мірі збільшується також і її ширина. Таким чином, при поздовжньому прокатуванні на гладких валках має місце три види деформації: обтиснення, розширення і видовження. Ці деформації пов'язанні між собою по закону постійності об'єму при пластичному деформуванні.

Оцінка деформації виконується коефіцієнтами деформації, які розділяються на абсолютні та відносні.

До абсолютних коефіцієнтів відносяться:

а) абсолютне обтиснення, мм

$$\Delta h = h_0 - h_1; \quad (2.3)$$

б) абсолютне розширення, мм

$$\Delta B = B_1 - B_0; \quad (2.4)$$

б) абсолютне видовження, мм

$$\Delta l = l_1 - l_0. \quad (2.5)$$

У цих формулах h_0, B_0, l_0 – розміри штаби металу до прокатування; h_1, B_1, l_1 – розміри штаби металу після прокатування (рис. 2.2), мм.

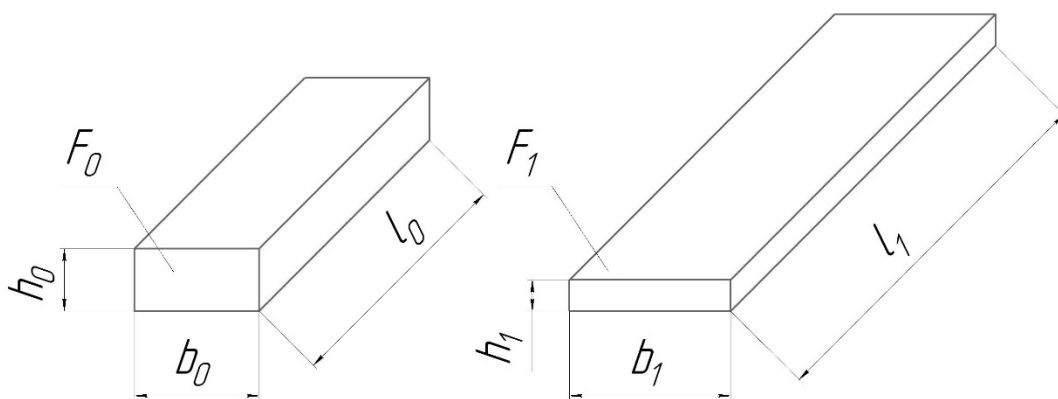


Рис. 2.2. Штаби металу до і після прокатування

Відношення абсолютних коефіцієнтів до початкових величин дозволяє отримати відносні коефіцієнти:

а) відносне обтиснення

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{(h_0 - h_1)}{h_0}; \quad (2.6)$$

б) відносне розширення

$$\alpha = \frac{\Delta B}{B_0} = \frac{(B_1 - B_0)}{B_0}; \quad (2.7)$$

б) відносне видовження

$$e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{(l_1 - l_0)}{l_0}. \quad (2.8)$$

Одним із основних коефіцієнтів, що характеризує процес прокатування, є коефіцієнт витяжки $\lambda = \frac{l_1}{l_0}$.

Цей коефіцієнт пропорційний площі поперечного перерізу до і після прокатування:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1}. \quad (2.9)$$

При прокатуванні широких тонких штаб розширення незначне, тобто $h_1 \approx h_0$, тоді:

$$\lambda = \frac{F_0}{F_1} = \frac{h_0 B_0}{h_1 B_1} \approx \frac{h_0}{h_1}. \quad (2.10)$$

Теоретичні дослідження показали, що коефіцієнти поздовжнього прокатування залежать насамперед від абсолютного обтискання Δh .

Максимальне значення відносного обтиснення залежно від типу виробу складає 0,2–0,5. Розширення заготовки в процесі прокатування складає 5–10% від величини обтиснення. Величина видовження за один прохід заготовки складає, як правило, 1,1–1,6, а інколи досягає 2–2,5.

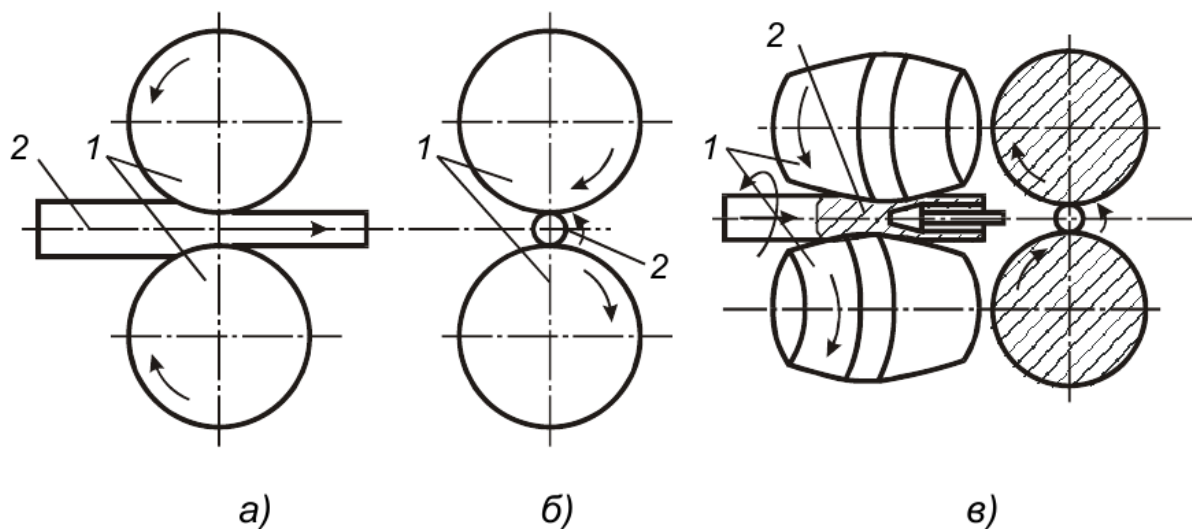
2.2. Класифікація прокатування

Залежно від типу виробів, які виготовляються, застосовується три основних види прокатування: поздовжнє, поперечне та поперечно-гвинтове (рис. 2.3).

При поздовжньому прокатуванні (рис. 2.3, а) заготовка переміщується перпендикулярно до осей валків, які обертаються в протилежних напрямках. До 90% всього прокату виготовляють поздовжньою прокаткою (листовий та профільний прокат).

У випадку, коли валки виготовлені з вирізами (рівчаками), які утворюють при з'єднанні двох валків калібри, – продуктами прокатки є вироби з постійними по довжині профілями поперечного перерізу: сортовий прокат, рейки, балки тощо).

По цій схемі прокатування зменшується площа поперечного перерізу заготовки та збільшується її довжина.



*Рис. 2.3. Основні схеми прокатування:
 а – поздовжнє; б – поперечне; в – поперечно-гвинтове; 1 – валки;
 2 – заготовка*

При поперечному прокатуванні (рис. 2.3, б) валки з паралельними осями обертаються в одному напрямку і обертають заготовку, яка деформується та переміщується вздовж осі валків.

Поперечне прокатування застосовують для виготовлення виробів, які мають форму тіла обертання з перемінним по довжині перерізом. Також методом поперечного прокатування отримують циліндричні зубчаті колеса з накатаним зубом та зірочки ланцюгових передач на спеціальних верстатах з зубчатими валками. Відмінною особливістю даного виду прокатування є обертання валків в одному напрямку, а заготовка, яка знаходиться між валками, в протилежному.

При поперечно-гвинтовому прокатуванні (рис. 2.3, в) валки розміщені під деяким кутом один до одного, завдяки чому заготовка, крім обертового руху, має ще і поступальний вздовж своєї осі.

Поперечно-гвинтове прокатування використовується у виробництві безшовних труб, прокату періодичного профілю, шарів, осей тощо.

2.3. Будова прокатних станів та їх класифікація

Прокатний стан – це комплекс обладнання, яке забезпечує отримання виробів прокатуванням. Він складається з однієї або декількох робочих клітей, передаточного механізму і електродвигуна (рис. 2.4).

Основною частиною прокатного стану є робоча кліть 1. В підшипниках станини робочої кліті обертаються робочі валки. Обертання валків передається від електродвигуна 8 через пружну муфту 7, редуктор 6, який має маховики 5, головну муфту 4, шестеренну кліть 3 і шпинделі 2.

Для з'єднання шпинделя з валами шестеренчастої кліті служать з'єднувальні тріфлові муфти.

Для зменшення потужності двигуна і зниження ударних навантажень, які виникають при прокатуванні, на ведучому валу редуктора встановлюються маховики. Принцип роботи маховиків ґрунтується на тому, що під час пропуску заготовки між валками число обертів двигуна знижується, відповідно зменшується число обертів валків і маховики вирівнюють положення, віддаючи частину кінетичної енергії, яку він накопичив. Під час цих пауз число обертів двигуна підвищується до нормального, і маховик поповнює втрачену енергію.

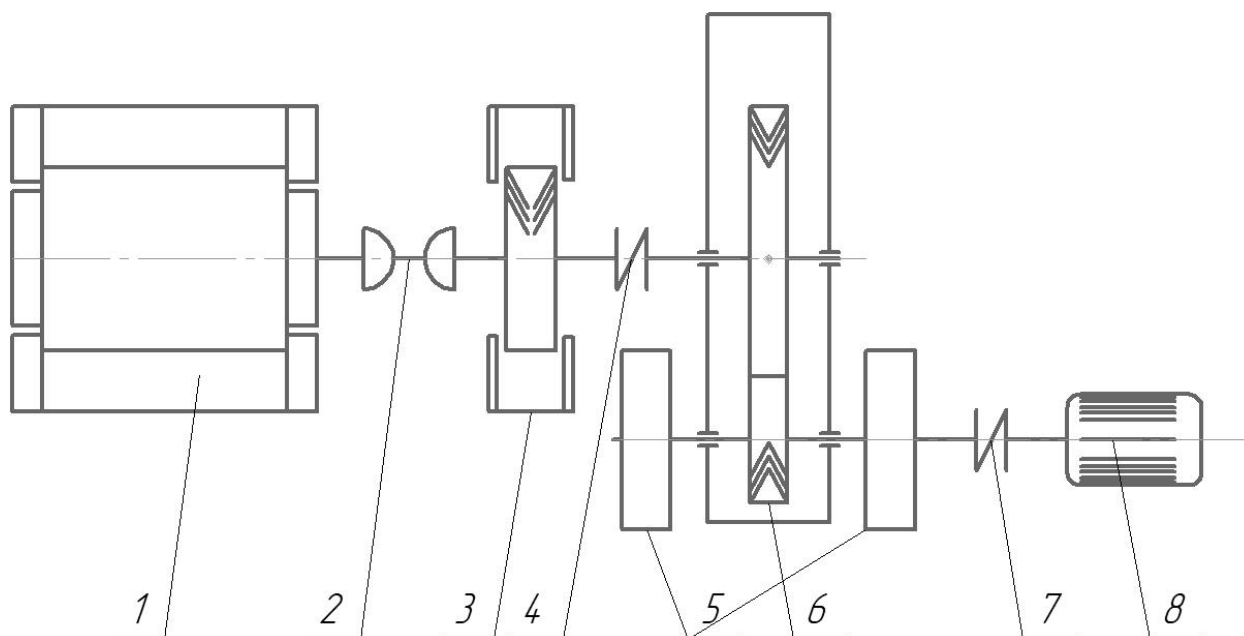


Рис. 2.4. Схема розміщення основних вузлів головної лінії:

- 1 – робоча кліть з валками; 2 – шпинделі; 3 – шестеренна кліть;
- 4 – головна муфта; 5 – маховики; 6 – редуктор; 7 – корінна муфта;
- 8 – двигун прокатного стану

Валки поділяють на гладкі та калібровані. На гладких валках (рис. 2.5, а) прокатують листи, стрічку і широку штабу, а на калібрувальних (рис. 2.5, б) всі види сортового прокату.

Калібрувальні валки мають на робочій поверхні канавки-рівчаки, сукупність яких утворює калібр (рис. 2.5, в).

Калібри поділяються на підготовчі та чистові. Підготовчі калібри служать для поступового наближення поперечного перерізу заготовки до готового профілю. Чистові калібри служать для отримання готового профілю заданої точної форми. Розміри чистових калібрів приймають з урахуванням температурного розширення металу і мінусового допуску.

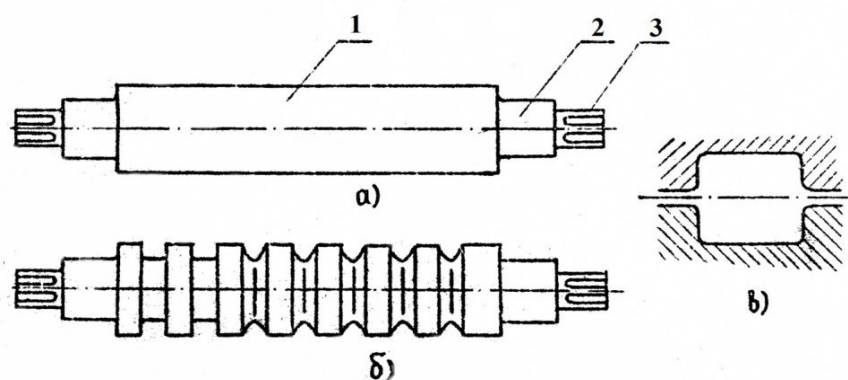


Рис. 2.5. Робочі інструменти для прокатування:
а) гладкі валки; б) калібрувальні валки; в) калібр

Для запобігання затискання смуги металу в калібрі його вертикальні стінки мають нахил до осі валків. В конструкції калібрів також враховується величина розширення заготовки, яка прокатується. Калібри пронумеровані в порядку послідовності обтиснення заготовки.

Валки (рис. 2.5, а, б) мають робочу частину – бочку 1, шийки 2 для підшипників і хрестоподібні кінці (трефи) 3 для з'єднання за допомогою муфти з приводом або сусідньою парою валків. Комплект прокатних валків зі станиною утворюють робочу кліть.

Валки для прокатування виготовляють із відбіленого (загартованого) чавуну або викують із вуглецевої та легованої сталей.

Прокатні стани (робочі кліті) по числу та розміщенню валків можуть бути двохвалкові (рис. 2.6, а), трьохвалкові (рис. 2.6, б), чотирьохвалкові (рис. 18, в), у яких два валки робочих і два опорних та багатовалкові (рис. 2.6, г), у яких також два валки робочих, а інші – опорні. Використання опорних валків дозволяє застосовувати робочі валки малого діаметра, завдяки чому зменшується зусилля деформації та збільшується витяжка.

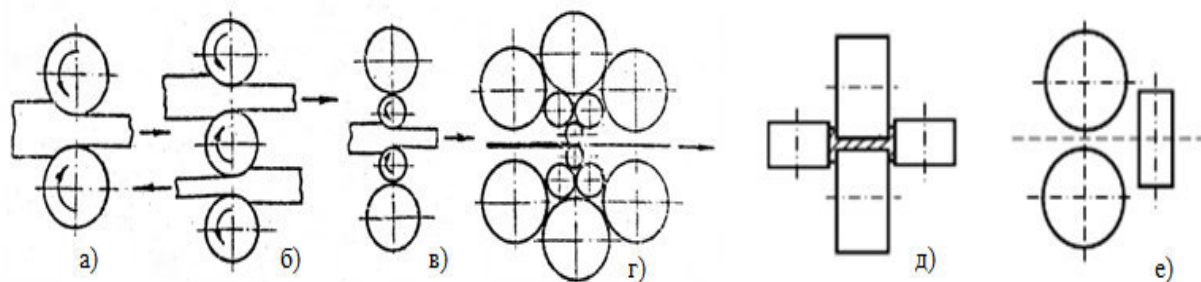


Рис. 2.6. Схеми робочих клітей:

а) двоухвалкові (дуо); б) трьохвалкові (тріо);
в) чотирьохвалкові (квадра); г) багатовалкові; д, е) універсальні

Універсальні прокатні стани (рис. 2.6, д, е), крім горизонтально розміщених валків, мають і вертикальні.

Ці прокатні стани можна класифікувати по напрямку обертання валків: нереверсивні – з постійним напрямком обертання та реверсивні – з перемінним напрямком обертання валків.

Двоухвалкові прокатні стани (кліть дуо, рис. 2.6, а) мають два валки, які мають постійний або змінний напрямок обертання після проходу заготовки.

При постійному напрямку обертання прокатування виконується тільки в один бік і кліть при цьому називають нереверсивною. Такі кліті використовують для прокатки заготовок, дроту, сортового металу, холодної та гарячої прокатки стрічок і тонких листів. Стан для прокатки тонкої стрічки може забезпечувати до 35 м/с готової продукції (метал рухається зі швидкістю 125 км/год).

При змінному напрямку обертання валків, коли після кожного проходу заготовки, напрям руху змінюється на протилежний, то кліть називають реверсивною. В цьому випадку заготовка прокатується між валками декілька разів, то в один, то в інший бік по черзі. Такі кліті застосовують в блюмінгах і слябінгах при прокатуванні великих злитків, а також в товстолистових станах. Блюмінги з діаметром валків від 840 до 1150 мм дозволяють отримувати продукцію у вигляді обтиснених злитків перерізом від 140x140 до 450x450 мм. Такі обтиснені злитки квадратного перерізу (блумси) мають вагу до 10–12 т і більше. Слябінги застосовуються для прокатки листових заготовок товщиною до 250 мм і довжиною до 5 м.

Блюмінги та слябінги мають продуктивність від 1,5 до 2 млн т злитків в рік.

Трьохвалкові прокатні стани (кліть тріо, рис. 2.6, б) мають три валки з постійним напрямком обертання кожного. Всі три валки розміщені в одній вертикальній площині.

Спочатку заготовка проходить між нижнім та середнім валками, потім за допомогою стола, який має можливість підніматись і коливатись, піднімається і проходить між середнім і верхнім валками в протилежному напрямку. В клітях такого типу прокатують листи та сортовий прокат.

Чотирьохвалкові прокатні стани (кліть квадро, рис. 2.6, в) мають чотири валки, два (меншого діаметра) робочі, два (більшого діаметра) – опорні. При прокатуванні опорні валки сприймають тиск робочих валків, запобігаючи їх прогину, завдяки чому забезпечується велика точність прокатування без порушення форми поперечного перерізу.

Нереверсивні кліті квадро використовуються в неперервних станах, а реверсивні – в одноклітових станах гарячої та холодної прокатки. Ці кліті також використовуються для гарячої прокатки товстих і тонких листів та броньованих плит.

Багатовалкові прокатні стани (рис. 2.6, г) мають шість, дванадцять, двадцять і більше валків. Робочі валки в клітях, які мають двадцять і більше валків, не мають привода, оскільки їх діаметр становить 10–50 мм. Робочі валки спираються на приводні, а приводні – на опорні. Таке розміщення валків забезпечує відсутність прогину робочих валків і їх велику жорсткість. Ці кліті використовують для холодного прокатування тонких листів шириною 200–1000 мм, а також стрічок (фольги) з товщиною 0,2 мм.

Універсальні прокатні стани (рис. 2.6, д, е) мають парні горизонтальні та вертикальні валки. Заготовка обтискається в горизонтальних валках, а вертикальні валки створюють бічний тиск на полосу, яка прокатується, та обмежують розширення.

Будь-який прямокутний профіль отримується зміною відстані між валками. Отриманий профіль має рівні та чисті бічні кромки. Ці прокатні стани використовують в слябінгах (рис. 2.6, д), товстолистових станах і станах для прокатування високих двотаврових балок з широкими полками (рис. 2.6, е).

За основний параметр обтиснених сортових прокатних станів приймають діаметр бочки валків, наприклад, блюмінг 1500 (діаметр бочки валка 1500 мм), а листових станів – довжину бочки валків, яка визначає максимальну ширину листа чи штаби при прокатуванні, наприклад, слябінг 3600 (довжина бочки валка 3600 мм).

По розміщенню валків робочі кліті можуть бути: з горизонтальним розміщенням, з вертикальним розміщенням, з горизонтальним і вертикальним розміщенням, з косим розміщенням.

По кількості робочих клітей прокатні стани поділяються на одноклітьові та багатоклітьові. Найбільш поширені багатоклітьові стани (неперервного та

напівнеперервного прокатування). Заготовка в них рухається прямолінійно і прокатується одночасно в усіх або декількох клітках.

Прокатні стани можна класифікувати по конструкції валків: з гладкими та валками з канавками (рівчаками) – калібрувальні.

Класифікація прокатних станів за призначенням: обтискні, чорнові, сортові, листові, рейкові, трубопрокатні тощо.

Класифікація прокатних станів за розміром: мілкосортіві, середньо-сортіві та крупносортіві.

Крупносортіві обтискні прокатні стани називають блюмінгами та слябінгами, на них прокатуються сталеві зливки масою 5–15 т в квадратні заготовки – блюми і прямокутні листові заготовки – сляби.

Робочі клітки сортівих станів можуть розміщуватись в лінію або послідовно один за одним. Стани з послідовним розміщенням клітей називаються неперервними, так як заготовки йдуть послідовно з однієї клітки в другу без поворотів і повернень.

Напівнеперервними станами називають стани, в яких співвідносяться послідовно та лінійно розміщені клітки. Неперервні стани мають широку можливість механізації і автоматизації процесу та застосування високих швидкостей прокатування.

Прокатні стани також класифікують залежно від того, в якому стані оброблюється метал – гарячому або холодному.

Стани з косорозміщеними валками застосовують при поперечно-гвинтовому прокатуванні безшовних труб, періодичного прокату, шарів.

За призначенням прокатні стани поділяють на стани для прокатування заготовок і на стани для випуску готового прокату.

2.4. Продукція прокатного виробництва

Продукцією прокатного виробництва є готові вироби (балки, рейки, труби тощо), заготовки для наступної обробки куванням, штампуванням, волочінням або різанням, сортовий прокат (квадрат, кутник, круг, прямокутник, швелер, двотаврові балки) та спеціальні види прокатки (труби, бандажі, турбінні лопатки, дискові колеса тощо). Вироби, які отримані прокаткою, називають сортаментом (рис. 2.7).

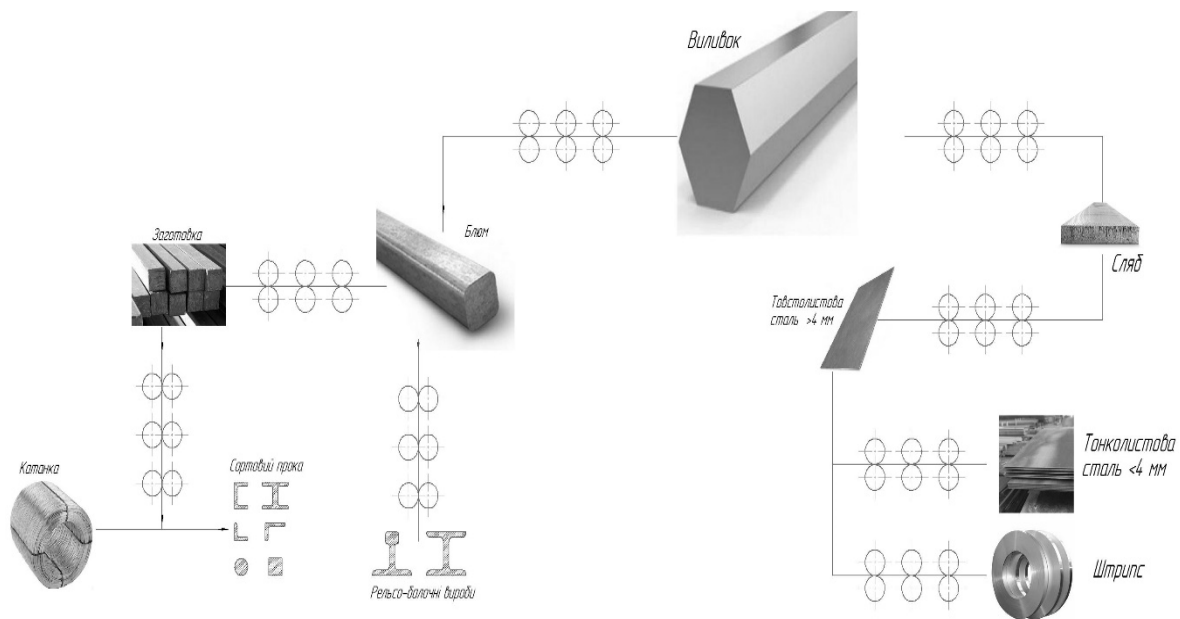


Рис. 2.7. Сортамент прокатного виробництва

Вихідною заготовкою для обробки металів прокатуванням є виливок, кристалічна будова якого неоднорідна (кристали різних розмірів і форми). Крім того, у виливку є пористість, газові пухирі. При нагріванні його до високої температури та обробці прокатуванням призводить до деформації кристалів і часткового заварування пор і раковин, при цьому збільшується густина металу.

Метал можна розділити на наступні основні групи:

- сортовий;
- листовий;
- труби;
- спеціальні види прокату.

Група сортового прокату є найбільш різноманітною.

Виливок прокатується в блюмінги та слябінги, форма і розміри яких залежать від марки сплаву, виду напівфабрикату і схеми прокатування. Напівпродукт для отримання сортового прокату–блюма отримують на великих обтискних дуостанах-блюмінгах. Перед прокатуванням на сортових станах блюми попередньо можуть прокатуватись на заготовочних станах. Заготовки для листового прокату – сляби отримують на великих обтискних станах–слябінгах.

Блюмінги та слябінги поступають зі сталеплавильних цехів з температурою поверхні 800–900° С. Перед прокатуванням їх підігрівають до температури 1300° С.

Блюм – це заготовка квадратного перерізу розміром 450x450–150x150 мм, яка є напівфабрикатом і після прокатування на блюмінгу розрізається при русі по рольгангу ножицями на мірні відрізки (2–6 м). Подальше прокатування

проходить без підігріву на крупносортовому або неперервно-заготівельному стані. Отримана заготовка розміром 140x140–60x60 мм розрізається на мірні частини. Після огляду та видалення дефектів заготовки нагрівають і прокатують на сортовий прокат.

Сортовий прокат розрізняють за формою та розміром поперечного перерізу, термічній обробці, яка застосовується для даного виду прокату (відпалений прокат, прокат без відпалу, нормалізований тощо), за видом зовнішньої поверхні.

Блум (рис. 2.7) прокатують на рейки, швелери (крупний сорт). Заготовку, яку отримали із бльома, прокатують в балки кутового, таврового, двотаврового профілю, полоси (середній сорт). Арматурне залізо, прутки, дріт катаний (мілкий сорт).

Сортовий прокат має самі різноманітні фасонні профілі (рис. 2.8).

Також застосовується профільний листовий прокат і прокат, у якого профіль періодично змінюється по довжині. Такий прокат використовується у якості заготовок для штамповки, що дозволяє зменшити відходи металу та трудоемкість виготовлення.

Сляб – це заготовка прямокутного перерізу, з якої на товстолистових станах прокатують листи товщиною більше 4 мм (рис. 2.7). При подальшому прокатуванні отримуємо листи товщиною менше 4 мм і штрипс (стрічку).

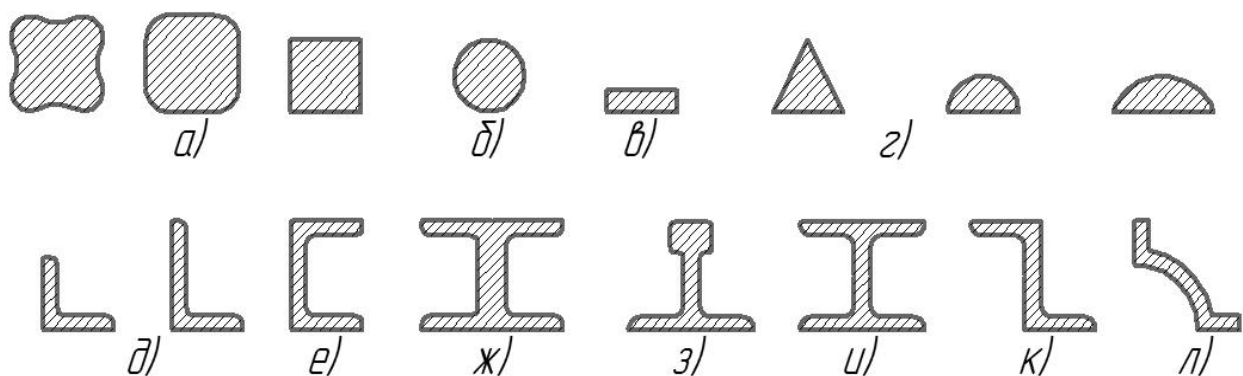


Рис. 2.8. Основні види профілів:

- а) квадратна сталь; б) кругла сталь; в) полосова сталь; г) трикутна, овальна, напівкругла, сегментна сталь; д) кутова нерівнобічна та рівнобічна сталь; е) швелери; ж) двотаврова сталь; з) таврова сталь; и) рейки; к) зетова сталь; л) колонна сталь

Листовий прокат розрізняють:

- по товщині листів: товстий листовий прокат – більше 4 мм, тонкий – до 4 мм;

- по якості вихідного матеріалу – звичайний або підвищеної якості;

- по способу виготовлення – прокатування в гарячому або холодному стані;

- по обробці поверхні – глянцевої, матовий, полірований, з покриттям.

Зі сталевих листового прокату найбільш широко застосовують наступні види:

- сталь листові покрівельна у відпаленому стані;

- сталь листові декапирована (м'яка та пластична, з підвищеним опором корозії після відпалу та травлення), яка використовується як замітник кольорових металів;

- сталь чорна полірована – після відпалу та полірування, застосовується як облицювальний матеріал;

- біла бляха – тонкі листи м'якої сталі, покриті оловом.

Найбільш поширеними типами листового прокату є: автолист, котельний лист, покрівельний лист, консервний лист тощо.

На листопрокатних станах отримують товстолистову і тонколистову сталь, товсті та тонкі листи та стрічки з міді, латуні, алюмінію, дюралюмінію та інших кольорових металів і сплавів. Тонколистовий прокат зі сталі та кольорових металів використовується як напівфабрикат для наступної готової деталі холодним листовим штампуванням.

Вихідним матеріалом для прокатування товстого сталевих листа є сляби, які прокатуються із плоских виливок масою до 25 т на обтискних станах. Із слябів прокатують в гарячому стані спочатку товстий, а потім тонкий лист.

Після нагріву сляби прокатують в листи в два етапи. На першому етапі після одного або двох проходів сляб кантують в горизонтальній площині на 90° відносно напрямку прокатування та прокатують в поперечному напрямку до отримання потрібної ширини. На другому етапі обтиснений сляб знову кантують в тій же площині на 90° і прокатують на довжину листа. Прокатування в двох напрямках зменшує різницю в структурі та механічних властивостях вздовж і поперек листа.

Прокатування товстолистової сталі виконують на одноклітьових станах, тріо- та квадро-, двохклітьових і напівнеперервних автоматизованих станах. Такі стани мають чорнову та чистову групи клітей. Перед чистовою групою, які мають декілька клітей квадро-, встановлені окалоломкачі (дуокліть), які видаляють окалину при чорновому прокатуванні.

Зменшення товщини листа при прокатці досягається за рахунок зменшення зазору між гладкими валками після кожного пропуску листа між ними.

Температура початку прокатування в чистових клітях повинна бути вища 1000°C , а кінця – не нижче 720°C (при температурі нижче 700°C

товстолистової сталі отримує зміцнення – наклеп). Отримана товстолистової сталі поступає на гарячу правку, різання на гільйотинних ножицях, термічну обробку тощо.

В чорнових клітках заготовка обтискається на 70–80% загального обтиснення, а останнє обтиснення виконується на чистових клітках.

Тонколистову сталі прокатувають в гарячому і холодному станах. Гаряче прокатування виконують в напівперервних і неперервних станах із слябів, отримують листи шириною 600–2200 мм і більше при товщині більше 1,25 мм. Для видалення окалини, як і в товстолистових станах, перед чистовою групою клітей встановлюють окалоломкачі. Так як гаряче прокатування тонколистової сталі закінчують при температурі нижче температури рекристалізації, то листи після прокатування піддають нормалізації. Горячекатані листи, які йдуть на наступне холодне прокатування, травлять для знімання окалини на травильних установках і сушать, а листи, які йдуть на холодну листову штамповку, після відпалу додатково обробляють на дресировочних станах, правлять на правильних машинах і ріжуть на ножицях. Дресировка – холодна прокатка з обтисненням в межах 0,5–3%. Цей процес призводить до наклепу металу, який видаляють відпалом і травленням.

Холодну правку тонких листів виконують на реверсивних станах квадрата на неперервних трьох-, чотирьох- і п'ятикліткових станах, які мають розмотувачі та намотувачі рулонів. Рулони поступають у відділ правки, різання на листи потрібної довжини, термообробки, видалення дефектів.

Автомобільний лист із конструкційної сталі товщиною 0,5–1 мм, лист електротехнічної сталі товщиною 0,4–0,6 мм, покрівельний лист товщиною 0,3–0,5 мм, бляха, товщиною 0,08–0,90 мм, тонка (товщиною 0,1–0,9 мм) і дуже тонка (товщиною менше 0,1 мм) смуги і стрічки отримують холодним прокатуванням. Бляха – тонкий листовий метал з антикорозійним покриттям. Найбільш поширена біла бляха покрита оловом. Непокриту оловом відпалену бляху називають «чорною». Бляху виробляють у листах 512–1000x712–2000 мм або у рулонах шириною до 1 м, масою до 15 т.

Холодне прокатування листів, полос і стрічок, як правило, виконують на неперервних станах. Технологічний процес прокатування на цих станах складається із наступних операцій: підготовка вихідної заготовки до прокатування (травлення для очистки поверхні від окалини), прокатування, відпал для знімання наклепу, дресировка та обробка. Травлення горячекатаних рулонів із вуглецевої сталі виконують в 15–20% розчині сірчаної кислоти при температурі 80–90° С. Після травлення виконують промивання у воді та сушіння.

Особливим видом прокатування є виробництво труб, які широко використовуються в машинобудуванні, будівництві, газовій та нафтовій галузях тощо.

Для виготовлення труб необхідно спеціальне обладнання та технологічний процес. Прокатуванням отримують труби безшовні та зі швом (зварні труби).

Виробництво безшовних труб складається з трьох операцій: прошивка отвору в заготовці та отримання товстостінної гільзи; прокатування труби з гільзи; обкатування для покращення зовнішньої та внутрішньої поверхонь, виключення овальності та різностінності труби. Заготовками для безшовних труб є злитки та катані заготовки круглого перерізу діаметром 120–320 мм. Прошивку отвору в заготовці виконують на прошивочному стані поперечно-гвинтового прокатування (рис. 2.9) з бочкоподібними валками, осі яких розміщені під кутом 4–14° один до одного.

Робочі валки прошивочного стану обертаються в одному напрямку, внаслідок чого заготовка обертається в протилежному напрямку. Оскільки осі валків розміщені під кутом (такий прошивочний стан називають станом косоного прокатування), заготовка отримує гвинтовий рух – обертаючись, рухається вздовж своєї осі. Завдяки деформації металу в центрі заготовки з'являється отвір з нерівною поверхнею. Для вирівнювання цих нерівностей застосовується дорн, на який заготовка налізає при виході з під валків і утворює гільзу. Після прошивання і нагріву гільза поступає на автоматичні чи пілігримові (періодичні) розкатувальні стани.

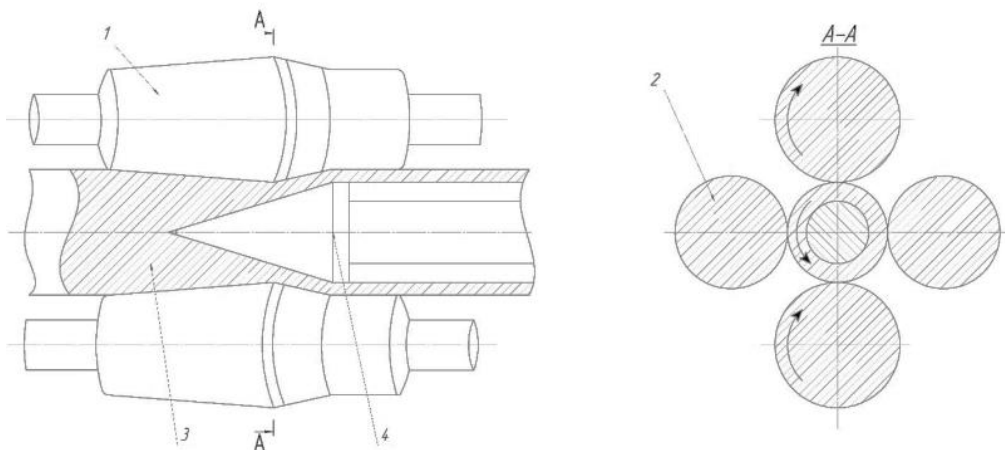
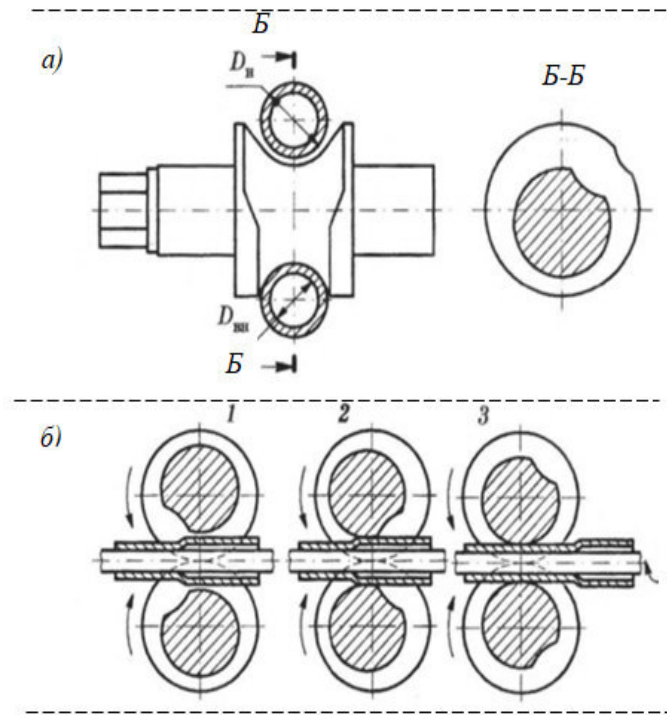


Рис. 2.9. Прошивання отвору в заготовці:

1 – робочі валки; 2 – підтримуючі ролики; 3 – заготовка; 4 – оправка

Для отримання труби гільзу встановлюють на оправку і подають на пілігримів стан (рис. 2.10).



*Рис. 2.10. Схема прокатування гільзи на пілігримовому стані:
 а – положення гільзи в момент подачі в калібр і в кільце прокатування; б – період початку і кінця розкатування ділянки труби валками; 1 – холостий хід валків; 2 – збільшуюче обтиснення стінок гільзи; 3 – кінцеве вирівнювання нерівностей на поверхні труби*

Такий стан (агрегат 5-12) працює на Нижньодніпровському трубопрокатному заводі (ОАО «Інтерлайн НТЗ» м. Дніпро, Україна).

Цей стан має валки з вирізами і калібром перемінного профілю. На частині кола валків розміри діаметра калібру на обтискній ділянці поступово зменшуються і на калібруючій ділянці відповідають діаметру готової труби. На інших частинах кола розміри калібру різко збільшуються, утворюючи холосту ділянку (рис. 2.10, б, 1). Профіль калібру, який утворюється при обертанні валків, неперервно змінюється.

Гільза, надіта на довгу оправку, подається в напрямку, протилежному напрямку обертання валків. Валки обертаються в різні боки з однаковою швидкістю. Гільза на оправці рухається на величину подачі в зазор між валками в момент, коли вирізи валків утворюють холостий калібр (рис. 2.10, б, положення 1) спеціальним механізмом подачі. Розміри калібру більші зовнішнього діаметра гільзи.

При подальшому обертанні валків переріз калібру поступово зменшується і валки збільшують тиск на стінки гільзи (положення 2), при цьому гільза на оправці переміщується в напрямку оберненому подачі.

Кінцеве вирівнювання нерівностей на поверхні труби виконується калібруючою частиною вирізів (положення 3).

Холостий калібр підходить після повного оберту валків і на них подається наступна ділянка відрізка гільзи, одночасно гільза повертається на 90° навколо поздовжньої осі.

Весь цикл починається спочатку і повторюється до тих пір, поки вся гільза не буде прокатана в трубу. Після прокатування оправку (дорн) виймають із труби. Загальна кількість подач при прокатуванні досягає 180. На пілігримних станах прокатують труби діаметром до 630 мм і довжиною до 30 м.

Прокатування прошитих заготовок, крім пілігримних станів, виконують на автоматичних станах на нерухомій оправці в круглих калібрах (рис. 2.11).

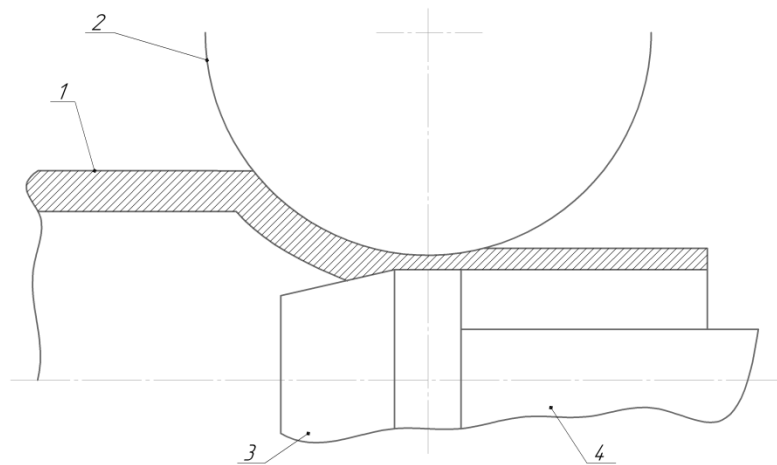


Рис. 2.11. Прокатування заготовок на автоматичних станах:
1 – гільза; 2 – верхній валок; 3 – оправка; 4 – стержень оправки

Товщина стінки труби залежить від зазору між калібром і оправкою. Для отримання необхідної товщини стінки зовнішній діаметр труби зменшується. Прокатування виконують за два проходи з повертанням труби на 90° після першого проходу.

Для видалення нерівностей, овальності, рисок і нерівномірної товщини стінок отриману трубу обкатують на розкатній машині і для доводки до заданого діаметра пропускають через калібровочний стан.

Прокатування прошитих заготовок, крім пілігримних і автоматичних станів, виконують на неперервних станах (рис. 2.12).

Після прошивання і видалення оправки трубу підігрівають і прокатують без оправки на неперервному багатоклітьовому редуційному стані на менший діаметр розміру, який потрібний.

Виробництво труб зі швом (зварні труби) (рис. 2.13) включає дві операції: звертання заготовки в трубу та зварювання. Зварювання для виготовлення труб використовується газове, електричне та газоелектричне.

Вихідною заготовкою для виробництва труб є прокатана полоса (штрипс) або лист, які виготовляються з низьковуглецевої або низьколегованої сталі.

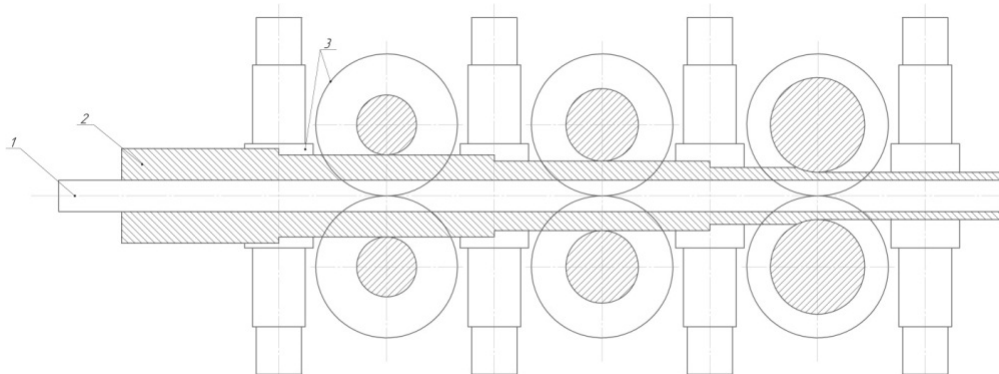


Рис. 2.12. Прокатування заготовок на неперервних станах:
1 – гільза; 2 – трубна оправка; 3 – валки

Загальний діапазон діаметрів труб, отриманих різними способами зварювання 5–1620 мм по зовнішньому діаметру. В даний час найбільший розвиток отримав спосіб виробництва труб електрозварюванням. Цим способом виготовляють труби діаметром 8–1620 мм. Пічним зварюванням отримують труби діаметром 3–102 мм.

Формування труб малого діаметру виконують в прорізах валків неперервного стану, а діаметром більше 300 мм – звертанням при прокатуванні на формувальних неперервних станах дуо з числом клітей від 5 до 12 (рис. 2.13), також труби малого діаметру (до 100 мм) звертанням шляхом протягування через конусну воронку (рис. 2.14) або гнуттям в штампах на гідравлічних пресах.

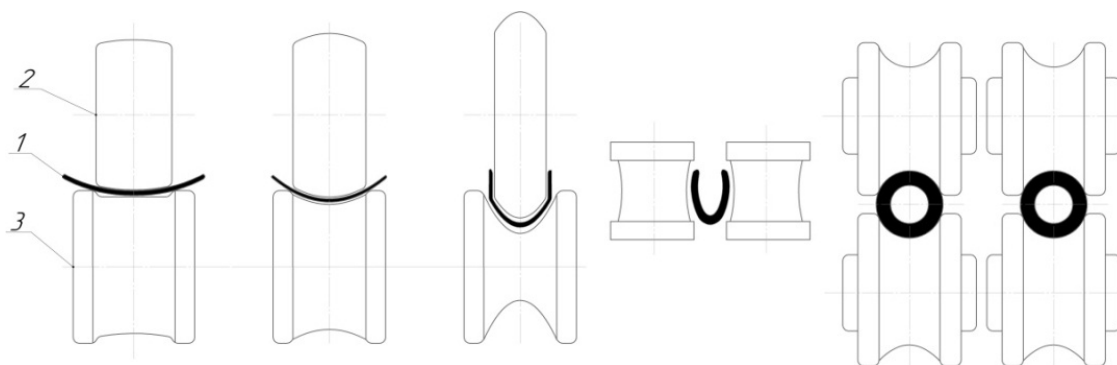


Рис. 2.13. Звертання заготовки в трубу в неперервних станах дуо:
1 – заготовка; 2 – верхній валок; 3 – нижній валок

При пічному зварюванні штрипс нагрівається в печі до $1300\text{--}1350^\circ\text{C}$ і протягується кліщовим захватом за обрізаний кінець через воронку на волочильному стані. При протягуванні кромки штрипса дотикаються в стик і завдяки тиску в воронці зварюються (рис. 2.14). Отримана труба калібрується та поступає в холодильник.

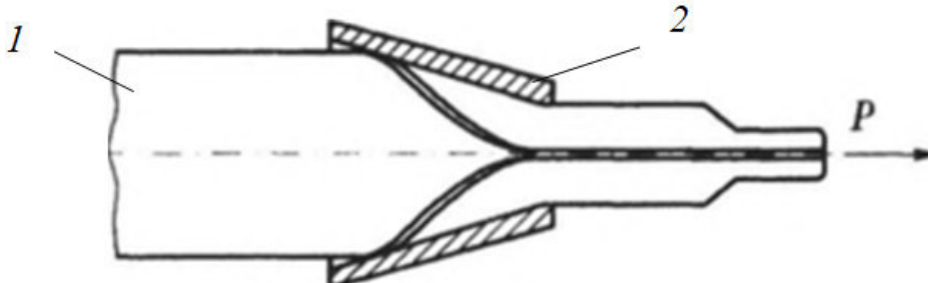


Рис. 2.14. Схема зворотного штрипса в трубу:
1 – штрипс; 2 – конусна воронка

Іншим високопродуктивним способом пічного зварювання є спосіб отримання труб діаметром $10\text{--}114$ мм з товщиною стінки $1,8\text{--}5$ мм. Це, в основному, водо- та газопровідні труби. Суть способу полягає в наступному – полоса (штрипс) розмотується, правиться, обрізується та нагрівається в тунельній печі до температури $1300\text{--}1350^\circ\text{C}$. Нагріта заготовка послідовно проходить через $6\text{--}12$ клітей неперервного стану, де проходить формування та зварювання притиснутих в стик кромки труби в калібрах. Отримана труба розрізається на куски $4\text{--}12$ м і калібрується на калібрувальному стані.

Зварювання труб великого діаметра (до 750 мм) виконується після підігріву кромки до 1300°C і обтискання шва між двома вирізами валків і сталеву оправкою, яка знаходиться всередині труби.

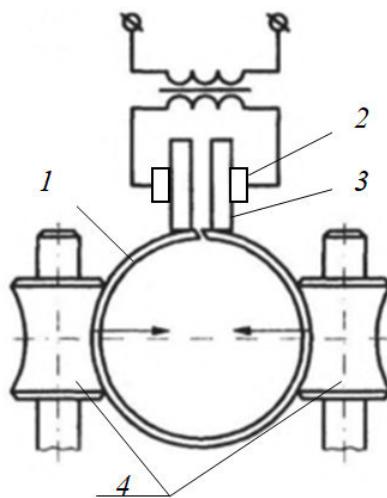
Електричне зварювання (зокрема, контактне роликоче) застосовується при зварюванні труб діаметром $6\text{--}600$ мм з товщиною стінки $0,4\text{--}5$ мм. Це, в основному, труби для виготовлення елементів конструкцій та нафтогазові труби. Заготовка формується аналогічно трубам пічного зварювання, але без нагрівання.

Потім заготовка поступає в трубоелектрозварювальний стан (рис. 2.15).

В трубоелектрозварювальному стані кромки труби 1 підігріваються завдяки подачі струму напругою $5\text{--}10$ В щітками 2 через зварювальні ролики 3 з контактними мідними кільцями. Ролики 3 обертаються і стик зварюється під тиском нажимних роликів 4. Ролик 5 переміщує трубу.

Сучасними високопродуктивними станами для виробництва зварних труб діаметром $8\text{--}1620$ мм з товщиною стінки $1\text{--}16$ мм з прямим і спіральним швом є зварювання під шаром флюсу.

Розглянемо технологічний процес виготовлення труб діаметром 426–820 мм з товщиною стінки 6–12 мм і довжиною 11–12 м з гарячекатаних листів шириною 1300–1500 мм і довжиною до 12,5 м.



*Рис. 2.15. Контактне роликове зварювання трубної заготовки:
1 – трубна заготовка; 2 – щітки; 3 – зварювальні ролики; 4 – нажимні ролики*

Вихідною заготовкою є лист з вуглецевої та низьковуглецевої сталі з вмістом вуглецю до 0,4% і марганцю 1,0–1,9%, з межею міцності до 60 кгс/мм².

Технологічний процес включає три частини: формування і підготовка листа, зварювання листа у формі труби та обробка готової труби.

Після правки лист надходить до кромкостругальних верстатів, де знімається припуск до 8 мм з кожної сторони та скошуються поздовжні кромки під кутом 35°, з нижньої сторони лишають притуплення 1–2 мм.

Потім лист по ширині до 70 мм з верхньої та нижньої сторін очищається від окалини на дробометній установці.

Підготовлений лист проходить трьохклітьовий безперервний стан, де здійснюється гнуття кромки по радіусу, відповідному радіусу готової труби. Після цього лист подається на гідравлічний прес, де йому надається V-подібна форма, а потім кінцево формується.

Звідси за допомогою пересувного рольганга отримана заготовка подається до станів зовнішнього зварювання, які складаються з двох клітей з вертикальними і горизонтальними привідними вальцями та двох зварювальних клітей, встановлених на одній загальній рамі.

Сформована трубна заготовка проштовхується через кліті з горизонтальними та вертикальними валками, якими подається в зварювальну кліть відповідно зі швидкістю зварювання.

Зварювання зовнішнього шва труби проводиться спеціальним трьох дуговим зварювальним автоматом змінного струму.

Потім труба подається до станів внутрішнього зварювання труб, при цьому труба повертається швом донизу і всередину труби на візку подається зварювальна штанга зі швидкістю зварювання 0,65–2,0 м/хв. На кінці штанги встановлюється зварювальна головка, яка працює двома дугами, які спрямовані в одну ванну (перша дуга вертикальна, друга – нахилена під кутом 45° вперед). Подача флюсу в зону зварювання та відсмоктування невикористаного флюсу після зварювання виконується по трубопроводах, які прокладені вздовж штанги. Зварювальна головка має пристрій для відсмоктування газів, що виділяються в процесі зварювання.

Калібрування та випробування внутрішнім тиском проводиться на комбінованому гідравлічному пресі. Труба наповнюється водою низького тиску, а потім калібрується водою тиском до 265 атм. по всій довжині.

В даний час широко використовують метод виготовлення труб зварюванням полоси по спіралі, при якій полоса звертається спіраллю і кромки, які з'єднуються, зварюються за допомогою автоматичного трубозварювального стану. Міцність спірального шва на 20–40% вища ніж прямого.

Крім перерахованих вище видів зварювання трубних заготовок останні можуть зварюватись аргоно-дуговим зварюванням, індукційним зварюванням, електрозварюванням в середовищі інертних газів, електронно-променевим зварюванням тощо.

Група спеціальних видів прокату включає бандажі (шини на паровозні або вагонні колеса), дискові колеса, профілі спеціального призначення, шари, заготовки для штамповки шатунів двигуна, ролики, вали, гайкові ключі, черв'ячні фрези, свердла, труби з високими поперечним ребрами, гвинти з великим кроком різьби тощо.

При отриманні даних видів прокату значно економиться метал за рахунок зменшення або відсутності відходів в стружку при механічній обробці та значно підвищується продуктивність праці.

Прокатка періодичних профілів є економічним методом формоутворення заготовок деталей. Періодичні профілі використовують як заготовки для наступної штамповки або механічної обробки, що забезпечує економію 20–30% металу порівняно з штампуванням та прокатуванням.

Періодичні профілі виготовляють, як правило, поперечним та поперечно-гвинтовим прокатуванням. Поперечне прокатування виконується на двох- та трьохвалкових станах. Поперечно-гвинтове прокатування деталей з гвинтовою поверхнею (черв'яків, ходових гвинтів, черв'ячних фрез тощо) в 30–80 разів продуктивніше ніж нарізання різьби на токарно-гвинторізному верстаті і забезпечує економію 10–30% металу.

Поперечне прокатування виконують між двома валками 1 і 2 (рис. 2.16), які обертаються в один бік.

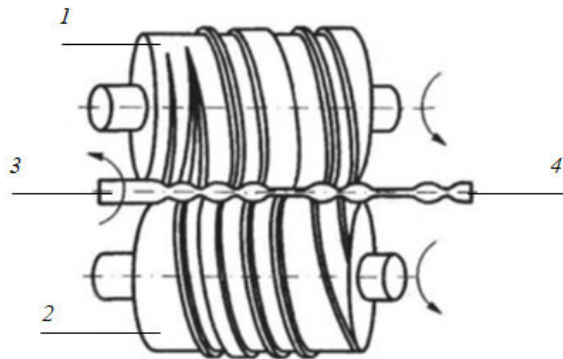


Рис. 2.16. Схема отримання періодичного прокату:
1, 2 – валки; 3 – заготовка; 4 – періодичний прокат

Заготовка 3 переміщується та отримує обертовий рух. Переміщуючись одночасно по довжині, вона витягується та приймає профіль калібрів валків з утворенням періодичного прокату 4.

На двохвалкових станах поперечно-гвинтового прокатування прокатують шари та заготовки для штампування шатунів двигунів (рис. 2.17).

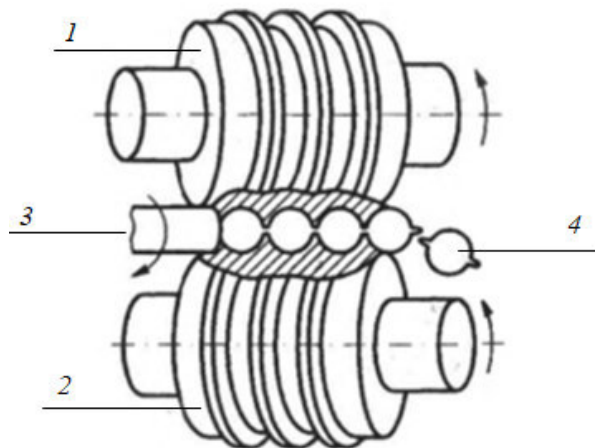


Рис. 2.17. Схема поперечно-гвинтового прокатування сталевих шарів:
1, 2 – валки; 3 – заготовка; 4 – шари

Вирізи валків виготовлені по гвинтовій лінії. Відходи металу при прокатуванні по такій схемі незначні.

Виробництво бандажів і коліс для залізничного транспорту є комбінованим процесом обробки тиском, який включає ковання та прокатування. При виготовленні цільнокатанних коліс заготовка відрізається від сталевих виливків, нагрівається в печі і піддається куванню на молоті або

пресі, в результаті отримується прошита дискова заготовка, яка штампується та поступає на колесопрокатний стан.

При виготовленні бандажів нагріта заготовка осаджується по висоті, прошивається та відковується в чорнове кільце з виготовленням отворів. Отримане кільце нагрівається та розкатується в бандаж на бандажопрокатному стані.

3. ВОЛОЧІННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

3.1. Суть процесу волочіння. 3.2. Будова волочильних станів та їх класифікація. Інструмент. 3.3. Технологія волочильного виробництва

Волочіння металу – це протягування заготовки круглого або фасонного профілю через отвір (фільтеру, волоку), переріз якого менше перерізу заготовки, у результаті чого останній зменшується. Волочіння виконується тяговим зусиллям, яке прикладене до переднього кінця оброблюваної заготовки. Цим способом одержують дрід всіх видів, прутки з високою точністю поперечних розмірів і труби різних видів.

Волочіння знаходить широке застосування в металургійній, машинобудівній галузі та при виготовленні кабелів. Діаметр дроту, отриманого волочінням, 0,002 мм, калібровані прутки діаметром 3–150 мм, холодно тягнуті труби діаметром до 500 мм і товщиною стінки 0,1–10 мм. Волочінням оброблюють сталі різного хімічного складу, сплави, практично всі кольорові метали, включаючи золото та срібло. Вироби, отримані волочінням, мають високу якість поверхні та високу точність розмірів поперечного перерізу.

3.1. Суть процесу волочіння

Суть процесу волочіння заключається в протягуванні під дією сили P заготовки, як правило, в холодному стані через отвір.

Переріз отвору менше вихідного перерізу заготовки. Цей отвір послідовно звужується, при цьому поперечний переріз заготовки зменшується, а її довжина – збільшується. Отриманий виріб має гладку поверхню та точні розміри. Якщо початковий переріз необхідно значно зменшити, то волочіння повторюється декілька разів (для тонкого дроту до 17 разів), так як зусилля протягування P обмежено міцністю дроту та витяжкою. При волочінні має місце схема об'ємно-напруженого стану, з однією головною розтягуючою напругою σ_1 , яка створюється зусиллям волочильного стану, а дві інші, рівні по величині головним стискаючим зусиллям σ_2 і σ_3 , які створюються тиском стінок отвору (рис. 3.1).

Значна по величині напруга σ знижує пластичність металу, підвищує міцність і твердість внаслідок наклепу. Тому, при волочінні недопустимі великі ступені деформації, і на одне протягування зменшення площі перерізу заготовки не перевищує 25–35%.

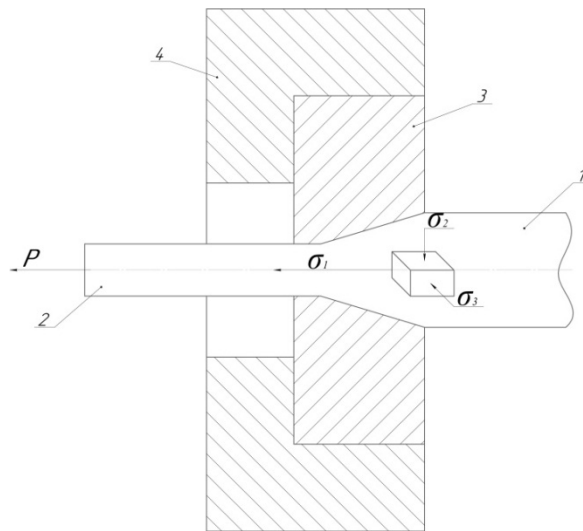


Рис. 3.1. Схема процесу волочіння:
 1 – заготовка; 2 – виріб; 3 – волокна; 4 – обойма

Наклеп металу в процесі волочіння, внаслідок втрати пластичності металу, може привести до обриву дроту. Тому напруга натягу дроту не повинна перевищувати 0,6 межі міцності металу. Напруга натягу при волочінні визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{н.в.}} = \frac{P}{F_1}, \quad (3.1)$$

де P – зусилля волочіння, визначається за формулами 5, 6, 7; F_1 – площа поперечного перерізу виробу після виходу з волокни.

Для нормального протікання процесу волочіння необхідно, щоб виконувалась умова:

$$\sigma_{\text{н.в.}} = (0,5 \dots 0,7)\sigma_{\text{T}}, \quad (3.2)$$

де σ_{T} – межа текучості металу.

Крім того, інколи для запобігання обриву дроту, останній піддають відпалу. Сумарне обтиснення заготовки між відпалами складає в середньому 75–85%.

Степінь деформації металу при волочінні характеризується величиною коефіцієнта витяжки або величиною коефіцієнта обтиснення.

$$\mu = \frac{l_0}{l_1} = \frac{F_0}{F_1} = \frac{d_0^2}{d_1^2}, \quad (3.3)$$

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%, \quad (3.4)$$

де l_0, l_1 – відповідно величина довжини вихідної заготовки та отриманого виробу; F_0, F_1 – відповідно площа поперечного перерізу вихідної заготовки та отриманого виробу; d_0, d_1 – відповідно діаметри вихідної заготовки та отриманого виробу.

Коефіцієнт витяжки за один прохід приймають 1,2–1,6, а сумарний 1,7–6,5. Коефіцієнт обтиснення залежить від матеріалу, який обробляється і для сталей складає 10–19%, для кольорових металів – до 36%, а сумарний коефіцієнт обтиснення 40–85%.

Головним показником деформації при волочінні є коефіцієнт обтиснення. Також деформацію при волочінні можна оцінювати коефіцієнтом зменшення діаметру K , за формулою:

$$K = \frac{d}{D}, \quad (3.5)$$

де D – діаметр прутка до волочіння; d – діаметр прутка після волочіння.

Значення коефіцієнта K знаходиться в межах 0,8–0,85 в залежності від матеріалу прутка. Величину даного коефіцієнта зменшити не можливо, так як кожний метал має свою межу міцності, який не повинен бути перевищений після процесу волочіння.

Тягнуча сила повинна бути менше сили, яка може розірвати пруток.

Зусилля волочіння залежить від властивостей та стану металу, форми і стану інструменту, умов тертя тощо. Приблизно зусилля волочіння для дроту та труб можна підрахувати за формулою:

$$P = kF_1\sigma_B, \quad (3.6)$$

де k – коефіцієнт, рівний 0,5–0,7; F_1 – площа поперечного перерізу виробу після волочіння; σ_B – межа міцності металу після волочіння.

Для розрахунку зусилля волочіння окремо для дроту (прутків) і труб можна скористатись формулами:

- для волочіння дроту (прутків)

$$P = pF_1l_n \frac{F_0}{F_1} (1 + f \cot \alpha); \quad (3.7)$$

- для волочіння труб

$$P = pF_1l_n \frac{F_0}{F_1} \left(1 + \frac{f}{\sin \alpha \cos \alpha} + \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha} \right), \quad (3.8)$$

де p – опір металу деформації (формула 3.9); F_0, F_1 – відповідно переріз заготовки та отриманого дроту (прутка) або труби; f – коефіцієнт тертя ($f=0,05-0,1$); α – півкут робочого конуса.

Опір металу деформації визначається за формулою:

$$p = 0,25\sigma_{B0} + 0,75\sigma_{B1}, \quad (3.9)$$

де σ_{B0}, σ_{B1} – межа міцності металу до і після протягування.

Для зменшення зусилля волочіння, зношення інструмента та покращення поверхні виробу застосовують мастила: тверді, пластичні та рідкі. Коли необхідна висока точність і якість поверхні, вироби піддають калібруванню при малій ступені обтиснення.

Для волочіння використовують вуглецеву та легуючу сталь з малим вмістом вуглецю, а також різні кольорові метали та їх сплави.

3.2. Будова волочильних станів та їх класифікація. Інструмент

Волочильні стани складаються з двох основних частин: станини з обоймою для волоки та тягнучого пристрою для протягування заготовки через волоку.

Волочильні стани класифікуються за способом протягування заготовки: барабанні, ланцюгові та гідравлічні. Барабанні, в свою чергу, поділяються на стани для однократного волочіння (рис. 3.2) та стану для багатократного волочіння (рис. 3.3).

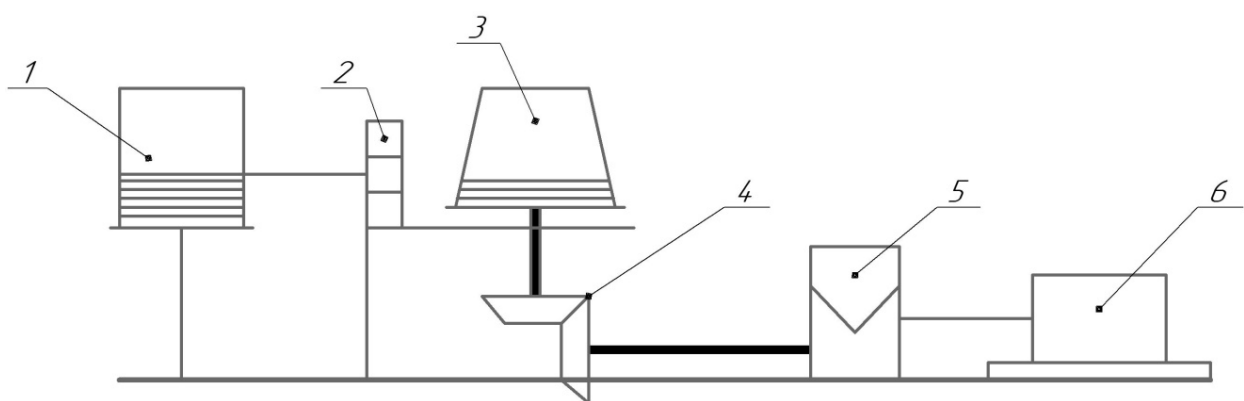


Рис. 3.2. Барабанний стан для однократного волочіння:

1 – вертушка; 2 – обойма з волокою; 3 – барабан; 4 – конічна зубчаста передача;
5 – редуктор; 6 – електродвигун

Барабанний стан для однократного волочіння працює наступним чином: бухта дроту встановлюється на вертушку 1, кінець дроту протягується через

волоку, яка встановлена в обоймі і закріплюється на барабані, який отримує привід від двигуна 6 через редуктор 5 і конічну зубчасту передачу 4.

На відміну від барабанного стану однократного волочіння, барабанний стан для багатократного волочіння має певну кількість обойм з волоками.

Бухта дроту 12 знаходиться на барабані 6 і кінець дроту проходить через волоки, які встановлені в обоймах 1–5 та намотуються на барабани 7–11, які є тяговими барабанами. Конічні зубчасті передачі 13 мають різні передаточні відношення, оскільки швидкість від 7 до 11 барабана збільшується завдяки видовженню дроту.

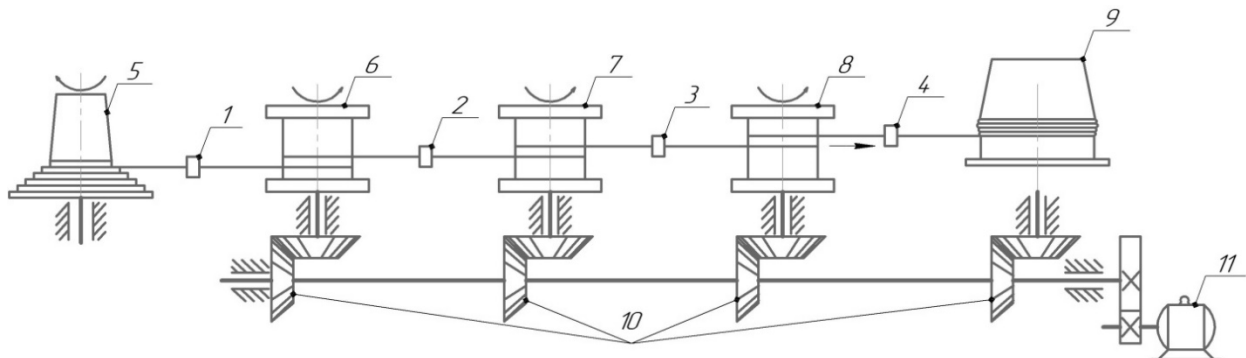


Рис. 3.3. Барабанний стан для багатократного волочіння:

- 1–5 – обойми з волоками вертушка; 6 – барабан для бухти дроту;
7–10 – тягові барабани; 11 – приймальний барабан; 12 – бухта дроту;
13 – конічні зубчасті шестерні; 14 – редуктор; 15 – електродвигун

На станах барабанного типу протягують прутки діаметром до 25 мм, дріт 0,002–6 мм, який змотується в бухти.

Для зменшення тертя волоки встановлюються в обойми, які заповнені маслом. Швидкість волочіння знаходиться в межах 6–3000 м/хв.

Ланцюгові волочильні стани застосовуються для волочіння прутків діаметром до 150 мм, труб діаметром до 200 мм і довжиною до 8 м.

На таких станах одночасно можуть протягуватись до 10 виробів, які не можуть бути змотані в бухти.

Зусилля волочіння у ланцюгових станах може досягати 600 т, а швидкість волочіння – 20–50 м/хв (рис. 3.4).

В ланцюгових волочильних станах зусилля волочіння створюється пластинчастим ланцюгом 3, за ланку якого зачіплюється крюк 4 волочильної каретки 5. До каретки 5 кріпляться самозахватуючі кліщі 7 (рис. 3.5), за допомогою яких прутки 9 протягується через волоку, яка встановлена в обоймі 8. Обойма за допомогою кронштейна кріпиться до станини.

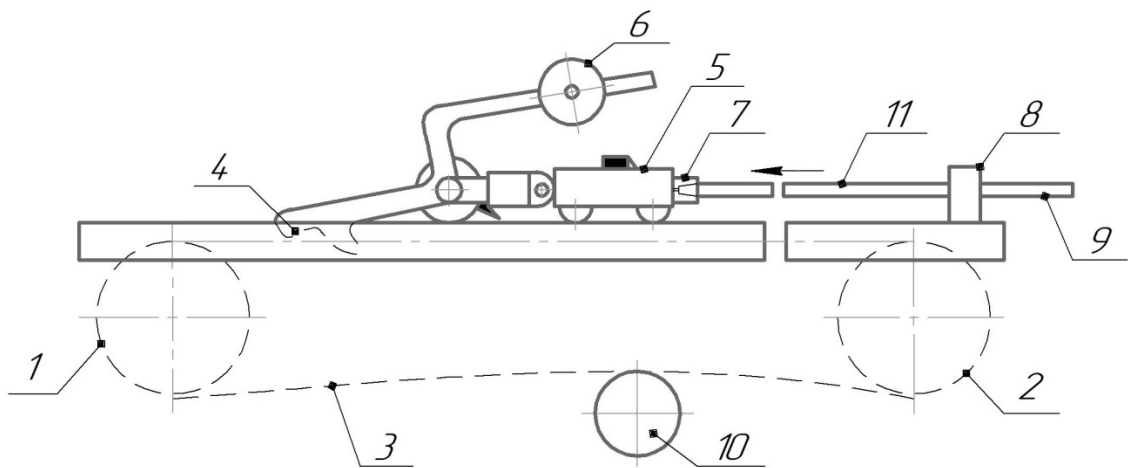


Рис. 3.4. Ланцюговий волочильний стан:

1, 2 – ланцюгові барабани; 3 – шарнірно-пластинчастий ланцюг; 4 – крюк;
 5 – каретка; 6 – противага; 7 – самозахватуючі кліщі; 8 – обойма з волокою;
 9 – пруток; 10 – натяжний ролик; 11 – виріб

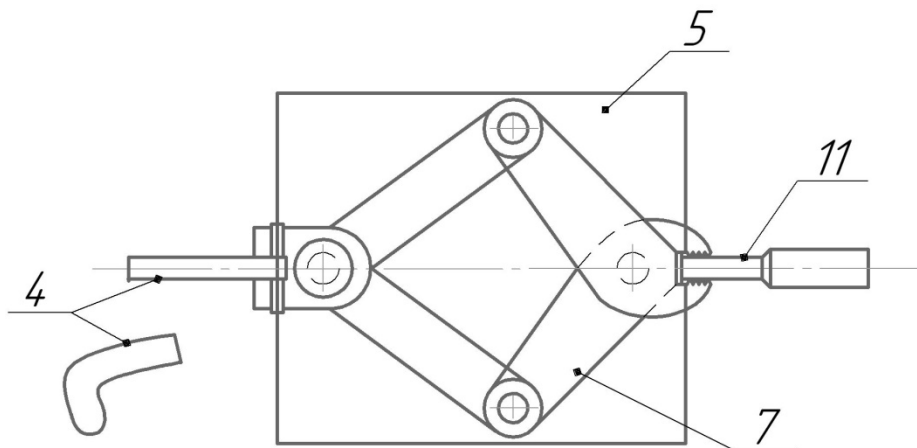


Рис. 3.5. Самозахватуючі кліщі:

4 – крюк; 5 – каретка; 7 – самозахватуючі кліщі; 11 – виріб

Каретка має чотири ролики для переміщення по направляючих станини і рухається разом з ланцюгом, тягнучи за собою пруток 9, який захвалений кліщами 7.

Повернення каретки у вихідне положення виконується спеціальним пристроєм. Для підтримання натягу ланцюга використовується натяжний ролик 10. Шарнірний ланцюг отримує привід від електродвигуна через редуктор, на валу якого закріплена ведуча зірочка. Коли виріб 11 виходить із волоки, натяг між крюком 4 і ланцюгом 3 зменшується, то противага 6 піднімає крюк і від'єднує його від ланцюга.

В подальшому автоматично відбувається проштовхування наступного прутка через волоку без попереднього загострення кінця та його захват кліщами каретки.

Третім видом волочильних станів за способом протягування заготовки є гідравлічні, які працюють більш плавно та з меншим числом обривів дроту порівняно з ланцюговим.

Волочіння труб, як правило, виконується на ланцюгових станах. Для того, щоб виконати волочіння, необхідно загострити кінець заготовки, проштовхнути її у волоку та затиснути захватами і виконати протягування.

Волочіння труб виконується наступними способами: без оправки, на довгій рухомій оправці, на нерухомому корку при короткій оправці, на довгій оправці; та на вільній (плаваючій) оправці (рис. 3.6).

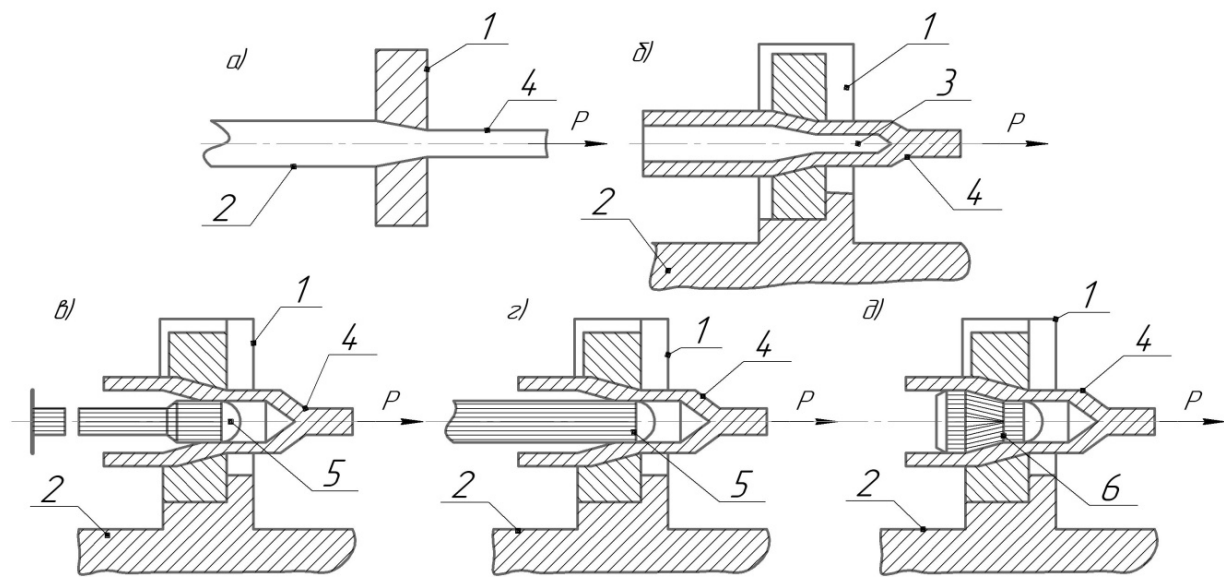


Рис. 3.6. Схеми волочіння труб:

- а* – без оправки; *б* – на довгій рухомій оправці; *в* – на нерухомому корку при короткій оправці; *г* – на довгій оправці; *д* – на вільній (плаваючій оправці);
 1 – волока; 2 – заготовка (рис. а), 2 – станина; 3 – довга рухома оправка;
 4 – сформована труба; 5 нерухомий корок при короткій оправці;
 6 – вільна (плаваюча) оправка

Схема волочіння без оправки (рис. 3.6, а) застосовується з метою зменшення зовнішнього та внутрішнього діаметра труби. Процес волочіння полягає в наступному: заготовка у вигляді труби 2 проходить через волоку 1 та деформується як по внутрішній, так і по зовнішній поверхні, утворюючи трубу 4 заданих розмірів.

Схема волочіння на довгій рухомій оправці (рис. 3.6, б) застосовується з метою зменшення, насамперед, товщини стінки та зовнішнього і внутрішнього діаметра труби. Процес волочіння полягає в наступному: заготовку у вигляді труби, яка протягується через волоку 1, вставляється довга рухома оправка 3. Заготовка разом з оправкою протягується через волоку та деформується як по

внутрішній, так і по зовнішній поверхні, утворюючи трубу 4 заданих розмірів. Вихідною заготовкою для виготовлення труб фасонного профіля служить труба круглого перерізу, при цьому отриманий переріз може бути квадратним, прямокутним, багатокутним та інших профілів. Швидкість волочіння труб складає 0,1–0,2 м/с.

Схему волочіння на нерухомому корку при короткій оправці наведено на рис. 3.6, в. Ця схема застосовується з метою зменшення товщини стінки та зовнішнього і внутрішнього діаметра труби, при цьому досягається найкраща обробка внутрішньої поверхні труби.

Процес волочіння полягає в наступному. У заготовку у вигляді труби, яка протягується через волоку 1, вставляється нерухомий корок 5 при короткій оправці. Заготовка протягується через волоку 1 і деформується як по внутрішній, так і по зовнішній поверхні, утворюючи трубу 4 заданих розмірів. В процесі протягування корок 5 при короткій оправці не переміщується, але зменшує товщину стінки та покращує внутрішню поверхню труби.

Схема волочіння на довгій оправці (рис. 3.6, з), яка рухається разом з трубою, коли потрібно зменшити, головним чином, товщину стінки.

Схема волочіння на вільній (плаваючій оправці (рис. 3.6, д)) застосовується з метою зменшення товщини стінки, зовнішнього та внутрішнього діаметра труби, при цьому досягається найкраща обробка внутрішньої поверхні труби. Ця схема застосовується в основному при виробництві труб із міді та її сплавів.

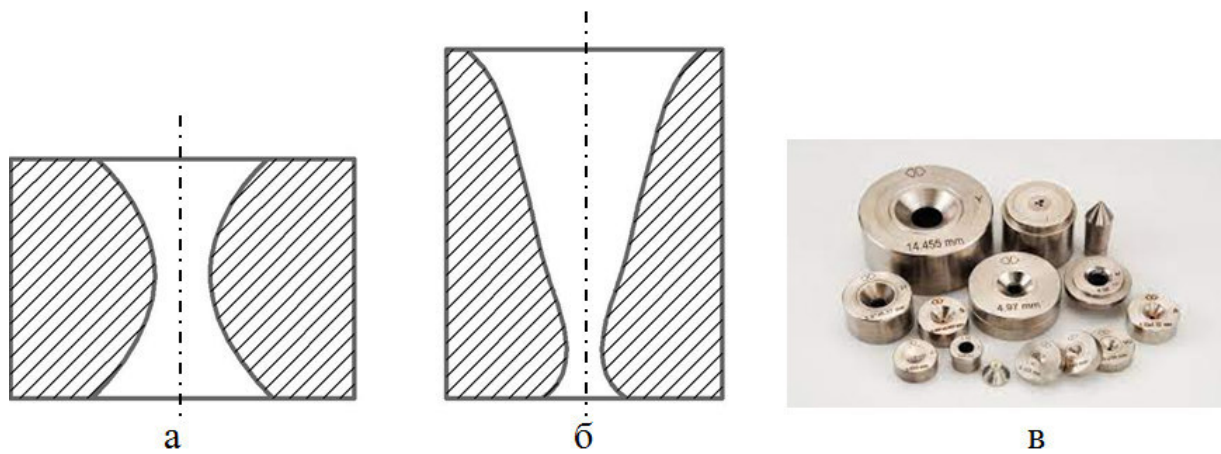
Суть процесу волочіння в наступному. У заготовку у вигляді труби, яка протягується через волоку 1, вставляється коротка оправка 6. Заготовка протягується через волоку 1, при нерухомій оправці, і деформується як по внутрішній, так і по зовнішній поверхні, утворюючи трубу 4 заданих розмірів. В процесі протягування вільна (плаваюча) оправка 6 не переміщується, але зменшує товщину стінки та покращує внутрішню поверхню труби.

Виходячи із принципу роботи, волочильні стани можна розділити на стани періодичної дії з прямолінійним рухом тягнучого пристрою (ланцюгові, гідравлічні, гвинтові та рейкові) для волочіння прутків і труб із зусиллям протягування до 1500 кН і стану неперервної дії (барабанні) при змотуванні дроту в бухти зі швидкістю в межах 6–3000 м/хв.

Інструментом при волочінні є фільтери та волокни, які закріплюються у волочильній дошці або обоймі.

Волочильні дошки та обойми виготовляються зі звичайної вуглецевої сталі.

Фільтери використовуються для волочіння дроту меншого діаметра (рис. 3.7).



*Рис. 3.7. Фільери для волочіння тонкого дроту:
 а – переріз фільер сталльної дошки; б – переріз фільер із твердих мінералокерамічних сплавів; в – загальний вигляд алмазних і рубінових фільер*

Фільер виконаний у вигляді двох конусів, які обернені один до одного вершинами. При волочінні переріз дроту зменшується в необхідних межах і в той же час значно знижується сила тертя. Зменшення тертя також можна досягти змащуванням філера.

Волоки є суцільними, складеними та роликowymi.

При волочінні прутків і труб більшого перерізу волокни виготовляють з інструментальної вуглецевої сталі У8–У12, легованої сталі Х12М, ШХ15. Волоки для волочіння сталюого дроту діаметром до 0,5 мм виготовляють із твердих сплавів ВК2, ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15.

Роликові волокни мають найменше зусилля волочіння.

Переріз суцільної волокни наведений на рис. 3.8. Він включає чотири характерні зони: I – вхідна змащувальна воронка; II – деформуючий робочий конус; III – калібруючий пояс; IV – вихідний конус.

Вхідна змащувальна воронка має кут близько 40° , кут деформуючого робочого конуса залежить від матеріалу та виду виробу та складає при волочіння прутків $6\text{--}18^\circ$, а при волочінні труб $10\text{--}24^\circ$. Чим менша твердість металу заготовки, тим більший кут робочого конуса. Ширина калібруючого пояса складає $2\text{--}10$ мм і, як правило, має циліндричну форму. Вихідний конус має кут $45\text{--}60^\circ$.

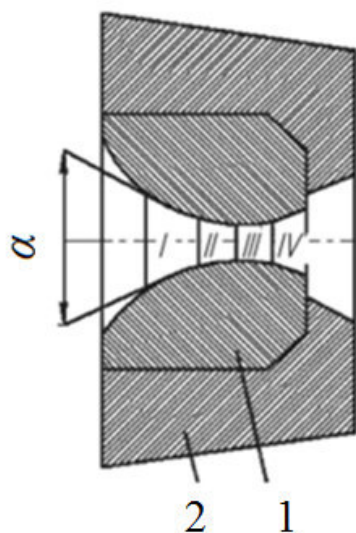


Рис. 3.8. Інструмент для волочіння:

1 – обойма; 2 – волока; I – вхідна змащувальна воронка; II – деформуючий робочий конус; III – калібруючий пояс; IV – вихідний конус; α – кут деформуючого конуса

3.3. Технологія волочильного виробництва

Основу технології волочильного виробництва складають ряд необхідних операцій та маршрут волочіння.

До необхідних операцій відносяться:

1. Попередній відпал заготовки для підвищення пластичності та отримання дрібнозернистої структури металу, якщо останній немає достатньої пластичності.

2. Травлення заготовки в підігрітому розчині сірчаної кислоти з метою видалення окалини, яка суттєво впливає на зношення волоки;

3. Промивання заготовки (нейтралізація травильного розчину) і сушіння при температурі 300–350°.

4. Загострення кінців заготовки (пневматичний молот або кувальні вальці) для пропуску через отвір волоки та наступного захоплення кліщами волочильного стану.

5. Нанесення на суху поверхню заготовки змащувального матеріалу (мінерального мастила, емульсії, мила, графіту тощо) для отримання чистої поверхні заготовки та зменшення опору при волочінні. В деяких випадках при волочінні тонкостінних труб і дроту проводять міднення – занурення заготовки в слабкий кислотний розчин мідного купоросу, що призводить до зниження коефіцієнта тертя та запобігає утворенню задераня в отворі волоки.

6. Волочіння (складання маршруту волочіння), який показує послідовність зміни розмірів заготовки на проходах. Виходячи із сумарної

втяжки або сумарного стиснення, призначається кількість проходів, розраховуються розміри заготовки, швидкість волочіння, підбирається обладнання.

Втяжка або обтиснення по проходах розподіляється наступним чином: перше обтиснення робиться невеликим для забезпечення гарного закріплення змащувального матеріалу на заготовці, потім обтиснення збільшується і в останніх проходах зменшується.

Величина обтиснення та швидкість волочіння залежить від властивостей металу та матеріалу волоки, розмірів та профілю виробу.

Наприклад, для отримання дроту діаметром 2 мм із заготовки діаметром 4,2 мм необхідно зробити 6 проходів з одним проміжним рекристалізаційним відпалом при середньому обтисненні 25%.

Для отримання дроту діаметром 0,5 мм із прутка діаметром 5 мм необхідно зробити 20 проходів з трьома проміжними рекристалізаційними відпалами.

7. Відпал отриманого виробу для знімання наклепу.

8. Обробка отриманого виробу. Вона включає в себе правку, відрізка кінців, розрізання на мірні куски, маркування, змащування або нанесення захисного покриття та упаковка.

4. ПРЕСУВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

4.1. Суть процесу пресування. 4.2. Класифікація пресування. 4.3. Обладнання та інструмент для пресування. 4.4. Продукція, отримана пресуванням

Пресування – це вид обробки металів тиском, при якому метал, розміщений в замкнутій формі, видушується через отвір, переріз якого менший за переріз вихідного металу.

Пресують сталь, мідь, свинець, олово, цинк, алюміній та їх сплави. Чорні метали та їх сплави пресують в гарячому стані, кольорові – як в гарячому, так і в холодному, свинець, олово – тільки в холодному.

Пресування має ряд переваг перед прокатуванням, оскільки дозволяє отримувати точні та складні по профілю вироби. Для процесу пресування характерна висока гнучкість переходу від одного профілю до іншого шляхом заміни матриці, при цьому точність набагато більша ніж при прокатуванні, що майже виключає наступну механічну обробку.

Пресуванням отримують трубки радіаторів і бензопроводів для автомобілів, дорожніх і сільськогосподарських машин, різний сортамент виробів із кольорових металів.

Пресування – високопродуктивний та економічний спосіб обробки металів і сплавів тиском, яким можна отримувати суцільні та полі профілі (рис. 4.1).

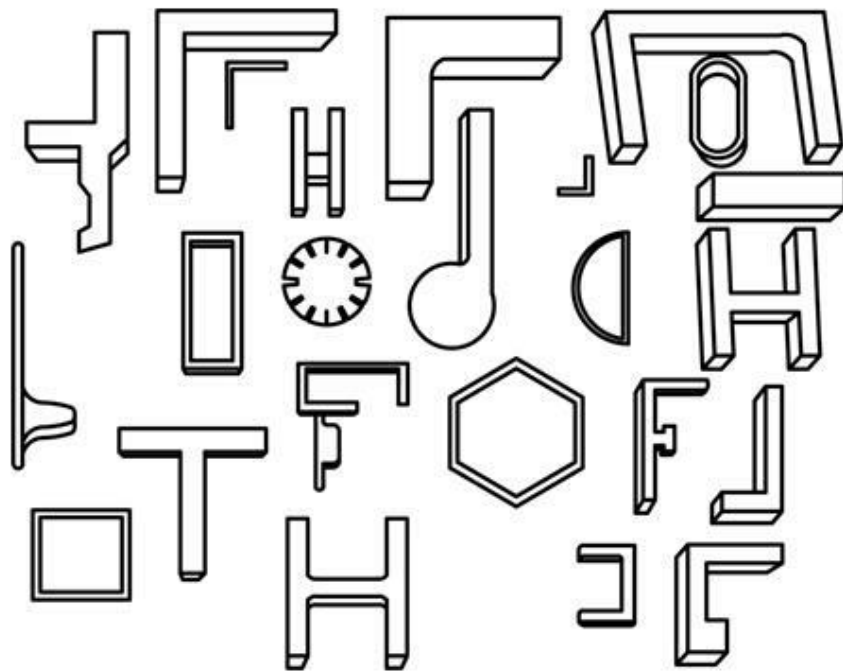


Рис. 4.1. Профілі, які отримують пресуванням

До недоліків процесу пресування можна віднести великі відходи металу (інколи до 40%) та інтенсивне зношування інструменту, особливо при пресуванні сталі та інших тугоплавких металів.

4.1. Суть процесу пресування

При пресуванні пуансоном видавлює метал із порожнини інструменту (контейнера) через отвір в матриці (рис. 4.2). При цьому метал приймає форму, яка відповідає конфігурації отвору в матриці – круглу, квадратну, складної форми тощо.

Основними параметрами, які характеризують деформацію при пресуванні є: коефіцієнт витяжки, ступінь деформації та швидкість витікання металу.

Коефіцієнт витяжки:

$$\mu = \frac{F_0}{F_1}, \quad (4.1)$$

де F_0 – переріз заготовки; F_1 – переріз отриманого профіля.

Ступінь деформації (обтиснення):

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%. \quad (4.2)$$

Ступінь деформації (обтиснення) для виробів, які пресуються, складає від 10 до 90% і впливає на механічні властивості виробу. Чим більше обтиснення, тим дрібніша буде кристалічна структура виробу і тим кращі його механічні властивості.

Швидкість витікання металу через отвір матриці:

$$v_{\text{вит}} = \mu v_{\text{пр}}, \quad (4.3)$$

де $v_{\text{пр}}$ – швидкість пресування.

Швидкість пресування – це швидкість, з якою рухається пресшайба в контейнері. При пресуванні коефіцієнт витяжки $\mu=8-50$.

При перевищенні швидкості пресування на виробі утворюються поперечні тріщини та розриви.

Зусилля, яке необхідне для видушування металу, залежить від діаметра поперечного перерізу виливки, його матеріалу, температури виливки та швидкості витікання металу.

Вихідною заготовкою при гарячому пресуванні є виливок або прокат, температура яких на початку процесу пресування складає $0,7 T_{пл}$. Діаметр виливки із кольорових сплавів складає 50–800 мм при довжині 120–1800 мм. Для пресування сталевих виробів заготовкою служить прокат, а для кольорових металів і їх сплавів застосовуються виливки.

При пресуванні деформуються і малопластичні матеріали, такі як титан, вольфрам і молибден, температура нагрівання яких становить 1600–1800° С.

За продуктивністю праці процес пресування конкурує з прокатуванням, при цьому точність одержаних виробів вища. Місячний випуск на пресі становить 3000 т, а при пресуванні може досягати 8000 т продукції.

Основною особливістю пресування є можливість отримання складних профілів, виготовлення яких прокаткою взагалі неможливе.

Важливою особливістю пресування є те, що в процесі пресування метал знаходиться в умовах всебічного стиснення, що відповідає найбільшій його пластичності та дає можливість обробляти тиском наведені вище тугоплавкі метали, які не піддаються іншим видам обробки тиском.

4.2. Класифікація пресування

При пресуванні застосовують два методи: прямий і обернений. При прямому методі (рис. 4.2) напрям витікання металу співпадає з напрямком руху пуансона, при оберненому методі пресування метал витікає назустріч руху пуансона.

При пресуванні по оберненому методу метал деформується в меншій мірі і зусиль витрачається менше ніж при прямому, оскільки при прямому методі необхідно перебороти тертя металу по внутрішніх стінках контейнера. Менша степінь деформації приводить до збереження структури металу.

При прямому методі пресування метал при переміщенні зустрічає опір внаслідок тертя по матриці та стінках контейнера, а при оберненому – тертя виникає тільки при переміщенні через матрицю. Тому зусилля пресування при оберненому методі на 25–30% менше ніж при прямому.

При пресуванні частина заготовки залишається в контейнері і називається прес-залишок. Маса його при прямому пресуванні складає 8–12% від маси заготовки, а прес-залишок при оберненому пресуванні складає 6–10%. Тому обернений метод пресування більш економічний по витратах металу ніж прямий, але він має більш складне обладнання. При виготовленні труб заготовка наскрізь прошивається дорном, який кріпиться на пуансоні і кінець якого доходить до отвору матриці та утворює з ним кільцевий простір. В подальшому, при робочому ході пуансона і прес-шайби проходить пресування

металу в контейнері та видушування його через кільцевий простір матриці у вигляді труби. Підготовка заготовки до пресування виконується при нагріванні їх до температури, яка встановлена для обробки тиском в гарячому стані для даного металу.

Прутки різної форми перерізу частіше отримують оберненим методом пресування, а труби – тільки прямим, хоча, можливо пресування коротких труб великого діаметра (300–400 мм) методом оберненого пресування металу.

4.3. Обладнання та інструмент для пресування

Пресування виробів складного профілю виконується на гідравлічних пресах. Найбільш поширеними пресами є преси прямого пресування з горизонтальним або вертикальним розміщенням контейнера та пуансона (рис. 4.2), з зусиллям 3–250 МН і роботи тиском рідини до 40 МПа. При виробництві виробів зі важкодеформуємих сплавів, що важко деформуються, гідропресування – пресування металів під безпосередньою дією тиску рідини до 2000 МПа і вище.

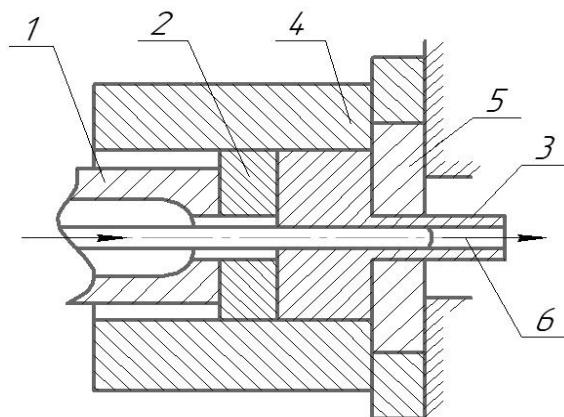


Рис. 4.2. Схема прямого пресування:

1 – пуансон; 2 – прес-шайба; 3 – заготовка; 4 – контейнер; 5 – матриця

Нагріту заготовку 3 укладають в порожнину контейнера 4, який виконаний у вигляді товстостінного сталевого циліндра. З другого боку контейнера закріплена матриця 5, яка має отвір по формі перерізу виробу, який пресується, та закріплена в матриці – державці. Тиск преса передається на заготовку пуансоном 1 через змінну прес-шайбу 2, яка щільно входить в порожнину контейнера.

Пуансон жорстко з'єднаний з головним поршнем (плунжером) гідравлічного циліндра преса. Діаметр плунжера преса становить 2000 мм і більше, а діаметр прес-шайби – 60–5000 мм, що забезпечує високий питомий тиск на неї (біля 1000 МПа).

Прес-шайба повільно рухається вздовж контейнера, витрушуючи метал через отвір матриці 5. В кінці пресування в контейнері залишається невелика частина недоброякісного металу (прес-залишок). Цей метал видаляється відрізанням.

По боках головного циліндра симетрично розміщені два циліндра для виконання зворотного ходу пуансона з прес-шайбою.

Широко застосовуються горизонтальні преси зусиллям 600–14000 Т, вертикальні – 300 і 600 Т. Готовий виріб при пресуванні на вертикальних пресах виходить вниз, в підвальне приміщення.

На рис. 4.3 наведено схему оберненого пресування.

При оберненому пресуванні заготовку 3 закладають в глухий контейнер 4, який з одного боку закритий упорною шайбою 2. Заготовка при пресуванні залишається нерухомою. З другого боку контейнера полий пуансон 1, на якому закріплена матриця 5, передає тиск на заготовку. Метал заготовки тече назустріч руху матриці з пуансоном.

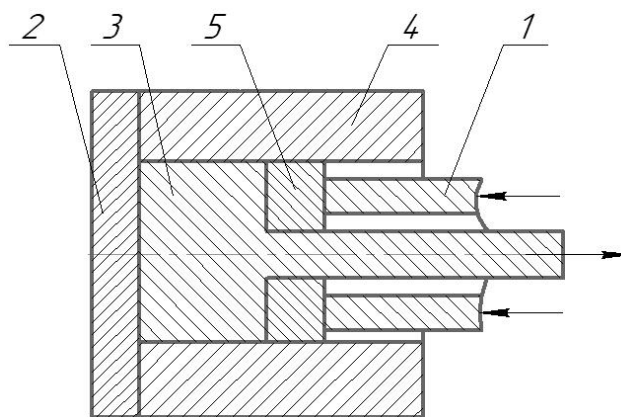


Рис. 4.3. Схема оберненого пресування:

1 – полий пуансон; 2 – упорна шайба; 3 – заготовка; 4 – контейнер;
5 – матриця

Пресування труб та інших полих виробів виконується, в основному, по прямому методу за допомогою дорна (голки) 6 (рис. 4.4).

Нагріта заготовка розміщується в контейнері 4 та попередньо обтискається прес-шайбою 2, а потім прошивається дорном 6. При прошиванні кінець дорна доходить до отвору матриці 5. В процесі пресування полий пуансон 1 з прес-шайбою 2 тисне на заготовку і метал витікає із кільцеподібного калібра, який складений отвором матриці та дорном, в результаті течії металу утворюється труба 3, зовнішній діаметр якої рівний діаметру отвору матриці, а внутрішній – діаметру дорна (голки).

Гідравлічні преси обладнані спеціальним автоматичним пристроєм, який забезпечує постійну швидкість пресування.

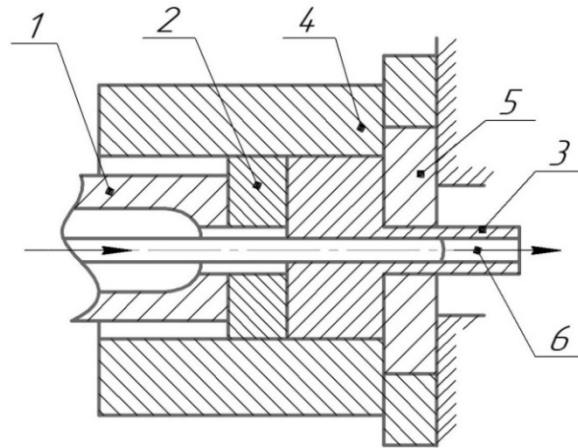


Рис. 4.4. Схема пресування труб:

1 – полий пуансон; 2 – прес-шайба; 3 – труба; 4 – контейнер;
5 – матриця; 6 – дорн (голка)

Постійна швидкість витікання металу забезпечує стабільність механічних властивостей по всій довжині виробу, при отриманні виробів із різних сплавів.

До основних інструментів, які використовуються при пресуванні, відносяться: контейнер із втулкою, пуансон, матриця, прес-шайба, матрицетримач, дорн (голка) і голкотримач.

Інструменти працюють при високих температурах (800–1800° С) і великих навантаженнях, тому для матеріалу виготовлення інструментів ставляться вимоги по стійкості та теплоємності.

Матриця виготовляється зі жаростійкої сталі 3ХВ8 або 5ХВС, оскільки вона працює в найбільш важких умовах.

Найбільш поширеним видом матриць є конічна матриця (рис. 4.5).

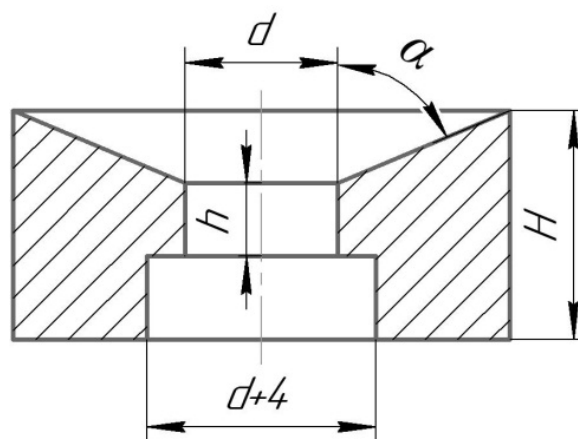


Рис. 4.5. Конічна матриця

Кут конусності α обумовлює форму матриці та знаходиться в межах 60–68°.

Залежно від конфігурації виробу, який отримується, виготовляється калібруючий поясок діаметром d . Він може мати циліндричну або фасонну форму. Висота калібруючого пояска h знаходиться в межах 8–19 мм для металів і їх сплавів з високою температурою плавлення та 4–8 мм – з низькою температурою плавлення.

Залежно від зусилля пресування підбирається висота та діаметр матриці.

Інші інструменти виготовляються із легованих сталей і сплавів 5ХНМ, 4ХВ2С, 4ХН4В тощо.

4.4. Продукція, отримана пресуванням

При пресуванні отримують прутки діаметром до 250 мм, масивні труби діаметром до 500 мм, довжиною 15 м і товщиною стінки 1,5–12 мм, сталеві профілі з допуском $\pm 0,4$ мм, які в подальшому піддаються калібруванню волочінням для отримання більш точних розмірів перерізу, зубчасті колеса (рис. 4.6). Крім профілів з постійним перерізом по довжині пресуванням отримують деталі ступінчатої форми та ребристі панелі для літаків. Ребристі панелі видавлюються у вигляді профілю кільцевої або U подібної форми, потім розгортаються в плоску панель на спеціальній машині.

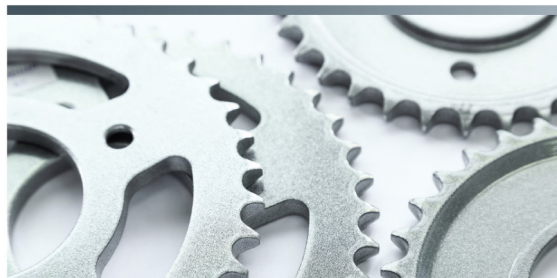


Рис. 4.6. Деталі, отриманні пресування

На вертикальних пресах отримують прутки та тонкостінні труби діаметром до 40 мм і довжиною до 3 м.

На горизонтальних пресах отримують труби та прутки великих розмірів, профілі, панелі тощо.

5. КУВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

5.1. Класифікація та суть процесу кування. 5.2. Основні операції кування.
5.3. Знаряддя та інструмент для кування

Історія кованих виробів нараховує тисячі років. Залізо в Стародавній Русі цінували як оберіг і обробляли його куванням. Разом із залізом обробляли інші метали, але залізо найбільше пов'язано з ковальським ремеслом. Це пов'язано з тим, що залізо менше за інші метали піддається холодній обробці і для отримання потрібної форми його потрібно розігріти до температури вище 1000° С.

Під час Київської Русі міські ковалі вдало кували із заліза та сталі кольчуги, сільськогосподарські знаряддя, інструменти ремісників, зброю, кінську зброю. Разом з тим, деталі предметів з'єднувались рядом заклепок. Найбільш поширеними видами робіт в той час були: ажурні решітки, суцільні залізні ставні та двері. Багато оформлені залізні двері прикрашали кам'яні храми.

В XVIII сторіччі кування широко використовувалось для виготовлення огорож міських садиб, церковних дворів, будинків тощо.

До переваг кування відносяться:

- Високі механічні властивості металу у виробках.
- Універсальність у відношенні ваги, форми та розмірів.
- Відсутність витрат на дорогу технічну оснастку.
- Невелика потужність обладнання завдяки концентрованому прикладанню зусиль кування в обмеженому невеликому об'ємі металу, який деформується бійками.

Кування є єдиним можливим методом отримання великих за розміром і масивних деталей.

До недоліків кування можна віднести:

- Низьку продуктивність праці (вільне кування).
- Невелику точність, що викликає великі припуски на обробку.
- Збільшені витрати металу, відповідно і вартість готових виробів.

Куванням отримують поковки масивних шестерень, дисків, турбінних роторів, валів, шатунів тощо.

Кування в штампах має більшу точність і менші припуски на обробку.

5.1. Класифікація та суть процесу кування

Куванням називають процес обробки металу, який знаходиться в пластичному стані, статичним або динамічним тиском, при цьому змінюється як зовнішня форма, так і структура металу. Виріб, отриманий куванням, називають поковкою. Поковки мають різну форму та масу від декількох грамів до сотень тонн. Великі поковки отримують безпосередньо із виливків і блюмів, поковки середніх і малих розмірів – із сортового прокату.

Кування застосовують в умовах одиничного та мілкосерійного виробництва.

Розрізняють вільне кування та кування в штампах – гаряча штамповка.

Кування називають вільним, оскільки зміна форми металів при цьому виду обробки не обмежується стінками форм (штампів), оскільки це проходить при штампуванні і метал змінює форму (тече) вільно.

Вільне кування поділяється на ручне і машинне. Ручним куванням виготовляють тільки невеликі деталі і застосовують його в ремонтних майстернях. Ручне кування ведуть на кувалді. Коваль тримає поковку в кліщах і маніпулює нею, показуючи місце, в яке молотобоець наносить удар кувалдою. Цю роботу виконують два ковалі разом. Старший коваль тримає заготовку та ручником показує напрям кування.

Більша частина роботи в художньому куванні та слюсарній справі виконується вручну, металу надають потрібну форму послідовними ударами ручника або кувалди. Вони наносяться по металу, який деформується. Ручне кування – це дуже важка кропітка робота, яка потребує вправності.

Матеріал для кування нагрівають в горні, який опалюють ковальським вугіллям або дрібним коксом.

Для підтримання горіння в горн нагнітається вентилятором повітря. Вогонь підтримують так, щоб найбільший жар був всередині полум'я. Вугілля в горн підкладають з боків, а матеріал, що нагрівають, вкладають під шаром вугілля, але не глибоко, щоб він не охолоджувався повітрям, яке нагнітається вентилятором. Матеріал нагрівається поступово, без перегріву. Для кування найбільш сприятливий інтервал температур 800–900° С, при цьому значно збільшуються пластичні властивості матеріалу, а міцність зменшується.

Періодично коцюбою вигрібають золу, таким чином, щоб вогонь в горні не згас.

Ручним куванням виготовляють мілкі поковки вагою до 10 кг в ремонтних майстернях та індивідуальному виробництві, із застосуванням різної ваги кувалд. Воно має низьку продуктивність праці і потребує великих затрат фізичної сили.

Машинне кування виконується на молотах або пресах. Заготовку кують між нижнім нерухомим і верхнім рухомими бійками. Поверхні бійків і підкладних інструментів, які контактують з поверхнею заготовки, визначають напрямок деформації (текучості) металу заготовки. Текучість металу проходить в напрямку перпендикулярних рухів інструменту і вона обмежена дотичними напругами тертя на контактній поверхні. Це обумовлюється невеликим опором металу деформуванню та низькою продуктивністю і невисокою точністю поковок. Що в свою чергу призводить до призначення великих припусків для наступної механічної обробки.

В литому металі дендритна структура після кування перетворюється в волокнисту, а в катаному – існуюча волокниста структура покращується. Зміна структури та властивостей металу при куванні залежна від попередньої структури і властивостей, від температури кування, від ступеня обтиснення (уковування).

$$Y = \frac{F_0}{F_1}, \quad (5.1)$$

де F_0 – більша площа поперечного перерізу; F_1 – менша площа поперечного перерізу. Коефіцієнт уковування завжди більший 1.

Коефіцієнт уковування показує в скільки разів змінюється площа поперечного перерізу та степінь прокованості матеріалу при куванні.

При куванні конструкційної сталі степінь уковування повинна бути не менше 2,5–3,0, високолегованої сталі – 10–12.

На молотах виготовляють поковки масою від 0,5 до 100 кг, використовуючи в якості вихідного матеріалу сортовий прокат перерізом до 250x250 мм і блям перерізом 450x450 мм. На гідравлічних кувальних пресах виготовляють поковки масою від 100 кг до 230 т, зі сталевих злитків масою від 1,2 до 350 т.

Кування є єдиним способом виготовлення заготовок валів гідротурбін, турбінних дисків, валів прокатних станів та інших великих деталей.

5.2. Основні операції кування

Виконуючи послідовно різні операції кування, можна отримати саму складну поковку.

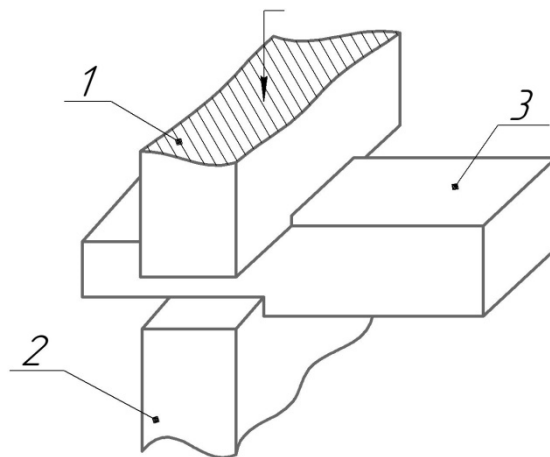
До основних операцій відносяться: протягування (витягування), осаджування, прошивання, вигинання, скручування, відрубання.

Машинне вільне кування, крім основних операцій, включає декілька елементарних ковальських операцій, які виконуються в певній послідовності з метою отримання із вихідної заготовки простої форми (виливка, блюма) фасонної поковки.

Ковальські операції фіксуються в технологічній карті, яка також включає заготівельні операції: різання заготовок і їх контроль, нагрів металу перед куванням, охолодження поковок, контрольні операції по перевірці розмірів і механічних властивостей поковок, термічні операції (відпал, нормалізація).

Протягування (витягування)

Протягування (витягування) – це збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу (рис. 5.1). Вона виконується послідовним обтисненням сусідніх ділянок заготовки та подачі її вздовж і повертанням навколо осі. Величину подачі приймають рівною 0,4–0,8 ширини бійка.



*Рис. 5.1. Технологічна операція протягування (витягування):
1 – верхній бійок; 2 – нижній бійок; 3 – заготовка*

Проходом при протягуванні називають число обтиснень, які виконуються послідовно до визначеної товщини заготовки.

Переходом при протягуванні називають два послідовних обтиснення з проміжним поворотом між ними на 90°.

Протягування виконують між плоскими та вирізними (фігурними) бійками (рис. 5.2): верхнім і нижнім плоскими, верхнім плоским і нижнім вирізним, верхнім і нижнім вирізним.

Чим більш закриту форму калібру мають бійки, тим більше видовження. Кування в фігурних бійках дозволяє уникнути ковальських тріщин при куванні низькопластичних сталей та сплавів і отримувати більш точні поковки.

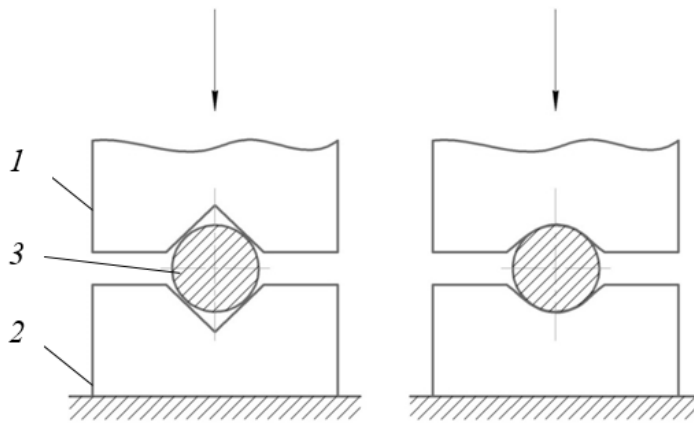


Рис. 5.2. Протягування між вирізними (фігурними) бійками:
1 – верхній бійок; 2 – нижній бійок; 3 – заготовка

При протягуванні спочатку кують на квадрат, що дає найбільшу швидкість деформування. При необхідності заготовку скручують або формують.

Коефіцієнт уковування при протягуванні (витягуванні) характеризується відношенням поперечного перерізу вихідної заготовки до кінцевого поперечного перерізу. Цей коефіцієнт визначають за формулою:

$$Y = \frac{F_0}{F_1} = \frac{L_1}{L_0}, \quad (5.2)$$

де F_0 – більша площа поперечного перерізу; F_1 – менша площа поперечного перерізу; L_1 – кінцева довжина заготовки; L_0 – вихідна довжина заготовки.

При кожному обтисненні коефіцієнт уковування складає приблизно 1,2–1,3. Чим більший коефіцієнт уковування, тим краща структура металу та вищі його механічні властивості.

Основними різновидами операції протягування є: розкатування на оправці; розгонка; протягування з оправкою.

Розкатування на оправці

Розкатування на оправці – одночасне збільшення зовнішнього та внутрішнього діаметра кільцевої заготовки при обертанні за рахунок зменшення товщини її стінок (рис. 5.3). Заготовка 1 опирається внутрішньою поверхнею на циліндричну оправку 2, що кріпиться кінцями на підставках 3. Заготовка деформується між оправкою і вузьким довгим бійком 4 та після кожного удару повертається на невеликий кут навколо оправки.

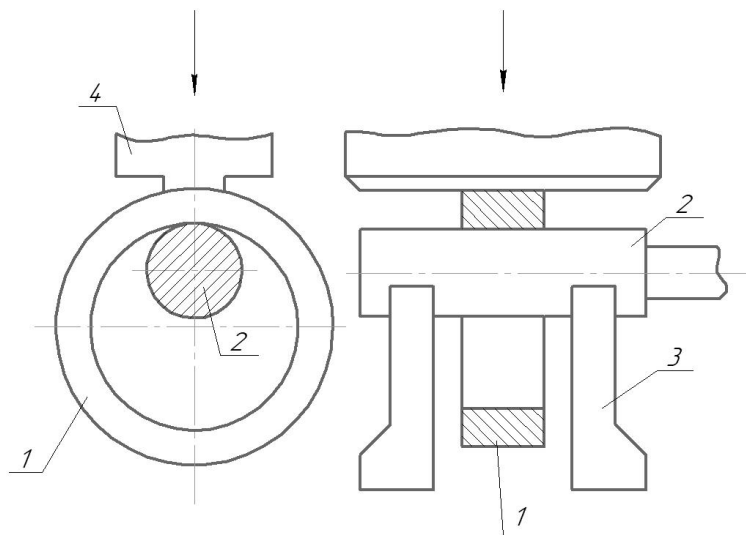


Рис. 5.3. Розкатування на оправці:

1 – кільцева заготовка; 2 – циліндрична стальна оправка;

3 – підставки; 4 – вузький довгий бійок

Під час виконання цієї операції ширина заготовки збільшується.

Розкатуванням на оправці виготовляють поковки кілець, труб, барабанів, циліндрів, поковок ємностей високого тиску, стволів гармат тощо.

Розгонка

Розгонка – операція збільшення ширини частини заготовки за рахунок зменшення її товщини. В нашому випадку – це розширення частин кільцевої заготовки при обертанні за рахунок зменшення частини її товщини, при цьому ширина кільця також збільшується. Ця операція виконується за допомогою такого ж обладнання, що і при розкатуванні на оправці.

Протягування з оправкою

Протягування з оправкою – це операція збільшення довжини просвердленої або прошитої заготовки за рахунок обтиснення двома бійками з двох сторін оправки, при цьому зовнішній діаметр і товщина стінки заготовки зменшується (рис. 5.4).

Верхній і нижній бійок при цьому вирізний (фігурний) або нижній вирізний, а верхній плоский. Протягування з оправкою виконується на ледь конічній оправці 1, в одному напрямку – до кінця оправки, яка розширюється, що полегшує її видалення з поковки.

Протягування з оправкою та розкатування на оправці часто застосовують сумісно. Спочатку розкатуванням видаляють бочкоподібність заготовки після її осадження і прошивки, при цьому внутрішній діаметр доводять до

необхідних розмірів. Потім зменшують товщину стінок і збільшують до заданих розмірів довжину поковки протягуванням з оправкою.

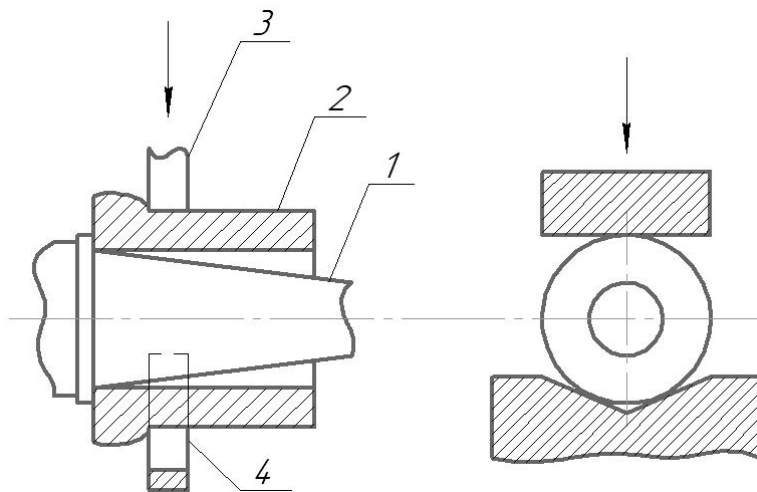


Рис. 5.4. Протягування на оправці:

1 – оправка; 2 – заготовка; 3 – верхній бійок; 4 – нижній бійок

До допоміжних операцій при протягуванні відносяться: нанесення на заготовці розміточних заглиблень – намітка (рис. 5.5); зміщення однієї частини заготовки відносно іншої – передача (рис. 5.6); пригладжування за допомогою плоского бійка та гладілки – для усунення нерівностей поверхні заготовки та отримання більш правильної її форми.

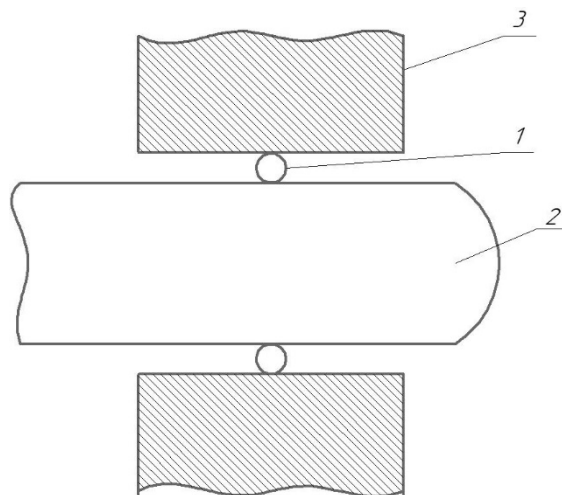
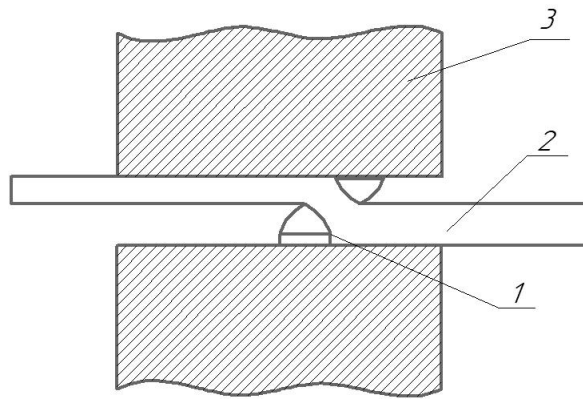


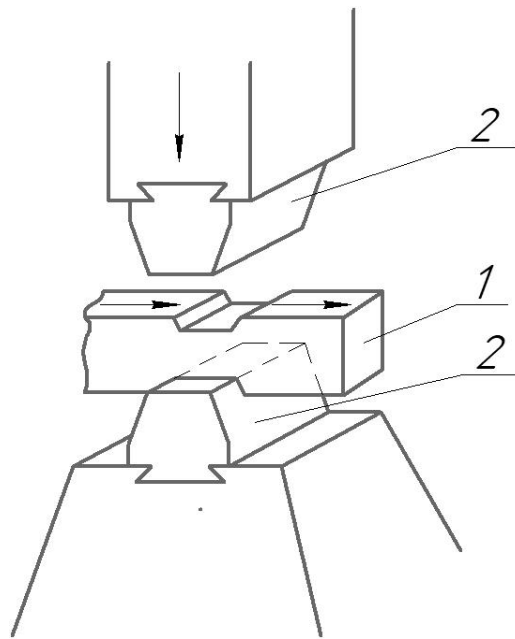
Рис. 5.5. Нанесення на заготовці розміточних заглиблень (намітка):

1 – кругла розкатка; 2 – заготовка; 3 – бійки



*Рис. 5.6. Зміщення однієї частини заготовки відносно іншої (передача):
1 – кругла розкатка; 2 – заготовка; 3 – бійки*

При витягуванні заготовку кладуть поперек бійків молота (рис. 5.7) деформують послідовними обтисненнями. Після кожного удару заготовка кантується (повертається на 90° навколо поздовжньої осі і подається вперед в напрямку витягування). Витягування викликає збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення площі її поперечного перерізу.



*Рис. 5.7. Розміщення заготовки при витягуванні:
1 – заготовки; 2 – бійки*

Заокруглені бійки і розкатки прискорюють витягування, збільшуючи видовження при куванні.

Осаджування та висаджування

Осаджування – це збільшення поперечного перерізу поковки за рахунок висоти. Ця операція обернена витягуванню (рис. 5.8). Осаджування не всієї

заготовки, а лише її частини називають висаджуванням (рис. 5.9). При висаджуванні заготовку встановлюють в стальне підкладне кільце на бійку молота та деформують тільки верхню вільну частину заготовки.

При висаджуванні нагрівають тільки відповідну частину заготовки (місцевий нагрів). Для осаджування і висаджування під молотами потрібні широкі бійки для того, щоб перекрити з торців виріб, який осаджуємо.

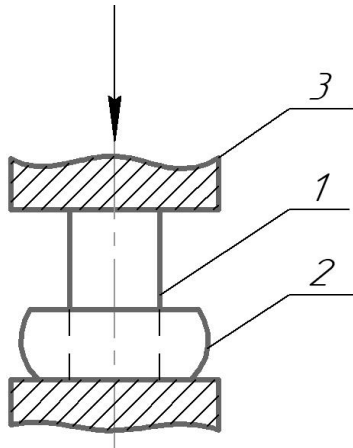


Рис. 5.9. Осаджування:

1 – заготовка; 2 – осаджений виріб;
3 – бійки

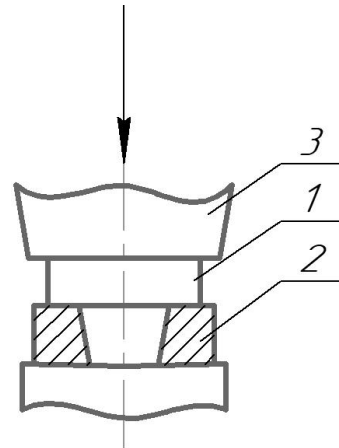


Рис. 5.10. Висаджування:

1 – заготовка; 2 – стальне підкладне кільце; 3 – бійки

Осаджування виконують бійками або осаджувальними плитами. Для запобігання поздовжнього викривлення, заготовки, у яких відношення висоти до діаметра або меншої сторони поперечного перерізу більше 2,5, не осаджуються. При осаджуванні торці заготовки повинні бути рівними та паралельними. При осаджуванні заготовка з меншим поперечним перерізом перетворюється у заготовку з більшим поперечним перерізом. Наприклад, отримання заготовок дисків, шестерень тощо. Осаджування застосовують перед прошиванням отворів або перед протягуванням для збільшення розмірів поковки чи уковування.

Заготовка встановлюється вертикально на нижній бійок молота і деформується ударами верхнього бійка по торцю заготовки.

Заготовка квадратного або прямокутного перерізу перетворюється в круглу, що характерно для будь-якої форми перерізу. Це правило називають правилом найменшого периметра.

Коефіцієнт уковування при осаджуванні визначається за формулою:

$$Y = \frac{H}{h} = \frac{F_1}{F_0}, \quad (5.3)$$

де H – вихідна висота заготовки; h – висота заготовки після осаджування; F_0 – площа поперечного перерізу вихідної заготовки; F_1 – площа поперечного перерізу заготовки після осаджування.

Вигинання

Вигинання – це утворення (зміна) кутів між частинами заготовки або зміна форми (рис. 5.11).

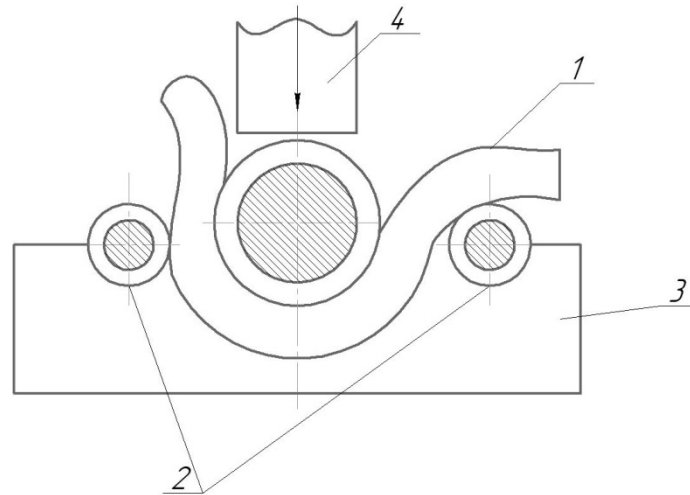


Рис. 5.11. Вигинання:

1 – заготовка; 2 – круглі розкатки; 3 – підкладний штамп; 4 – верхній бійок

При вигинанні застосовується місцевий нагрів заготовки. На згині товщина заготовки зменшується, тому при вигинанні застосовують висаджування (заготовку в зоні вигинання виготовляють зі збільшеними поперечними розмірами) для того, щоб поковка вийшла рівномірною по перерізу. Зміну первинної форми поперечного перерізу заготовки та зменшення його площі в зоні вигинання, називають утяжкой.

При неправильному виборі радіуса заокруглення за заданим кутом вигинання можливе утворення складок по внутрішньому контуру та тріщин по зовнішньому.

Вигинанням виготовляють крюки, колінчаті вали, скоби, кутники, гачки, кронштейни, предмети широкого вжитку (підкови, рукоятки) тощо.

Прошивання

Прошивання – це утворення в заготовці наскрізного отвору за рахунок витиснення металу. Прошиванням можна отримати поглиблення (глухе прошивання).

Існує два способи прошивання: прошивання з двох боків, з перевертанням поковки та із застосуванням підкладного кільця.

При прошиванні з двох боків, з перевертанням поковки виконується за допомогою пробійника, який називають прошивкою (рис. 5.12) і застосовують його для поковок великої товщини.

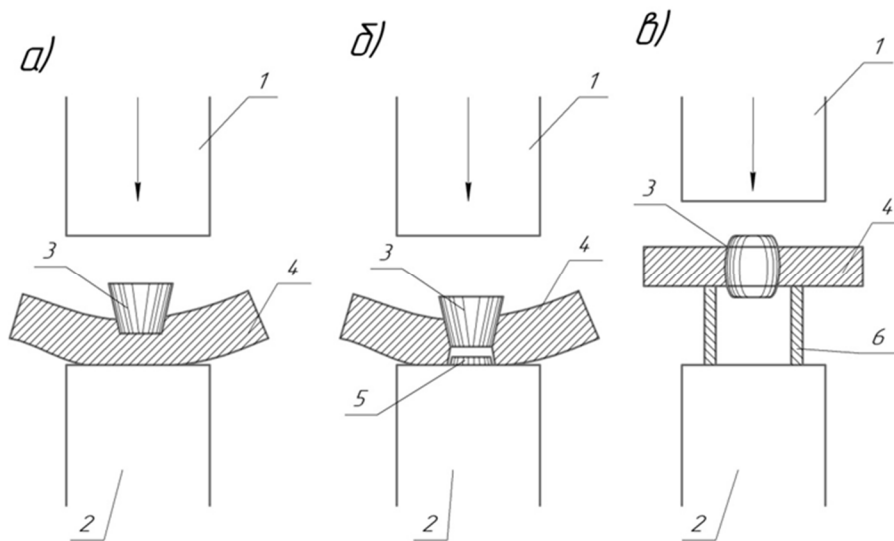


Рис. 5.12. Прошивання отвору під молотом:

- а) – вбивання прошивки в заготовку; б) – зрізання частини металу (вибра);
 в) – розширення та вирівнювання отвору; 1 – верхній бійок; 2 – нижній бійок;
 3 – прошивка; 4 – заготовка; 5 – вибра; 6 – опорне кільце

Заготовку кладуть на нижній бійок і ударами верхнього бійка вбивають конусну прошивку приблизно до половини товщини заготовки. При цьому кінці заготовки вигинаються доверху, завдяки витисненню металу з-під прошивки (рис. 5.12, а), потім заготовку перевертають і вбивають прошивку з другого боку (рис. 5.12, б). Прошивка в кінці операції зрізує частину металу у вигляді диску, який називається вибра. За допомогою бочкоподібної оправки вирівнюють і розширюють отвір (рис. 5.12, в). Конусні прошивки виготовляються суцільними та пустотілими (рис. 5.13).

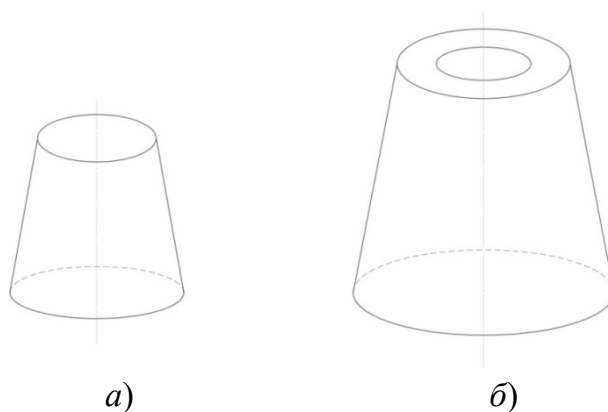


Рис. 5.13. Конусні прошивки:
 а – суцільні; б – пустотілі

Пустотілими прошивками прошивають отвори великого діаметру (400–900 мм). Діаметр прошивання вибирають рівним $1/2$ – $1/3$ зовнішнього діаметра заготовки, при більшому діаметрі прошивання заготовка значно спотворюється.

При наскрізному прошиванні порівняно тонких поковок застосовують підкладні кільця (рис. 5.14).

Заготовка невеликої товщини 4 після осадження розміщується на сталевих кільцях 5, які знаходяться на нижньому бійку 2 молота. Конусна прошивка 3 широкою основою розміщується на заготовці навпроти отворів кілець.

Легкими ударами верхнього бійка 1 прошивка частково вдавлюється в заготовку. В подальшому сила удару збільшується і отримує максимальне значення в кінці прошивання. При легких ударах верхнього бійка метал видушується з-під прошивки в боки. При збільшенні сили удару проходить зріз металу по циліндричній поверхні. Зрізаний метал у вигляді диску (видри) провалюється вниз нижнього кільця 5 під тиском прошивки.

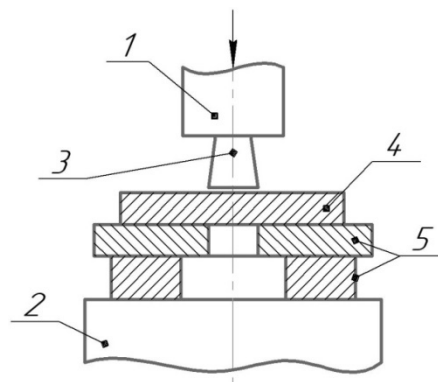


Рис. 5.14. Прошивання на кільцях:

1 – верхній бійок; 2 – нижній бійок; 3 – прошивка; 4 – заготовка;
5 – підкладні кільця

При наскрізному прошиванні об'єм металу видри менший за об'єм отриманого отвору і становить приблизно $3/4$ отвору.

Прошивання є самостійною операцією для утворення отворів, які калібруються до заданих розмірів або підготовчою операцією для наступного розкатування на оправці, в результаті чого збільшується діаметр кільця.

Скручування

Скручування – це операція, при якій частина заготовки повертається навколо поздовжньої осі (рис. 5.15).

При скручуванні одну частину заготовки 1 затискають між верхнім 2 і нижнім 3 бійками молота, а на другу надівають масивну вилку 4 або інший пристрій (вороток, ключ, лебідок), за допомогою яких повільно повертають на заданий кут навколо загальної осі. Наприклад, при розвороті колін колінчатого валу, виготовленні свердл тощо.

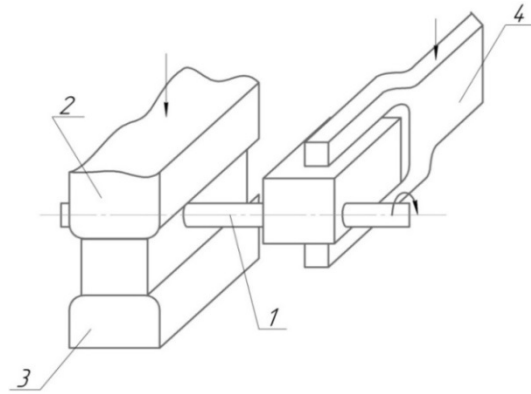


Рис. 5.15. Скручування:

1 – заготовка; 2 – верхній бійок; 3 – нижній бійок; 4 – масивна вилка

Відрубування

Відрубування – це операція відділення частини заготовки шляхом проникнення в неї деформувального інструменту – ковальської сокири. Ця операція виконується в два прийоми: спочатку нагріта заготовка відрубється ковальською сокирою 2 з одного боку (рис. 5.16, а), а потім повертається на 180° і розрубється сталевим прутком квадратного перерізу зі стороною 10–20 мм (рис. 5.16, б) кінцево.

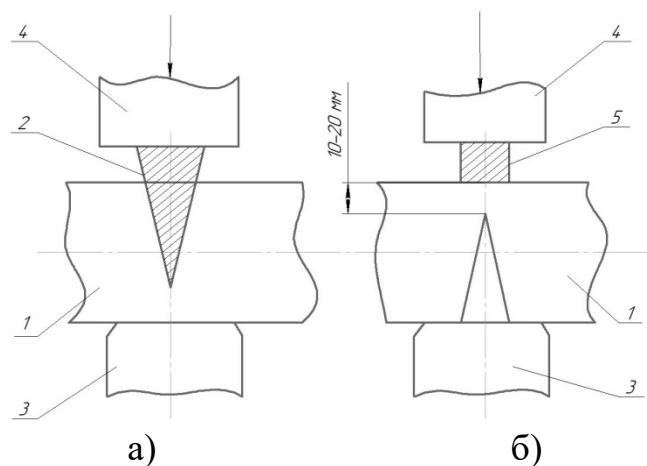


Рис. 5.16. Відрубування:

а – нагріта заготовка відрубється ковальською сокирою з одного боку;
б – нагріта заготовка розрубється сталевим прутком квадратного перерізу;

1 – заготовка; 2 – ковальська сокира; 3 – нижній бійок;
4 – верхній бійок; 5 – сталевий пруток

Відрубування використовується для розділення довгої заготовки на декілька коротких, відділення надлишку металу з метою утворення в поковці уступів, заплечиків (надрубування), для видалення надлишків на кінцях поковок, видалення прибуткової та донної частини злитка тощо.

Відрубування виконується за допомогою ковальських сокир різної форми.

Вільне ручне кування

Аналогічно до вільного машинного кування ручне кування поділяється на основні операції: витягування; осаджування; висаджування; вигинання; відрубування; прошивання отворів; скручування; підкладання обтисканням; вигладжування (рис. 5.17).

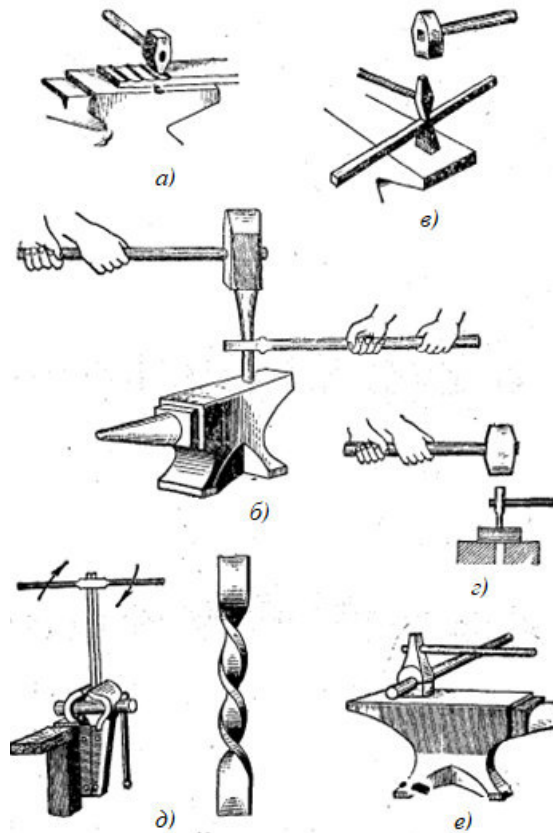


Рис. 5.17. Основні операції вільного ручного кування:

*а – витягування; б – осаджування; в – відрубування; г – прошивання отворів;
д – скручування; е – підкладання обтисканням*

Витягування

Витягування – це операція, при якій заготовка видовжується за рахунок зменшення її товщини. Спочатку на заготовці вузьким бойком молота наносять поперечні канавки, які в подальшому згладжуються (осаджуються) широким бойком, при цьому метал заготовки тече в поздовжньому напрямку (рис. 5.17, а).

Осаджування

Осаджування – це операція, обернена витягуванню, при якій зменшується довжина заготовки, а ширина при цьому збільшується (рис. 5.17, б).

Висаджування

Висаджування – це операція, при якій осаджується заготовка не по всій довжині, а окремою ділянкою.

Вигинання

Вигинання – це операція надання заготовці вгнутої форми або іншого криволінійного контуру.

Відрубання

Відрубання – це операція видалення частин металу заготовки після кування або підготовка металу заготовки необхідних розмірів до обробки (рис. 5.17, в).

Прошивання отворів

Прошивання отворів – це операція отримання отвору в суцільному металі. При прошиванні отвору в тонкому металі його отримують з одного боку за декілька ударів. При прошиванні отвору в заготовці великого перерізу спочатку наносять удари з однієї сторони, а потім її перевертають і наносять удари з іншого боку. Для отримання отвору відповідного діаметра отриманий отвір доводять до необхідних розмірів відповідним бородником (рис. 5.17, г).

Скручування

Скручування – це операція обертання одного кінця заготовки навколо своєї осі, при затиснутому другому кінці в лещатах (рис. 5.17, д).

Підкладання обтисканням

Підкладання обтисканням – це операція надання заготовці певної форми, яка задається внутрішньою поверхнею обтиска (рис. 5.17, е).

Вигладжування

Вигладжування – це операція надання заготовці рівної і гладкої поверхні.

5.3. Знаряддя та інструмент для кування

Інструмент для ручного кування

Основними інструментами для ручного кування служать: гладілки, круглий обтиск, ковальські зубила, круглий бородок, ковадло, кліщі, кувалда з поздовжнім задком, ручник, лещата, молоти різної ваги (рис. 5.18).

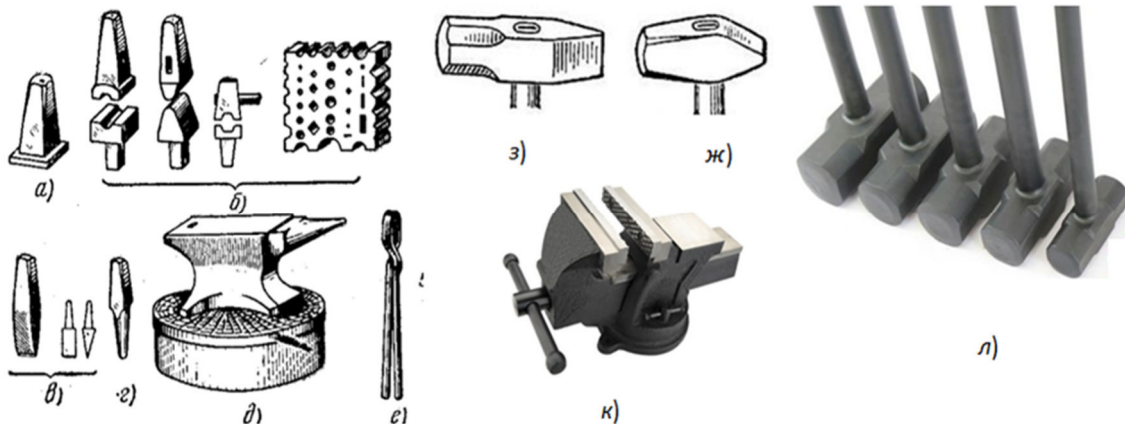


Рис. 5.18. Інструменти для ручного кування:

*а – гладілки; б – круглий обтиск; в – пряме зубило для гарячого рубання;
г – круглий бородок; д – однороге ковадло; е – поздовжні кліщі з круглими губками;
з – кувалда з поздовжнім задком; ж – ручник з поперечним задком; к – лещата;
л – молоти різної ваги*

Гладілки з широким бойком (рис. 5.18, а) використовуються для вирівнювання плоских поверхонь.

Круглий обтиск (рис. 5.18, б) використовується для надання заготовці квадратної, круглої, сегментної або іншої форми поперечного перерізу.

Прямі зубила (рис. 5.18, в) використовуються для гарячого та холодного рубання металу.

Круглі бородки (рис. 5.18, г) використовуються для прошивання в канавках отворів.

Найбільш масивними інструментами для ручного кування є ковадло та тяжкі ковальські молоти.

Ковадло досить масивне та має великий опір ударам, має виступаючий ріг для вигинання металу (рис. 5.18, д) отвір у верхній частині ковадло використовується для пробивання отворів круглим боротком, а також для закріплення приспособ. Виготовляють ковадло зі сталі.

Поздовжні кліщі (рис. 5.18, е), лещата (рис. 5.18, к) використовують для повертання нагрітих заготовок, а також їх утримання.

Кувалда з поздовжнім задком (рис. 5.18, з), застосовуються для кування фасонних виробів.

Ковальські молоти вагою до 1,5 кг називають ручниками (рис. 5.18, ж) та застосовуються для кування мілких виробів.

Тяжкі ковальські молоти вагою 2–10 кг (рис. 5.18, л) застосовуються для кування масивних виробів.

Машинне кування

Машинне кування, на відміну від ручного кування, дозволяє виготовляти поковки в великій кількості великої ваги та з більшою точністю ніж при ручному куванні. Знаряддям для вільного машинного кування є молот, який деформує метал ударом і прес, який деформує метал без удару – статичним навантаженням. Тому, молоти – це машини динамічної дії, а ковальські гідравлічні преси деформують метал значними статичними зусиллями, при невеликій швидкості робочого ходу. Швидкість бойка молота до моменту удару по заготовці досягає 7–8 м/с, а швидкість робочого ходу преса – 0,1–0,3 м/с.

Деформація металу при роботі молота виконується за рахунок кінетичної енергії, яка накопичилась важкими частинами, які падають (поршнем, штоком, бабою та верхнім бойком) до моменту удару бойка по заготовці.

Молоти можна розділити по виду енергії, яка призводить в рух падаючі частини, на парові та приводні електроприводом.

Парові молоти можуть працювати на стисненому повітрі, тому їх називають пароповітряними молотами. Приводні молоти розділяють на пневматичні (з індивідуальним компресором, який вмонтований в станину молота), ресорні та ричажні. Найбільш поширеними є пневматичні молоти.

За принципом дії на поршень пару чи стисненого повітря молоти розділяють на: молоти простої та подвійної дії. В молотах простої дії тиск пару або стисненого повітря на поршень знизу, призводить до піднімання падаючих частин вгору. Їх падіння вниз проходить тільки під дією сили тяжіння. В молотах подвійної дії пар або стиснене повітря поступає і в верхню порожнину поршня, тим самим створює додаткове прискорення і, відповідно, молот подвійної дії розвиває більшу силу удару ніж молот простої дії при такій же масі частин, що подають.

По конструкції станини молоти поділяються на одно-стійкові (рис. 5.19) для більш легких робіт, з масою частин, що падають 0,25–1 т і двохстійкові (рис. 5.20) з масою частин, що падають 1–8 т. Найбільш поширеними є трьох-стійкові восьмитонні молоти, для кування великих фасонних поковок і в яких підхід до бойків забезпечується зі всіх сторін.

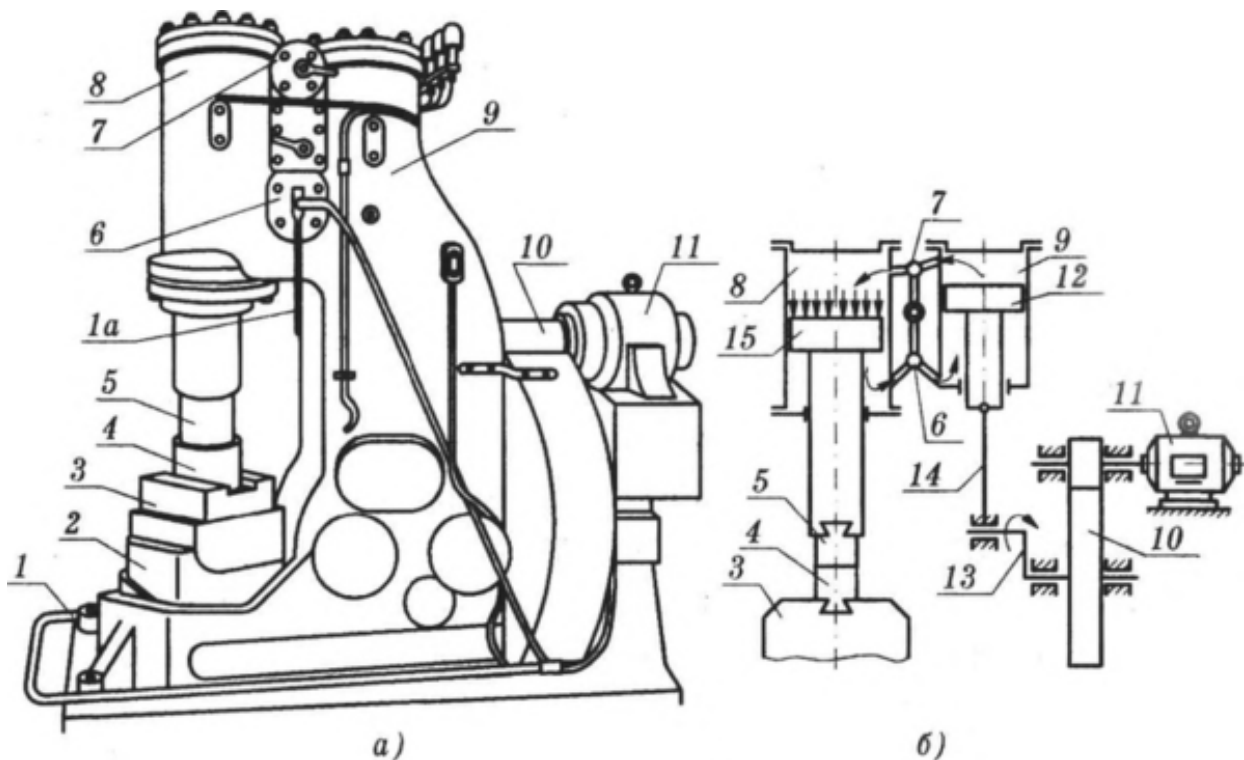


Рис. 5.19. Пневматичний кувальний молот:

а – загальний вигляд; *б* – кінематична схема; 1 – ножна педаль;
 1а – рукоятка; 2 – шабот; 3 – сталева подушка; 4 – нижній бойок;
 5 – верхній бойок; 6 та 7 – золотники; 8 – робочий циліндр; 9 – компресорний циліндр; 10 – редуктор; 11 – електродвигун; 12 – поршень; 13 – вал з кривошипом;
 14 – шатун; 15 – робочий поршень

Крім основного обладнання, ковальські цехи мають і допоміжне.

До допоміжного обладнання відноситься: машини для різання заготовок – прес-ножиці; дискові пили; нагрівальні печі; механізми для транспортування та підтримання заготовок при куванні – ковальські підймальні крани; маніпулятори; кантувателі.

Ковальські молоти працюють за таким принципом: вантаж (молот) піднімається на певну висоту і під час падіння набуває кінетичної енергії, частина якої йде на деформування заготовки, частина на пружні деформації інструменту та коливання шабота (деталь молота, на яку встановлюють нижній бойок).

Шабот призначений для амортизації ударів молота і в верхній частині його розміщується подушка. У подушці та на бабі є пази, в яких кріпляться сталеві бойки.

Шабот встановлений на власному фундаменті, окремому від фундаменту станини, для того, щоб удари від шабота не передавались на станину. Маса шабота в 25 разів більша за масу баби, це співвідношення витримується між масою падаючої частини молота та масою заготовки. Виготовляють шабот із

сірого чавуна. Чим більша маса шабота порівняно з масою частин, що падають, тим більший коефіцієнт корисної дії (ККД) удару молота ($\eta_{\text{уд}} = 0,8 \dots 0,9$). Тривалість деформації заготовки складає тисячі долі секунди. Потужність молота визначається вагою верхнього бійка зі штоком.

При виборі типу молота керуються масою його падаючої частини.

Переміщення частин, які падають, проходить або під дією власної маси (молоти простої дії), або під дією маси і тиску пару чи повітря (молоти подвійної дії).

За способом приводу в рух молоти поділяються на: механічні, які працюють від електродвигуна, пневматичні та пароповітряні. За призначенням молоти поділяються на ковальські (для вільного кування) і штампувальні (для кування в штампах).

Із молотів найбільш поширеним є пневматичний (рис. 5.19), який працює на стисненому повітрі. Пневматичний кувальний молот має частини, які падають, із яких основною є бабка із закріпленням на ній верхнім бойком 5. Верхній бойок при русі баби вниз наносить удари по заготовці, яка лежить на нижньому бойку 4, який закріплений в шаботі 2 молота.

Молот має два циліндри: компресорний 9 і робочий 8, які розміщені у литій станині. Золотники 7 і 6 знаходяться між циліндрами та з'єднують порожнини. Шатун 14 переміщує поршень 12 компресорного циліндра, і отримує рух від кривошипа 13, що обертається електродвигуном 11 на ведучий вал редуктора 10. При переміщенні поршня в компресорному циліндрі повітря по чергово стискається до $0,2-0,3 \text{ мм/м}^2$ у верхній і нижній 9 його порожнинах. Золотники 7 і 6 управляються рукояткою 1а, який повертається рукою або ногою педаллю 1. Для робочого ходу молота золотники ставляться в положення, при якому верхні та нижні робочі порожнини циліндрів з'єднуються між собою. Тоді при русі поршня 12 компресорного циліндра вниз стиснене повітря через золотник 6 поступає під поршень 15 робочого циліндра, при цьому у верхніх порожнинах циліндрів утворюється розрідження і бойок піднімається. При русі поршня компресорного циліндра вгору стиснене повітря через верхній золотник 7 поступає у верхню порожнину робочого циліндра 8. Одночасно в нижній порожнині циліндрів утворюється розрідження, тоді бойок стрімко рухається вниз і наносить удар. Кількість обертів кривошипа 13 відповідає числу ударів бійка.

Залежно від положення органів керування молот може працювати одиничними або автоматичними ударами регульованої енергії, працювати на холостому ході (баба вільно лежить на нижньому бойку), тримати бабу у висячому положенні і здійснювати силове притискання поковки до нижнього бойка (наприклад, для операції вигинання або скручування).

Вага падаючих частин у пневматичних молотах знаходиться в межах 50–1000 кг, і дає можливість кувати дрібні поковки, і рідше – середні. Число ударів молота – від 95 до 225 за хвилину.

Енергія удару частин молота, що падають, визначається за формулою

$$E = \frac{Qv^2}{2g}, \quad (5.4)$$

де Q – маса частин молота, що падають; v – швидкість частин молота, що падають в момент удару; g – прискорення сили тяжіння.

Робота деформації при кожному ударі верхнього бойка по поковці визначається за формулою:

$$A = \eta_{\text{уд}} E, \quad (5.5)$$

де $\eta_{\text{уд}}$ – коефіцієнт корисної дії удару молота ($\eta_{\text{уд}} = 0,8 \dots 0,9$).

Середні та великі поковки виготовляють на пароповітряних молотах подвійної дії або на гідравлічних пресах. Маса частин пароповітряних молотів знаходиться в межах 1000–8000 кг, число ударів в хвилину 30–60, тиск стисненого повітря або пару 0,7–0,9 МН/м².

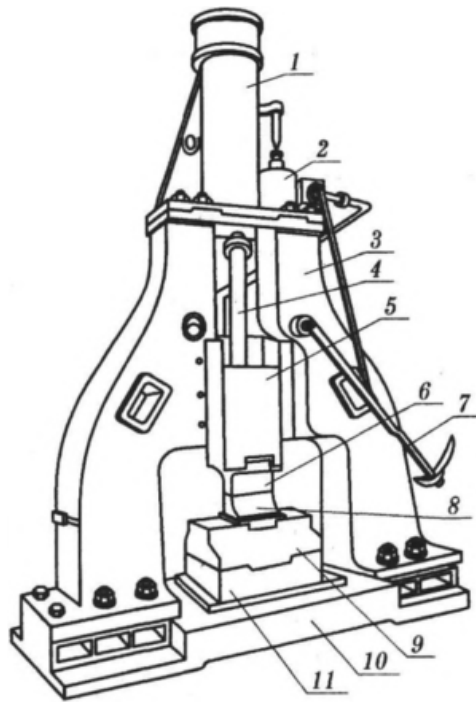
Пароповітряні молоти поділяються на молоти простої та подвійної дії. У молотах простої дії пар або повітря служить тільки для підйому частин, що падають. Молоти такого типу застосовуються рідко. У молотах подвійної дії пар або повітря використовується не тільки для підйому частин, що падають, але і для додаткового тиску на поршень при падінні баби. Це дозволяє значно збільшити енергію удару молота.

Пароповітряні молоти бувають одностійкові та двохстійкові (арочні).

Одностійкові молоти дають можливість доступу до них з трьох сторін, що дуже важливо при роботі, але вони менш міцні ніж двохстійкові, і під дією ударів, які сприймаються однією станиною, можуть перекошуватися.

Будову та принцип роботи пароповітряного двохстійкового (арочного) молота наведено на рис. 5.20.

На цих молотах виготовляють поковки масою 20–350 кг, переважно з прокатаних заготовок. Вони приводяться в рух парою, яка поступає по паропроводу від котла під тиском 700–900 кПа, або стисненим повітрям, який подається по трубопроводу від компресора під тиском до 700 кПа. Такі молоти називають молотами подвійної дії, тому що повітря або пар поступають в робочий циліндр періодично для опускання та підйому частин, що падають.



*Рис. 5.20. Пароповітряний кувальний молот арочного типу:
 1 – робочий циліндр; 2 – золотникова коробка; 3 – бічні стійки; 4 – шток;
 5 – баба; 6 – верхній бойок; 7 – рукоятка; 8 – нижній бойок; 9 – проміжна
 подушка; 10 – загальна плита; 11 – шабот*

Шабот пароповітряних молотів роблять в 15–25 разів тяжчими частин, що падають, для зменшення струсів машин і частин будівель, які розміщені поблизу молотів.

Для робочого ходу (ряду послідовних ударів верхнього бойка) пар або повітря розподільчим пристроєм направляється поперемінно то у верхню, то в нижню частини робочого циліндра. При цьому силу удару за необхідності можна змінювати в широких межах. Може бути одиничний удар частин, що падають, можуть утримуватись у верхньому положенні або притискати поковку до нижнього бійка.

Основними вузлами пароповітряного двохстійкового (арочного) молота подвійної дії є: головка з робочим циліндром 1 та паророзподільчим пристроєм, частини, що падає (поршень, шток 4, баба 5, верхній бойок 6), станина 3 (права та ліва) з напрямними баби 5, шабот 11 з нижнім бойком 8 та рукоятка управління (рис. 5.20).

Заготовка встановлюється на нижньому нерухомому бойку 8 і деформується ударами верхнього бойка 6. Нерухомий бойок 8 кріпиться до масивного шаботу 11 через проміжну подушку 9. Шабот встановлюється на прокладці із дубових брусів на загальній плиті 10.

Повітря або свіжий пар поступає по паровпускній трубі через розподільчий пристрій (золотникова коробка) 2 в криволінійні канали

робочого циліндра 1. За рахунок системи ричагів від рукояті 7 управління паророзподільчим пристроєм направляється пар поперемінно у верхню і нижню порожнини робочого циліндра 1, над поршнем і під поршнем.

При натисканні машиністом молота рукояті управління 7 вниз свіжий пар по верхньому криволінійному каналі стінки робочого циліндра 1 поступає у верхню порожнину робочого циліндра та душить на поршень зверху і викликає прискорений рух баби 5 вниз. Відпрацьований пар із нижньої порожнини робочого циліндра 1 через нижній криволінійний канал в стінці робочого циліндра виходить у паровпускну трубу.

При підніманні машиністом молота рукояті управління вверх свіжий пар поступає із паровпускної труби та поступає під поршень в нижню порожнину робочого циліндра 1 по нижньому каналу в стінці циліндра. Тиск пару знизу на поршень викликає його піднімання разом з бабою 5. При цьому відпрацьований пар виходить через верхній криволінійний канал, проходить зверху вниз через паророзподільчий пристрій і поступає в паровпускну трубу.

Пар під тиском 0,7–0,9 МПа поступає до молотів по трубопроводу із центральної котельні. При надмірному заповненні свіжим паром нижньої частини циліндра для запобігання удару поршня в кришку циліндра у верхній частині останнього кріпиться запобіжний буфер. При роботі молота на повітрі, останній подається по трубопроводу від компресорної станції.

Поряд з пароповітряними молотами широке застосування отримали і привідні молоти, одними з яких є пневматичні.

У пневматичних молотах шток поршня є одночасно бабою молота, до якого кріпиться верхній бойок. Піднімання та опускання поршня виконується за допомогою стисненого повітря тиском 0,2–0,3 МПа. Маса частин, що падають, складає 50–1000 кг.

Ці молоти застосовуються в ковальських цехах і ремонтних майстернях для кування невеликих поковок (масою до 20 кг) та для штампування в підкладних штампах.

Пневматичний молот має два циліндри, які розміщені паралельно у вертикальній площині. Один циліндр робочий, другий компресорний, розміщені вони на одній станині.

Стиснене повітря поступає в робочий циліндр від поршневого компресора, який приводиться у зворотню поступальний рух шатуном від кривошипного валу, який отримує обертання від електродвигуна через редуктор.

У верхній та нижній порожнинах компресорного циліндра при русі поршня проходить поперемінне стиснення повітря, яке через поворотні крани та розподільчі канали поперемінно поступає в верхні і нижні порожнини

робочого циліндра та поршень-баба молота безперервно рухається вгору і вниз, наносячи деформуючі удари по заготовці.

Всі частини молота змонтовані на пустотілій литій станині.

Силу удару бойка молота регулюють рукояткою управління, також ця система забезпечує роботу одиничними ударами, утримування бойка у висячому положенні, притискання заготовки тощо.

Поряд з молотами в даний час широко застосовуються гідравлічні преси, загальний вигляд якого наведено на рис. 5.21.

Гідравлічні преси відрізняються від молотів тим, що їх тривалість деформування заготовки може досягати десятків секунд статичної дії при швидкості деформації 2–3 м/хв.

В гідравлічну пресову установку входить: сам прес; привідна станція (привідний механізм), яка нагнітає рідину під високим тиском; пристрій (резервуар-наповнювач), який нагнітає рідину під низьким тиском; гідророзподільвачі.

Преси, як правило, застосовують для кування великих заготовок, а також при куванні малопластичних високолегованих сталей та сплавів кольорових металів з максимальним тиском 5–150 МН.

Існують преси, в яких замість привідного механізму (привідної станції) використовується насос (мультиплікатор), який створює тиск рідини 30–60 МПа.

Гідравлічні преси працюють без ударів і струсу, тому для них непотрібний шабот і масивний фундамент, так як для молотів, а навантаження від зусиль преса сприймається колонами.

В якості робочої рідини в гідравлічних кувальних пресах застосовується водна емульсія або мінеральне масло. Загальний вигляд гідравлічного кувального чотирьохколонного преса наведено на рис. 5.21.

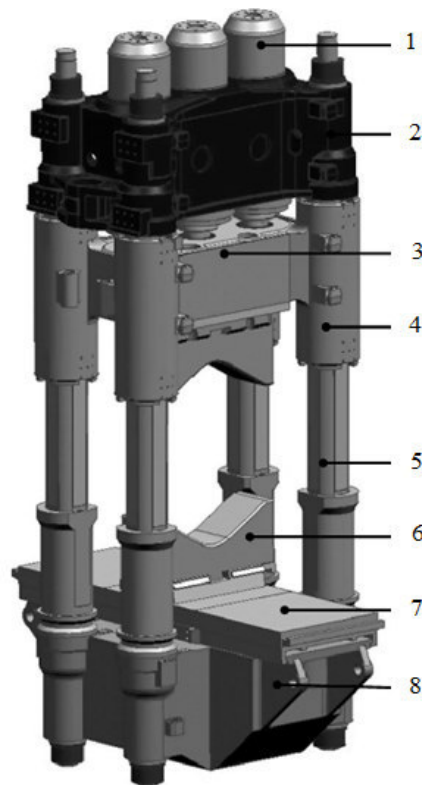


Рис. 5.21. Гідравлічний кувальний прес СКВ 84/104:

*1 – робочі циліндри, 2 – верхня поперечина (головка), 3 – траверса (таранна балка),
4 – направляюча втулка таранної балки, 5 – направляючі колони,
6 – штампувальний молот (верхній бойок), 7 – ковальський стіл (нижній бойок),
8 – нижня нерухома балка*

На нижній нерухомій балці 8 преса встановлено чотири направляючих колони 5, які спираються на фундамент. Ці колони зв'язують нижню нерухому балку 8 з верхньою поперечною (головкою) 2, утворюючи при цьому жорстку станину преса. Висота цих колон може досягати 25 м, а діаметр 1 м.

По колонах переміщується траверса (таранна балка) 3, на якій закріплений верхній бойок. Необхідне для деформування заготовки зусилля створюється в робочих циліндрах 1. Піднімається та переміщується траверса за допомогою поршнів, які рухаються в робочих циліндрах.

Нижній бойок кріпиться до ковальського столу 7.

Робочий хід виконується при подачі рідини під високим тиском (20–50 МПа) в робочі циліндри по трубопроводу. При цьому проходить рух траверси (таранної балки) 3 вниз по направляючих колонках 5 за допомогою направляючих втулок таранної балки 4 і виконується деформування заготовки штампувальним молотом (верхнім бойком) 6. Заготовка лежить на ковальському столі (нижньому бойку) 7.

Піднімання траверси (таранної балки) 3 – зворотний хід, штампувального молота з верхнім бойком 6 після робочого ходу виконується циліндрами 1, які

закріплені на верхній поперечині (головці) 2. При зворотному ході рідина під тиском поступає по трубопроводу в нижню частину гідроциліндрів, тисне на поршень і змушує підіймати траверсу (таранну балку) 3.

Перед робочим ходом штампувального молота 6 (коли проходить деформування заготовки) виконується холостий хід траверси з верхнім бойком до контакту з заготовкою за рахунок нагнітання в робочий циліндр рідини низького тиску із наповнювального бака. Наповнювальні баки бувають закриті (рідина в яких знаходиться під тиском 0,4–0,8 МПа) або відкриті, які встановлюються вище рівня робочих циліндрів 1.

6. ШТАМПУВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

6.1. Гаряче об'ємне штампування. Суть процесу та її види. 6.2. Обладнання для гарячого об'ємного штампування. 6.3. Холодне штампування. Суть процесу та його види. 6.4. Листове штампування. Суть процесу та його види

Об'ємним штампуванням називають спосіб виготовлення виробів складної конфігурації тиском за допомогою спеціальних штампів. При штампуванні текучість металу обмежується стінками робочої порожнини штампів і проходить по заданих напрямках до визначеної межі. При цьому форма та розміри робочих порожнин (струмків) повністю визначають конфігурацію поковки, яка виготовляється.

Листовим штампуванням називають спосіб виготовлення плоских і об'ємних тонкостінних виробів із листового матеріалу, стрічки та смуг за допомогою штампів.

Листовим штампуванням виготовляють вироби із листового прокату товщиною до 20 мм, а метал товщиною до 10 мм, як правило, штампують без нагріву, більш товщі листи нагрівають до кувальної температури.

До переваг листового штампування відноситься: економія витрат металу, невелика вага деталей, чистота поверхні виробів, можливість отримання виробів складної конфігурації з подальшим зварюванням, паянням, клепанням.

Деталі, які виготовляють листовим штампуванням, широко застосовуються в автомобільній галузі, наприклад, деталі кузова автомобілів, капоти двигунів, різні прокладки, паливні баки тощо.

6.1. Гаряче об'ємне штампування. Суть процесу та його види

Гарячим об'ємним штампуванням називають процес отримання із нагрітих заготовок виробів, які називають штампованими поковками. Надання заготовці заданої форми та розмірів виконується шляхом заповнення металом порожнини штампу, при цьому течія металу в бік під час деформування, обмежена поверхнями його окремих частин. Робочу порожнину штампу, яка заповнюється металом, називають струмком. Вони мають ухили від 5 до 10°, для того щоб порожнини краще заповнювалися і метал виймався із них швидко та без зусилля.

Для виходу надлишку металу навколо порожнини роблять спеціальну канавку, в яку витискається метал, утворюючи навколо виробу тонкий шар – задири (облої).

Штампують вироби в нагрітому або холодному стані.

При штампуванні необхідно правильно визначити кількість металу, яка необхідна для заготовки, оскільки розміри порожнини при гарячому штампуванні повинні бути більші за розміри заготовки та величину, яка відповідає зменшенню лінійних розмірів і об'єму при охолодженні металу. При надлишку металу утворюються великі задири, а при недостатчі металу – порожнини штампують заповнені не повністю.

Об'ємне штампування застосовують в крупносерійному та масовому виробництві. Воно має ряд суттєвих переваг порівняно з вільним куванням: висока продуктивність праці (сотні поковок в час), менші витрати металу, поковки більш складної форми і з кращою якістю поверхні, висока однорідність і точність поковки (припуски і допуски на штампуванні поковки в 2–4 менші чим при куванні), як правило, при штампуванні вироби не потребують механічної обробки.

До недоліків об'ємного штампування відноситься складність і висока вартість штампують, обмеженість маси поковок (0,3–100 кг, в окремих випадках до 5 т), адже зусилля деформування при штампуванні набагато вищі ніж при куванні. Штамп є спеціалізованим інструментом, придатним для виготовлення тільки однієї визначеної поковки, на відміну від універсального кувального інструменту.

На одному штампі залежно від складності, маси та матеріалу і способу штампування можна виготовити від 10 до 25 тисяч поковок.

Процес гарячого об'ємного штампування включає 3 фази.

В першій фазі метал тече в усі боки до стінок штампують, при цьому в ньому виникають розтягуючі напруги. В другій фазі метал заповнює порожнини штампують і намагається вилитися із нього, утворюються задири в розмірі двох половинок штампують (в металі виникають напруги стиснення). В третій фазі йде ущільнення металу, який заповнює всі порожнини штампують, задири втрачають свої пластичні властивості і не дають витікати металу (утворюється облой).

За кількістю струмків штампують поділяють на однострумкові та багатострумкові. Однострумкові штампують застосовують для штампування заготовок, які попередньо були підготовлені вільним куванням (наближення форми заготовки до форми готової штампують, рис. 6.1, а). Такі штампують застосовують для виготовлення простих виробів.

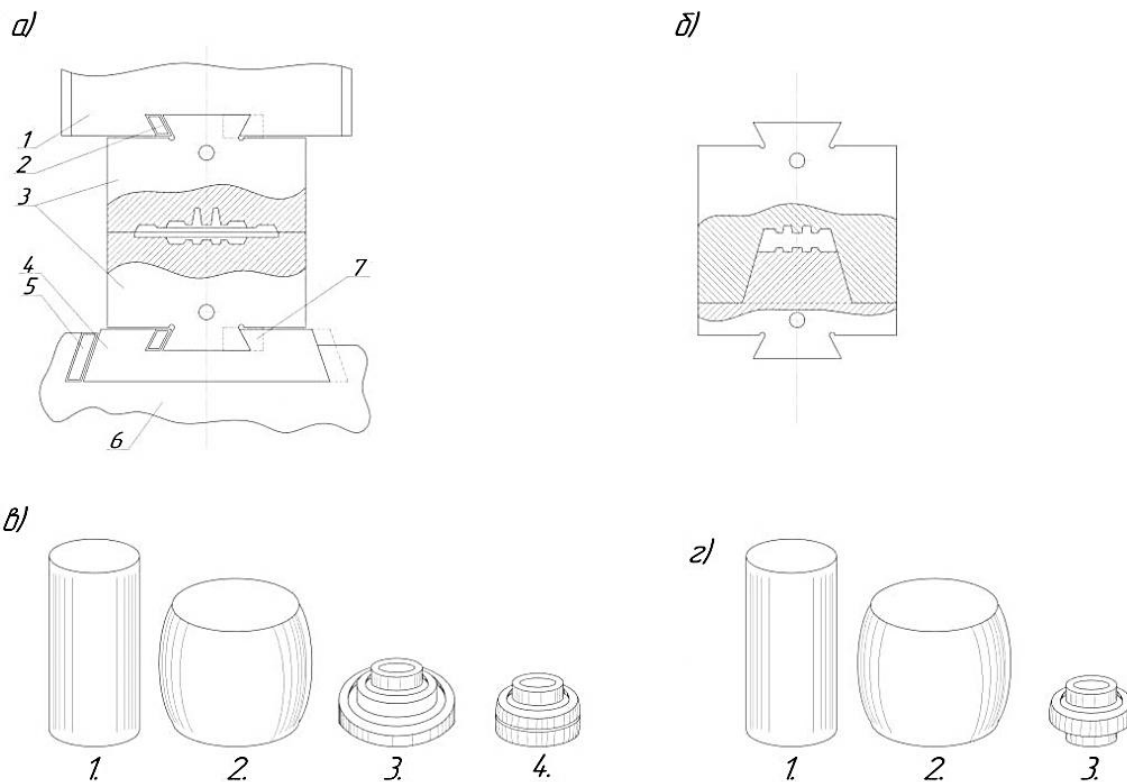


Рис. 6.1. Види гарячого об'ємного штампування:

а – схеми відкритого штампу та його кріплення до молота; *б* – схема закритого (безоблоїдного) штампа; *в* – переходи штампування колеса у відкритому штампі; *г* – переходи штампування колеса у закритому штампі; 1 – заготовка; 2 – осадка заготовки; 3 – штампування; 4 – обрізання обля (готова штампівка)

Багатострумкові штампи застосовують для виготовлення виробів складної форми, вони мають заготовчі, штампувальні і відрізнні струмки (рис. 6.2). В заготовчих струмках виконується витягування або гнуття, в штампувальних – надання заготовці кінцевої форми, у відрізнних – відокремлення штампівки від заготовки.

Гаряче об'ємне штампування за способом виготовлення можна розділити на штампування у відкритих штампах (облоїдне штампування, рис. 6.1, *а*) і штампування у закритих штампах (безоблоїдне штампування, рис. 6.1, *б*).

Відкриті штампи (рис. 6.1, *а*) мають задирочну канавку, яка проходить вздовж всього зовнішнього контура штампувального струмка в площині роз'єму. В цю наплавку витікає надлишок металу заготовки (задир), який запобігає жорсткому удару при з'єднанні верхньої та нижньої половинок штампу, що продовжує час роботи штампу, а місток задирочної канавки у вигляді вузької щілини створює в кінці штампування великий опір течії металу, що дозволяє краще заповнювати струмки штампу. Швидко охолодження задир також сприяє цьому заповненню.

При штампуванні у відкритих штампах частина металу витискається у задири. Об'єм металу у задирах рівний різниці об'ємів заготовки і поковки. На місці обрізання заدير у поковки волокна металу перерізаються.

Закриті штампи (рис. 6.1, б) деформують метал без заدير у замкнутому просторі, при цьому заготовка повинна бути (на відміну від першого способу) достатньо точною по об'єму. Під час штампування волокна заготовки в порожнині штампу обтікають її по контуру і після цього ніде не перерізаються, що добре впливає на макроструктуру поковки. Витрати металу в закритих штампах менші, ніж у відкритих.

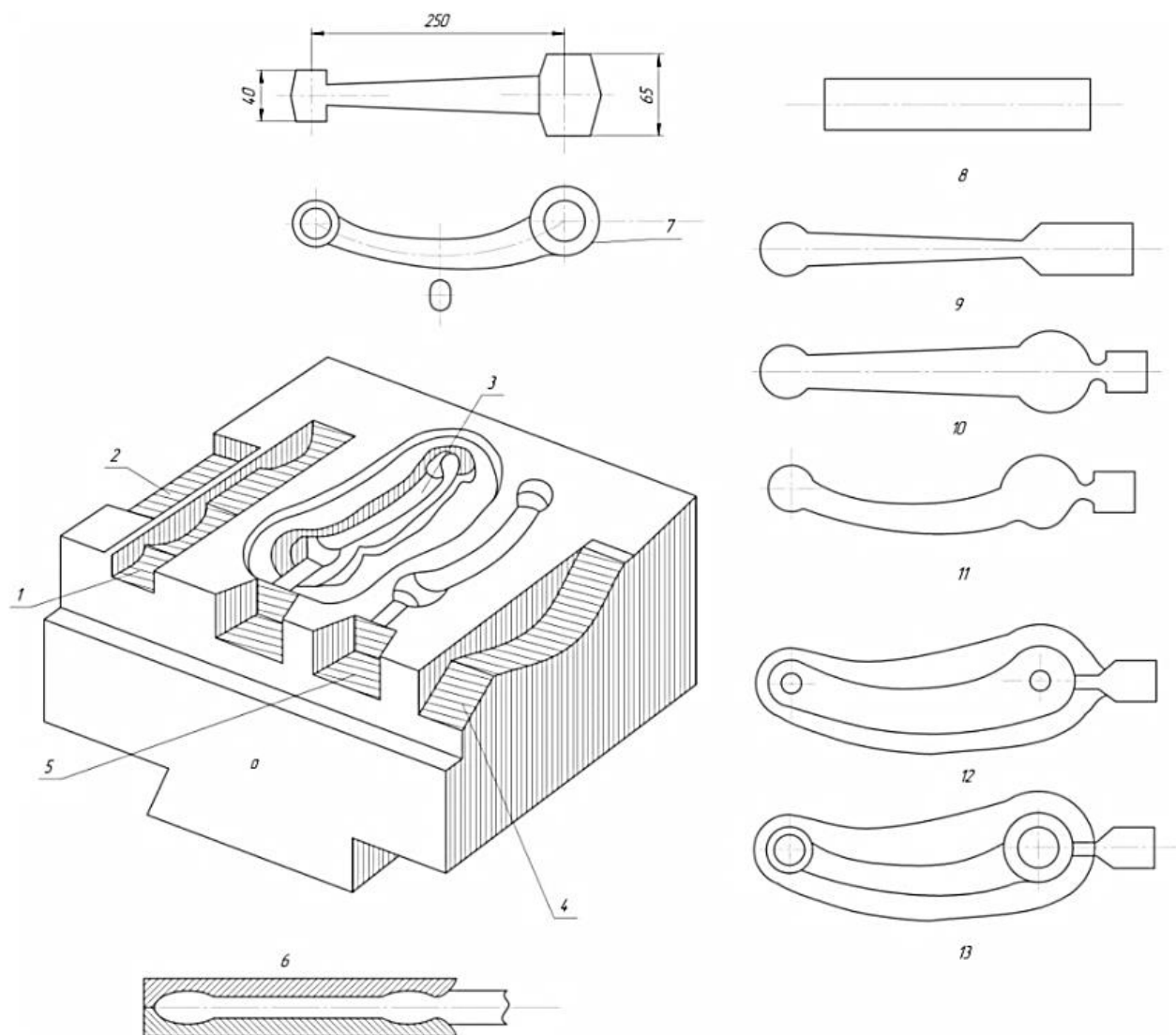


Рис. 6.2. Багатострумковий штамп і переходи по виготовленню штамповки: 1, 2, 3, 4, 5 – відповідно, струмки підкатний, протяжний, попередній, гнучкий, кінцевий; 6 – профіль підкатного струмка; 7 – поковка; 8 – заготовка; 9, 10, 11, 12, 13 – відповідно, переходи протягування, підкатування, гнуття, попереднього штампування, кінцевого штампування

Залежно від складності форми деталі, поковку можна отримувати в штампах з одним струмком (деталі простої форми) і багатострумкових штампах (деталі складної форми), де поковка отримується послідовно в усіх струмках, які називають переходами. Чим складніша за формою поковка і чим більше вона відрізняється від заготовки, тим більше струмків (переходів) потрібно для її виготовлення.

6.2. Обладнання для гарячого об'ємного штампування

Штампувальні поковки отримують в спеціальних штампах із нагрітих заготовок. Штамп – це металева форма, яка складається з двох частин і в якій є один або багато струмків. Штампи виготовляють із твердих і міцних сталей, наприклад, сталей марок 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГМ, 3Х2В8 тощо.

Виготовлення штампів потребує значних затрат часу і засобів, але якщо потрібно виготовити велику кількість виробів, витрати на виготовлення штампів не викликають здорожчення виробів і поковки отримані штампуванням, дешевші кованих.

Гаряче штампування виконується на молотах і кувальних машинах (пресах), які наведені на рис. 5.19, 5.20, 5.21, 6.3. Відкриті штампи (рис. 6.1, а), закриті штампи (рис. 6.1, б) складаються з двох частин 3 (рис. 6.1, а) – верхньої та нижньої. Нижня частина кріпиться на штамподержачі (сталевій подушці) 4, який встановлений на шаботі 6 за допомогою клину 5. Клин 5 знаходиться в пазу шабота молота. Верхня частина штампа кріпиться в бабі 1 клином 2. Місця кріплення виконуються у вигляді «ластівчиного хвоста».

Для штампування заготовка нагрівається до температури кування та розміщується в нижню порожнину (струмок) штампа 3 кліщами.

Відкриті штампи мають поверхню роз'єму верхньої та нижньої частин у вигляді площини.

Під дією ударів верхньої частини штампа метал тече та заповнює струмок. Надлишок металу витискається із струмка в кільцеву порожнину і утворює задиру (облой) 3, який сприяє кращому заповненню струмка штампа та запобігає течії металу в порожнину роз'єму штампу. При цьому тиск металу в порожнині штампу підвищується і він вимушений заповнити весь об'єм, забезпечуючи добре формоутворення поковки. Відхід металу в облой складає в середньому 10–20% від маси поковки і видаляється він на спеціальному обрізному штампі в гарячому або холодному стані.

Отримання поковок у відкритих штампах на молотах і пресах є найбільш поширеним і універсальним методом, оскільки при цьому виготовляються вироби як простої, так і складної форми (колінчаті вали, шатуни тощо).

Закритий штамп (рис. 6.1, б) не має виходу для надлишку металу та має роз'єм верхньої та нижньої частини по складній поверхні з направляючим замком, який забезпечує точне з'єднання частин штампу в кінці процесу штампування. При цьому виступ нижньої частини штампа при останніх ударах молота запирає робочу порожнину, яка розміщена в основному у верхній частині штампа, закриваючи вихід металу зі струмків.

Струмки штампів, які використовуються для перерозподілу металу з метою наближення до штампованої поковки, називають заготовчими, а ті струмки, які кінцево формують поковку – штампувальними. Останні поділяються на струмки попереднього (чорнового) та кінцевого (чистового) штампування. Штампувальний струмок відповідає розмірам гарячої поковки, і розміщують його, як правило, в центрі площини штампу, так як він потребує найбільшого зусилля ніж в інших струмках.

Штампування в закритих штампах дає зниження витрат металу до 20%, і не потрібно обрізати облой.

До недоліків закритих штампів відноситься висока вартість їх виготовлення. Ці штампи швидко виходять з ладу. Варто зазначити, що необхідне точне різання заготовки по об'єму та точне її встановлення по центру струмка штампу.

Матеріалом для заготовок при гарячому штампуванні служить сталевий прокат круглого та квадратного перерізу або пресовані прутки із кольорових металів і сплавів. Заготовки також можуть бути підготовлені вальцюванням або куванням.

Гаряче штампування виконується на штампувальних молотах, штампувальних пресах, горизонтально-кувальних машинах і спеціалізованих машинах вузького призначення.

Штампувальні молоти застосовуються для отримання поковок різноманітної форми, переважно в багатострумкових відкритих штампах.

Найбільш поширеними є пневматичні молотки (рис. 5.19), пароповітряні молоти (рис. 5.20), а також гідравлічні, фрикційні з дошкою та безшаботні пароповітряні.

У безшаботно пароповітряних молотах замість шабота встановлено нижню рухому бабку, яка з'єднана з верхньою механічно або гідравлічно. На даних молотах, в основному, штампують великі поковки в однострумкових штампах.

Штампувальні преси мають продуктивність в 2–3 рази вищу, ніж на молотах, коефіцієнт корисної дії приблизно вище в 2 рази, їх легше механізувати та автоматизувати. Преси виконують 35–90 ходів у хвилину, вони застосовуються для гарячого штампування, більш складних і великих по

масі поковок в однострумкових та багатострумкових штампах при серійному та масовому виробництві.

Зусилля преса для штампування поковок із задирою розраховується приблизно за формулою:

$$P = k F, \quad (6.1)$$

де F – площа проекції штампувальної поковки із задирою, см^2 ; k – коефіцієнт, який враховує складність форми поковок ($k = 6,4 \dots 7,3$).

При штампуванні поковок в закритому штампі без задир зусилля, яке розраховано за формулою 5 зменшується на 20–50%. Зусилля преса виличиною 10 МН по ефективності еквівалентне 1 т падаючих частин молота подвійної дії.

Найбільш поширеними є гідравлічні преси для штампування, які аналогічні кувальним гідравлічним пресам (рис. 5.21), але мають більш жорстку конструкцію, більшу швидкість переміщення рухомих частин, в тому числі і виштовхувача для видалення поковок із штампу. Ці преси застосовують для виготовлення великих поковок у відкритих і закритих штампах із зусиллям до 750 МН.

Широко застосовується кривошипний гарячостампувальний прес КГШП, зусиллям 5–100 МН (рис. 6.3).

Такі преси застосовують для отримання поковок різної форми із сортового та періодичного прокату в закритих і відкритих штампах. Швидкість руху повзуна в момент контакту з верхньою частиною штампа із заготовкою 0,3–0,8 м/с в декілька разів менше швидкості бабки молота в момент удару. Застосування штампів з направляючими колонами та виштовхувачами для видалення поковок забезпечує велику точність виготовлення поковок, з меншими припусками, допусками, витратами металу та штамповочними ухилами, ніж при штампування на молотах.

На масивній станині преса (рис. 6.3) встановлено електродвигун 1, на валу якого закріплено шків, з якого за допомогою клинопасової передачі передається крутний момент на маховик, який знаходиться на валу. Другий кінець цього валу з'єднаний жорстко з малим зубчастим колесом, яке входить в зачеплення з великим зубчастим колесом 2 з фрикційною дисковою муфтою 3. Це колесо з муфтою кріпиться на колінчастому валу 4, який приводить в рух шатун 5 з повзуном 7. На другому кінці колінчастого валу встановлено гальмо 6 для швидкої зупинки кривошипно-шатунного механізму після виключення муфти. До повзуна 7 і столу 14 пресу кріпиться відповідно верхня 10 і нижня 13 плити штампу зі струмковими вставками 11 і 12. Точність співпадіння

верхньої та нижньої частин штампу забезпечують направляючі колони 9. При знаходженні повзуна 7 у верхній частині виштовхувач 8 викидає поковку із чистового струмка. На відміну від молотів, преси мають визначений рух повзуна, повний хід якого вверх і вниз рівний подвійному радіусу кривошипа та деформує метал в кожному струмку. Велике число ходів в хвилину (35–90) забезпечують високу продуктивність праці. Наявність виштовхувача дає можливість зменшити штампувальні ухили.

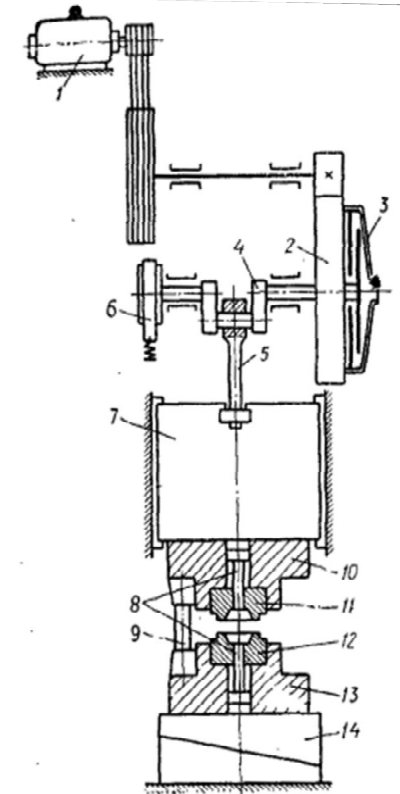


Рис. 6.3. Схема кривошипного гарячоштампувального преса:

- 1 – електродвигун; 2 – зубчасте колесо; 3 – фрикційна дискова муфта;
4 – колінчастий вал; 5 – шатун; 6 – гальмо; 7 – повзун; 8 – виштовхувач;
9 – направляючі колони; 10 – верхня плита штампа; 11, 12 – струмкові вставки;
13 – нижня плита штампа; 14 – стіл*

Зусилля, яке виникає при штампуванні, сприймається масивною станиною.

До недоліків штампування на кривошипних пресах відноситься: заготовка повинна бути чистою без опалини, оскільки деформування виконується в струмку за один хід повзуна; необхідно точно визначати масу заготовки; під час роботи неможливо застосовувати протяжні та підкатні струмки; вартість преса набагато вища ніж молота.

Горизонтально-кувальна машина (ГКМ, рис. 6.4) представляє собою кривошипний прес з переміщенням головного та затискного повзунів по горизонтальній площині.

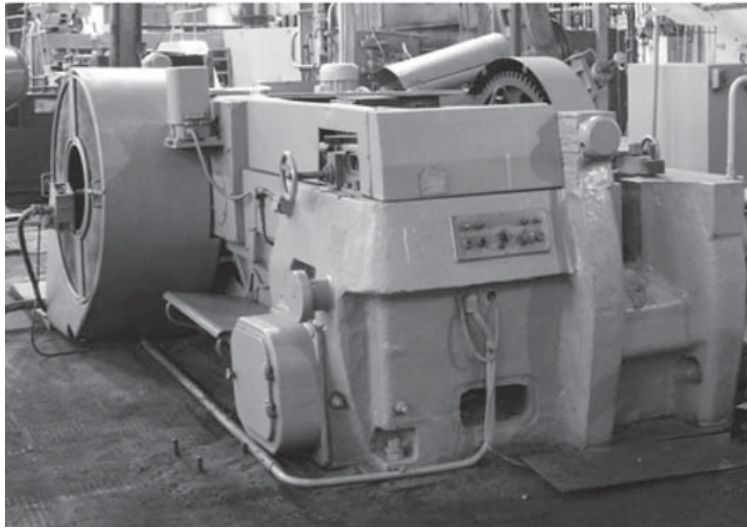
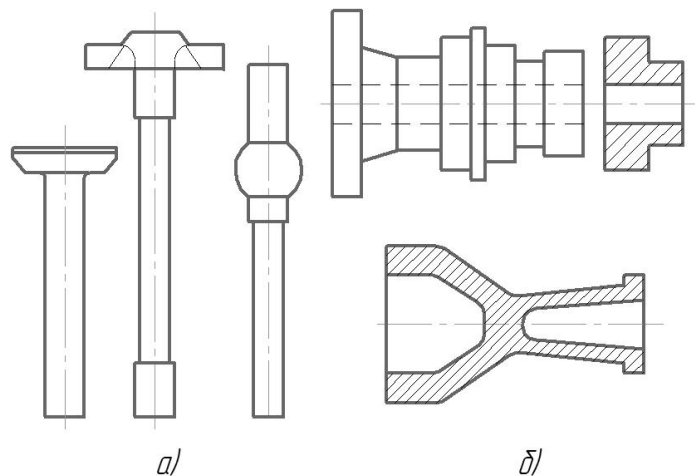


Рис. 6.4. Горизонтально-кувальна машина

На відміну від молотів, у кувальній машині повзун рухається в горизонтальній площині, тому ці машини і мають таку назву. Вони застосовуються для виготовлення поковок, які мають форму порожніх або суцільних стержнів з потовщенням (болта, заклепки тощо) – деталей, які не потребують штампування по всій довжині, а також для виготовлення поковок кільцевої форми (кільця, гайки, втулки тощо), рис. 6.5.



*Рис. 6.5. Поковини, які виготовляють на горизонтально-кувальних машинах:
а – поковки отримані висадкою; б – поковки отримані прошивкою*

Ці машини забезпечують більшу точність ніж молоти, мають високу продуктивність (400–900 поковок в час), майже не дають відходів. Робоче зусилля від 0,5 до 31,5 МН створює кривошипний механізм, що дозволяє висаджувати прутки діаметром до 225 мм. Допоміжні операції (подачу заготовки, затиск тощо) здійснює важільно-кулачковий механізм.

На рис. 6.6 наведено схему ГKM із штампом, який має дві площини роз'єму та складаються з трьох частин. Перша частина 2 нерухома, рухома 1 і матриця та пуансон 4.

Крутний момент передається від електродвигуна клинопасовою передачею па маховик, який через фрикційну муфту включення передає обертання на привідний вал і потім через кілька зубчатих коліс на головний (кривошипний) вал 9 (рис. 6.6). Від цього валу приводиться в рух головний повзун 5 з пуансоном 4. Перед тим як пуансон 4 ввійде у контакт з торцем заготовки, рухома матриця 1 притисне її до нерухої матриці 2, а упор 3 відійде у бік. Бічний повзун 7, який приводиться в рух від кулачків 8 (які закріплені на головному валі 9), переміщує затискний повзун 6 із затискною матрицею 1.

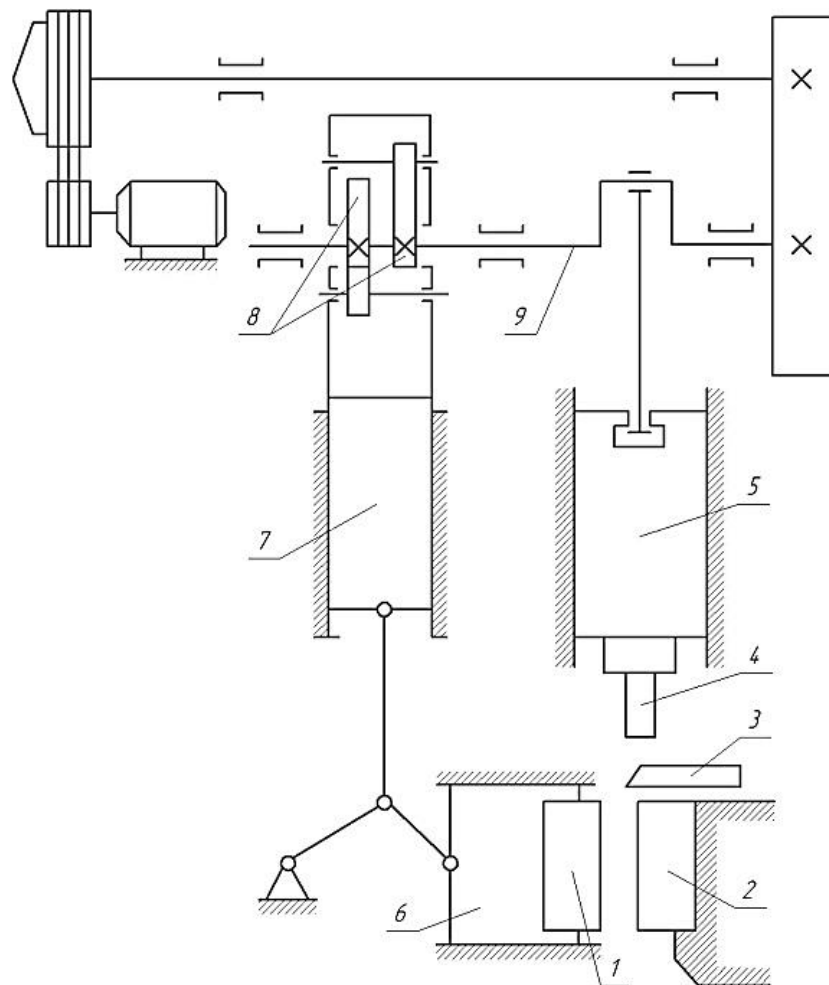


Рис. 6.6. Схема горизонтально-кувальної машини:

- 1 – рухома матриця; 2 – нерухома матриця; 3 – упор; 4 – матриця та пуансон;
 5 – головний повзун; 6 – затискний повзун; 7 – бічний повзун;
 8 – кулачки; 9 – головний вал

На рис. 6.7 наведено схему штампування виробу на ГKM.

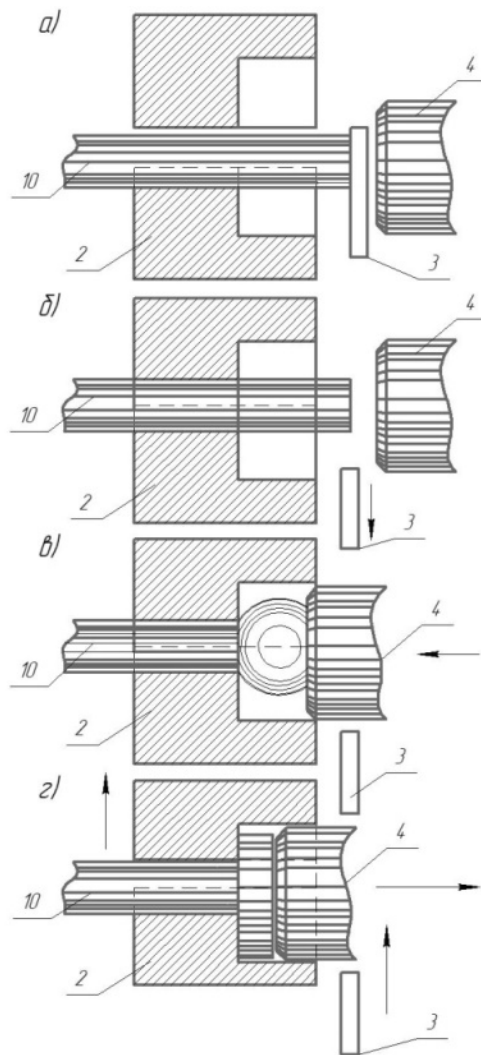


Рис. 6.7. Схема штампування виробу на горизонтально-кувальній машині:
 1 – рухома матриця; 2 – нерухома матриця; 3 – упор; 4 – матриця та пуансон;
 10 – заготовка (пруток)

Заготовка (пруток) 10 нагрітим кінцем подається в струмок нерухомої матриці 2 до упору 3. Пуансон 4 в цей час знаходиться в правому крайньому положенні (рис. 6.7, а). Рухома матриця затискає заготовку таким чином, що утворюється порожнина для деформування частини прутка, що виступає (рис. 6.7, б). Упор 3 автоматично відходить вниз і пуансон 4 деформує кінець прутка 10 (рис. 6.7, в). За рахунок руху пуансона 4 утворюється поковка заданої форми (рис. 6.7, г). Після цього рухома матриця і пуансон 4 переміщуються у вихідне положення, а заготовка (пруток) виштовхується в інший струмок і цикл повторюється. Довжина прутка, який виступає, становить не менше 2,5–3,0 його діаметра, для запобігання його викривлення під час деформування.

Зусилля при штампуванні на ГKM визначається за формулою:

$$P = k F_n G_B, \quad (6.2)$$

де k – коефіцієнт, який враховує вид операції ($k = 4$ при висадці, $k = 1,7$ при прошиванні); F_n – площа проекції поковки на площу, яка перпендикулярна напрямку руху пуансона; G_B – межа міцності металу при заданій температурі.

Інші види гарячого об'ємного штампування

До інших видів гарячого об'ємного штампування відноситься штампування на: кувальних вальцах, ротаційно-кувальних машинах, гвинтових фрикційних пресах і горизонтально-згинальних машинах.

Кувальні вальці

Вальцювання – це спосіб гарячої пластичної формозміни металу під впливом обертових штампів на зовнішній поверхні яких розміщені струмки за формою необхідного виробу.

Кувальні вальці (рис. 6.8) займають проміжне положення між прокатними станами та кувально-пресовими машинами. Штамп розміщені на робочих валках і мають вигляд сегментів, що займають частину коло валка. При роботі вони то зближуються, то розходяться. Заготовка подається між валками в той момент, коли штамп розійшлися. При подальшому повороті валків штамп зближуються та деформують заготовку, надаючи їй потрібну форму та розміри. Валки отримують рух обертання від електродвигуна через ремінну та зубчасту передачі.

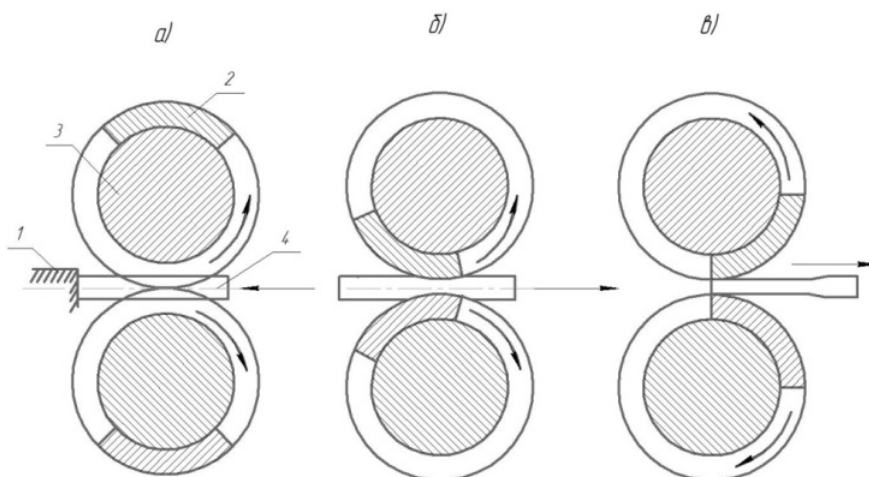


Рис. 6.8. Схема дії кувальних вальців:

*а – подача заготовки; б – початок деформування; в – закінчення вальцювання;
1 – упор; 2 – секторні штамп; 3 – робочі валки; 4 – заготовка*

Секторні штамп 2 (рис. 6.8) кріпляться на робочих валах 3, які встановлені на чавунних стійках, розміщених на фундаментній плиті, та

постійно обертаються в різні сторони. Заготовку 4 нагрівають до температури кування і подають у зазор між валками до упору 1 (рис. 6.8, а). Вона рухається в протилежний від упора бік і обтискається секторними штампами 2 (рис. 6.8, б), на зовнішній поверхні яких є струмки за формою необхідною виробу.

Кінцевий етап вальцювання наведено на рис. 6.8, в.

Існує три схеми кувальних вальців: двохопорні, консольні та комбіновані. Кувальні вальці використовуються для виготовлення найрізноманітніших деталей: поковок гайкових ключів, турбінних лопаток, плоскогубців, скоб, вил, ножиць, кос, заготовок для шатунів, фасонних заготовок для штампування на молотах і пресах.

Продуктивність вальцювання значно перевищує штампування.

При штампуванні метал деформується одночасно, а при вальцюванні послідовно, по частинах і зусилля визначається лише площею, якою в даний момент штамп стикається з металом заготовки. Тому зусилля деформування при вальцюванні набагато менші ніж при штампуванні.

Ротаційно-кувальні машини

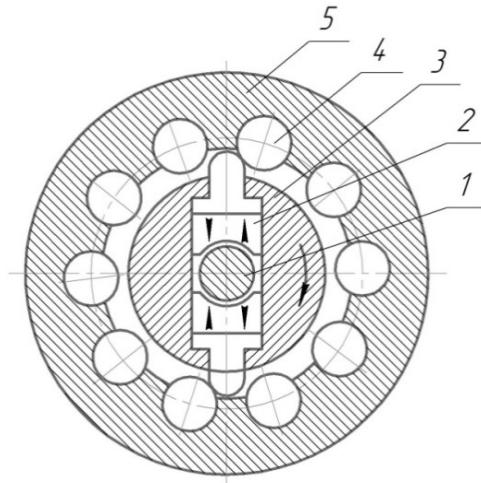
Ці машини застосовуються для обробки заготовок витягуванням (редуцируванням) у фасонних бойках при її деформуванні з різних сторін. Заготовка може знаходитись як у холодному, так і гарячому стані та має вигляд стержня або труби з круглим, прямокутним або фасонним перерізом. По довжині заготовки форма та розміри перерізу можуть бути змінними. Якість поверхні та висока точність (0,1–0,3 мм) в багатьох випадках виключають необхідність наступної обробки різанням.

На цих машинах виготовляють різного виду ступінчасті поковки з круглим, квадратним та фасонним перерізом, конічні валики, труби з конусними кінцями тощо.

Ротаційно-кувальні машини виготовляють двох видів: з обертовим шпинделем та нерухомою обоймою і, навпаки, з нерухожим шпинделем і обоймою (барабаном), який обертається. Машини першого типу більш поширені, вони мають можливість обробляти пруткові та трубні заготовки діаметром 2–80 мм в холодному і до 125 мм в гарячому стані. Машини другого типу використовують для обробки некруглих тіл.

Машина першого типу (рис. 6.9) працює наступним чином: при обертанні шпинделя 3 бойки 2, які розміщені в обоймі 5, за допомогою роликів 4 ковзають в пазах шпинделя та вдаряють по заготовці 1 і деформують її.

Після кожного удару бойки відкидаються від заготовки відцентровою силою. Швидкість обертання шпинделя, кількість роликів в обоймі та число бойків впливає на кількість і силу ударів.



*Рис. 6.9. Схема роботи ротаційно-кувальної машини:
1 – заготовка; 2 – бойки; 3 – шпиндель; 4 – ролики; 5 – обойма*

Ротаційно-кувальні машини з нерухомими бойками застосовують при виготовленні поковок простої форми (для протягування квадратних заготовок). В цих машинах бойки не обертаються, а ударяють по заготовці за рахунок обертання обойми з роликами. Повертання бойків у вихідне положення виконується зворотними пружинами.

Ротаційно-кувальні машини працюють автоматично за заданою програмою та виконують до декількох тисяч ударів в хвилину.

6.3. Холодне штампування. Суть процесу, його види та обладнання

Холодним штампуванням називають процес отримання виробів у штампах без попереднього нагріву металу. Холодним штампуванням виготовляють різні металеві деталі зі сталі, кольорових металів і їх сплавів при серійному та масовому виробництві. Його поділяють на об'ємне та листове.

Холодне об'ємне штампування майже повністю виключає наступну обробку різанням і забезпечує високу продуктивність праці, низьку вартість виготовлення деталей, їх високу точність і взаємозамінність, можливість отримувати деталі, як простої так і складної форми. Найбільшу продуктивність праці при холодному штампуванні забезпечують автоматичні лінії.

Найбільш характерними видами холодного об'ємного штампування є: витискування, висадка, осадка (холодне формування), калібрування, чеканка. Холодним об'ємним штампуванням виготовляються, як правило, невеликі деталі, наприклад, гвинти, гайки, болти, кільця, фланці та інші вироби із низьковуглецевих сталей, кольорових металів і їх сплавів.

Холодне об'ємне штампування майже повністю вимагає наступну обробку різанням і забезпечує високу продуктивність праці, низьку вартість виготовлення деталей, їх високу точність і взаємозамінність, можливість отримувати деталі, як простої так і складної форм. Найбільшу продуктивність праці при холодному штампуванні забезпечують автоматичні лінії.

Холодна об'ємна висадка та калібрування аналогічні відповідним процесам гарячого об'ємного штампування, а холодне витискання-пресуванню. Але вони забезпечують більшу точність і більшу якість поверхні деталей. Наприклад, точність становить $\pm 0,05-0,15$ мм.

Штампування витискуванням

Цим видом виготовляють деталі тіла обертання, наприклад, клапани. Цей вид штампування виконується в масивних закритих штампах і матрицях при тиску, який створює пуансон. Надлишки металу залишаються на торцях деталей, потім обрізаються.

Матеріалом для витискування є: сталь, кольорові метали та сплави у вигляді заготовок із сортового прокату, особливо із калібрувальних прутків і дроту діаметром 0,6–40 мм.

Штампування витискуванням на гідравлічних і механічних пресах відбувається прямим, зворотним і комбінованим способами (рис. 6.10).

При прямому способі холодного витискування (рис. 6.10, *а*) напрям руху виробу (металу) 3 співпадає з напрямом руху пуансона 1. При зворотному способі (рис. 6.10, *б*) – напрям руху виробу (металу) 3 направлений в протилежний бік від напрямку руху пуансона 1. При комбінованому способі (рис. 6.10, *в*) частина металу 3 тече в напрямку руху пуансона 1, а частина – в протилежний бік від напрямку руху пуансона 1.

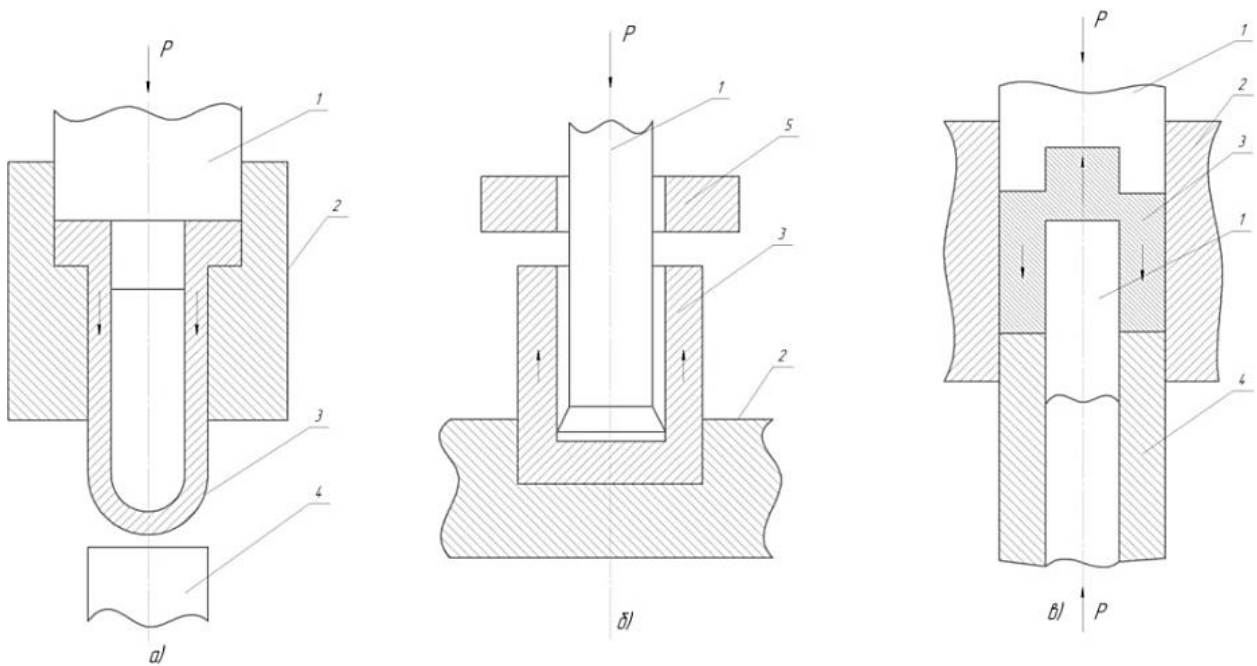


Рис. 6.10. Способи холодного витискування:

а – прямий; *б* – зворотний; *в* – комбінований; 1 – пуансона; 2 – матриця;
3 – виріб; 4 – виштовхувач; 5 – знімач

Зусилля витискування на пресі при холодному штампуванні визначається за формулою:

$$P = p F, \quad (6.3)$$

де F – площа проекції пуансона на площину, яка перпендикулярна до напрямку витискування, p – питомий тиск витискування.

При прямому витискуванні сталі $p = 10 \dots 18$ МПа, алюмінію – $p = 4 \dots 7$ МПа. При зворотному витискуванні сталі $p = 20 \dots 30$ МПа, алюмінію – $p = 8 \dots 12$ МПа.

При прямому витискуванні сталі в якості змащованого матеріалу для сталей застосовують дисульфід молібдена з омилюванням, а для алюмінію – тваринні жири, жирову емульсію.

Холодне штампування витискуванням застосовується в серійному та масовому виробництві і забезпечує високу продуктивність і точність виготовлення різних деталей.

Штампування висадкою

Холодне штампування висадкою – це утворення місцевих потовщень, як правило, на заготовках круглого перерізу. Воно виконується на одно-, двох- та трьох ударних холодновисадочних автоматах, які мають високу продуктивність праці – близько 400 виробів в хвилину, при цьому економиться

30–40% металу, порівняно з обробкою металів різанням. Вихідною заготовкою служить пруток або дріт діаметром 0,5–38 мм.

Залежності від форми та розмірів частини яка висаджується призначається число ударів. Відношення довжини частини заготовки, яка висаджується, до її діаметра не повинна перевищувати 2,5 при висадці за 1 удар, 8 – при висадці за 3 удари.

Холодною висадкою штамнують болти, гайки, шурупи, заклепки, цвяхи, гвинти, спиці, шпильки, шарики та ролики для підшипників кочення тощо.

Схему холодновисаджувального одноударного автомата наведено на рис. 6.11.

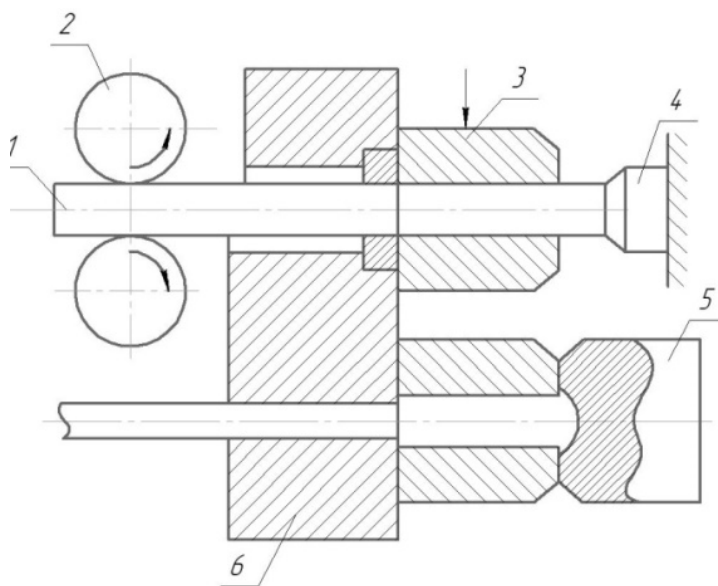


Рис. 6.11. Схема холодновисаджувального одноударного автомата:

1 – заготовка; 2 – ролик; 3 – матриця; 4 – упор; 5 – пуансон;
6 – виштовхувач

Заготовка 1, у вигляді прутка, подається роликами 2 до упору 4, після чого матриця 3 переміщується у вихідне положення та відрізає мірну величину заготовки. Після чого висадочний пуансон 5 ударом виконує висадку головки та повертається у вихідне положення. У вихідне положення повертається і матриця 3. Виріб видаляється виштовхувачем 6, який повертається у вихідне положення, і цикл виготовлення виробу повторюється.

Штамування осадкою (холодне формування)

Осадкою називають процес зменшення висоти заготовки при одночасному збільшенні площі її поперечного перерізу.

Осадку застосовують: в якості попередньої операції при виготовленні широких великих поковок, типу коліс, фланців, кілець; при виготовленні складних за формою деталей з площею горизонтальної проекції до 5000 мм² і

висотою до 25 мм (рис. 6.12); в якості попередньої операції при видаленні окалини та отримання більш однорідних механічних властивостей (підвищення їх механічних властивостей).

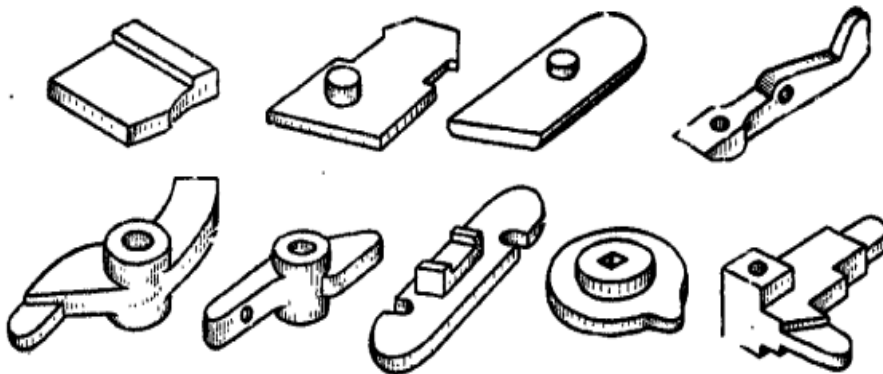
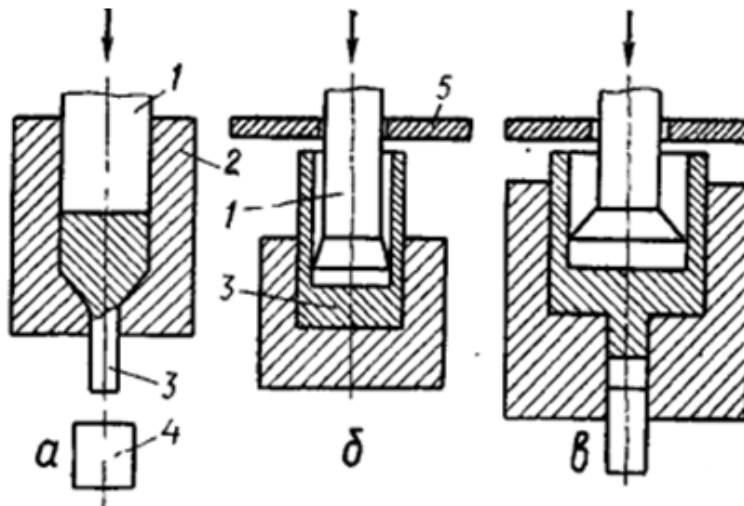


Рис. 6.12. Деталі, отримані холодним формуванням

Холодне формування виконують у відкритих і закритих штампах, на потужних кривошипних і гідравлічних пресах.

Вихідною заготовкою є заготовка із сортового прокату (прутка), яка отримана гарячим штампуванням. Заготовка може бути отримана точним литтям.

При осадці (холодному формуванні) розрізняють наступні види: осадку плоско паралельними бойками (рис. 6.13, а); відкриту осадку з витискуванням в одну або дві сторони для отримання бобишок, виступів (рис. 6.13, б); закриту осадку з течією металу в одну або дві порожнини штампу для формування часткових потовщень з одночасним формоутворенням необхідного контуру (рис. 6.13, в). Осадку (холодне формування) в закритих штампах застосовують в основному для виготовлення деталей зі сплавів кольорових металів. Осадку (холодне формування), як правило, виконують зі змащувальним матеріалом. Вона включає наступні операції: різання заготовок, осадку (холодне формування), обрізання задир (при відкритому штампуванні), калібрування (або зачистку).



*Рис. 6.13. Види осадки (при холодному формуванні):
 а – осадка плоскопаралельними бойками; б – відкрита осадка з витискуванням в одну або дві сторони для отримання бобишок, виступів;
 в – закрита осадка з течією металу в одну або дві порожнини штампку для формування часткових потовщень з одночасним формоутворенням необхідного контуру*

Калібрування, чеканка

Холодне калібрування – це процес підвищення точності розмірів і чистоти поверхні виробів, які обробляються штампуванням.

Калібрування проводить методом стиснення заготовки між поверхнями штампку.

Вироби, які калібруються, попередньо відпалюються для надання пластичних властивостей металу, очищають від окалини та покривають змащувальним матеріалом.

Калібрування виконують на кривошипних пресах, з невеликим ступенем деформування (5–10%).

До спеціалізованих процесів калібрування відноситься калібрування отворів. Це процес однократного або багатократного переміщення в отворі, який має менші розміри, ніж інструмент, кульок, оправок-дорна, спеціальної прошивки. При цьому проходить згладжування нерівностей, зміцнення поверхні, яка обробляється. Калібруванням отримують отвір 6–7 квалітетів точності та 9–10 класів шорсткості.

Чеканка

Чеканка – це процес, за рахунок якого утворюється випукло-вигнутий рельєф на поверхні деталі, підвищується точність розмірів і чистота поверхні виробу, який обробляється штампуванням.

Чеканку застосовують при виробництві монет, жетонів, столових приборів, медалей тощо. При чеканці потрібен великий питомий тиск (1200–3000 МН/м²) залежно від матеріалу деталі та складності рельєфа. Штампувальні заготовки для чеканки повинні бути з найменшими припусками, оскільки збільшення припусків призводить до збільшення зусиль чеканки та зменшення точності. Заготовки очищаються від окалини струменем піску або травленням.

Для чеканки застосовують кривошипні преси з жорсткими направляючими, і до цих пресів ставляться вимоги максимальної жорсткості.

Чеканочний прес з зусиллям до 800 т.с. і більше наведено на рис. 6.14.

Ці преси мають підсилений кривошипо-шатуний механізм 1, який приводиться в рух від електродвигуна 2. Повзун 5 переміщується за рахунок шатуна 3, який з'єднаний з ричагами 4.

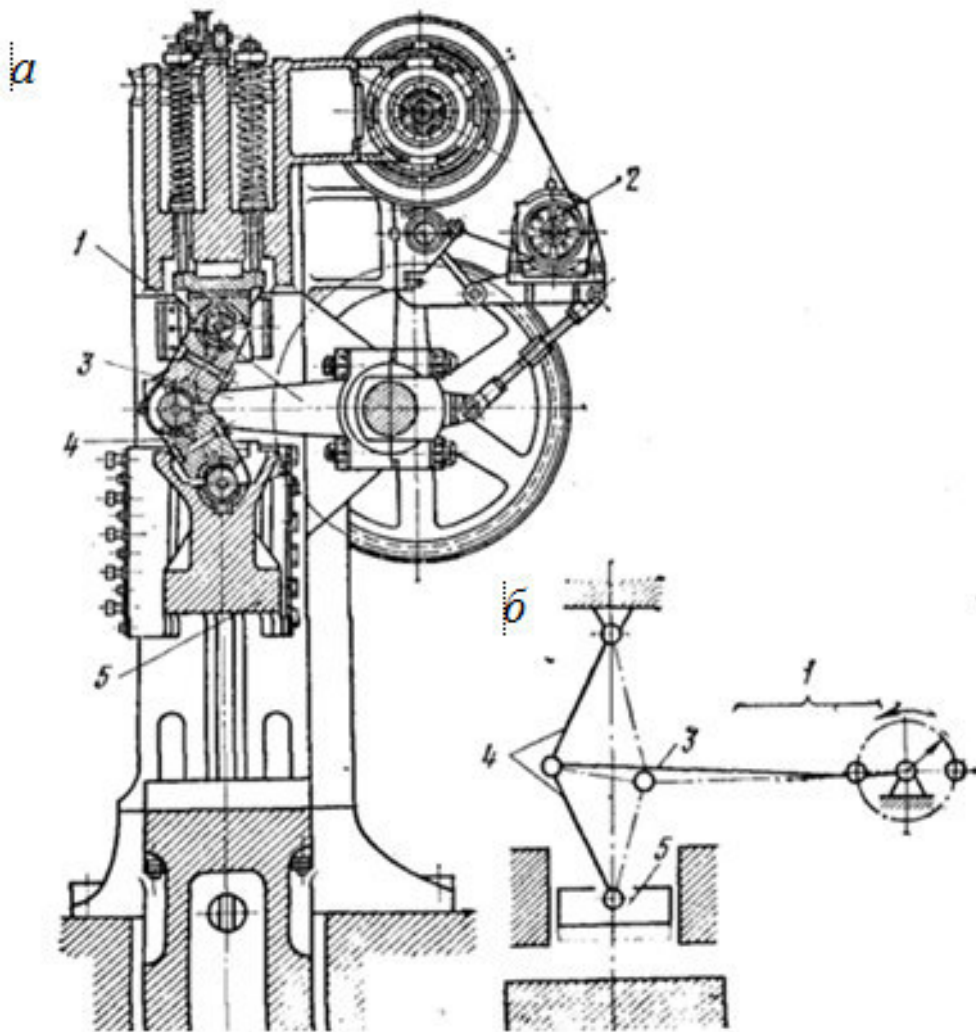


Рис. 6.14. Кривошипний чеканочний прес:
а – загальний вигляд; б – кінематична схема

6.4. Листове штампування. Суть процесу, його види та обладнання

Листове штампування відноситься до одного із найбільш ефективних методів обробки металів тиском і використовується для отримання деталей як простої, так і складної форми із матеріалів, які мають високу пластичність: низьковуглецева сталь, алюмінієві, магнієві сплави, латуні, мідь, сплав титану (штампується із підігрівом), а також неметалеві матеріали – текстоліт, картон, шкіра тощо.

Деталі, які виготовлені листовим штампуванням, широко застосовуються в автомобільній галузі, наприклад, деталі кузова автомобілів, капоти двигунів, різні прокладки, паливні баки тощо.

Листовим штампуванням виготовляють вироби із листового прокату товщиною до 20 мм, а метал товщиною до 10 мм, як правило, штамнують без нагріву, біль товщі листи нагрівають до кувальної температури.

До переваг листового штампування відноситься: економія витрат металу, невелика вага деталей, чистота поверхні виробів, можливість отримання виробів складної конфігурації з подальшим зварюванням, паянням, клепанням.

Гаряче листове штампування

Це штампування застосовують при виготовленні виробів зі сталей, які не мають достатньої пластичності в холодному стані та при штампуванні товстих листів із низьковуглецевої сталі. Цей вид штампування поширений при виробництві котлів, апаратів для хімічної галузі, в суднобудівництві. Штампування виконують головним чином на гідравлічних листоштампувальних пресах із зусиллям 2–12 МН, а дрібні вироби – на фрикційних гвинтових пресах.

Холодне листове штампування

Це спосіб виготовлення плоских і об'ємних тонкостінних виробів із листів, смуг або стрічок за допомогою штампів на пресах або без їх застосування (без пресове штампування) із матеріалів: листової сталі, алюмінію та його сплавів, міді, латуні, сплавів магнію тощо.

Просте штампування зводиться до вирізання, витягування та згинання. Складне – це поєднання перерахованих операцій.

Холодне листове штампування характеризується високою продуктивністю, стабільністю якості та точності, великою економією металу, низькою собівартістю виробів і можливістю повної автоматизації.

Операції холодного листового штампування розділені на два основних види: операції роздільного характеру та формоутворюючі.

Операції роздільного характеру: відрізка (розрізання листів на смуги або стрічки, розрізання смуг або стрічок на мірні частини); вирубка – отримання із листового матеріалу заготовок необхідного контуру; пробивання – утворення у заготовках отворів необхідної форми; обрізання припусків тощо.

Формоутворюючі операції: гнуття – надання листу або полосі визначенню форми; витягування – отримання заглиблень у листовому матеріалі, наприклад, при виготовленні ємностей; відбортовка – процес загину кромки на виробх циліндричної або евольвентної форми; обтискання – операція, яка призводить до зменшення площі перерізу деталі та збільшення її довжини; роздача – операція яка приводить до збільшення площі перерізу деталі в кінцевій частині; накатування – утворення на листових заготовках фасонної поверхні, наприклад, різьби на цоколі електроламп; рельєфне формування – утворення рельєфа у листовій заготовці з її місцевим деформуванням.

Відрізка

Повне відокремлення частини заготовки по незамкнутому контуру шляхом зсуву. Відрізання застосовується, як правило, як заготівельна операція для розкроювання листа на смуги заданої ширини та листові заготовки, які в подальшому поступають на штампування вирубкою.

Відрізку виконують на привідних паралельних, гільйотинних і дискових ножицях, а також на пресах за допомогою штампів.

Ножі у всіх ножиць виготовляють зі сталі марок Х12М, 5ХВ2С, 6ХС, У8А тощо з наступним загартуванням (твердість ножів становить HRC 54–60).

Тонкий матеріал ріжуть на ножицях з паралельним розміщенням різальних кромки ножів.

У гільйотинних ножицях різальні кромки ножів 1 і 2 (рис. 6.15) з метою зменшення зусиль різання нахилені один до другого під кутом створу.

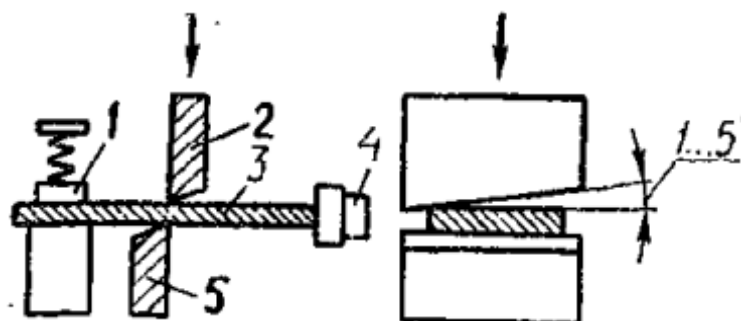


Рис. 6.15. Схема гільйотинних ножиць:

1, 2 – різальні кромки ножів; 3 – заготовка; 4 – упор; 5 – прижим

За допомогою упору 4 встановлюється необхідна ширина заготовки 3. Перед початком відрізки лист закріплюється прижимом 5.

На дискових ножицях листовий матеріал подається та розрізається на частини дисковими ножами, які обертаються (рис. 6.16). Різь може бути як прямолінійною, так і криволінійною.

Для отримання якісної поверхні зрізу відстань між різальними кромками ножів повинна складати 3–5% від товщини матеріалу, який розрізається.

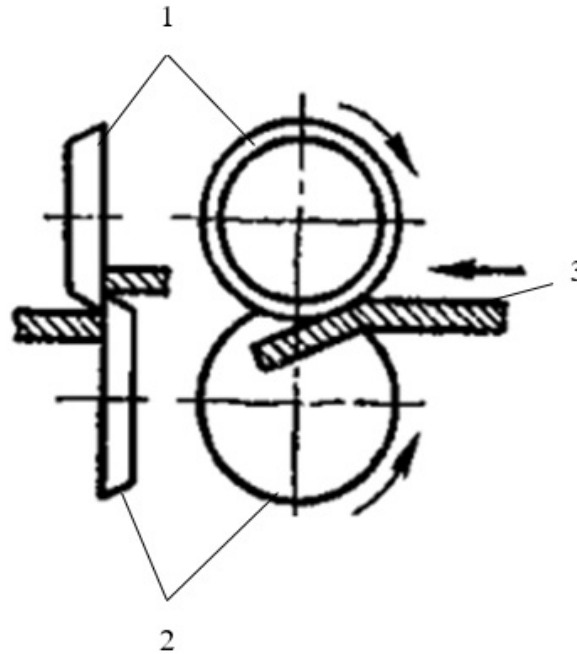


Рис. 6.16. Схема дискових ножиць:
1, 2 – дискові ножі; 3 – заготовка

Вирубка, пробивання отворів

При різанні (вирубці) листового матеріалу в штампах проходить відокремлення однієї частини матеріалу від іншої по замкнутому контуру на механічних або гідравлічних пресах (рис. 6.17).

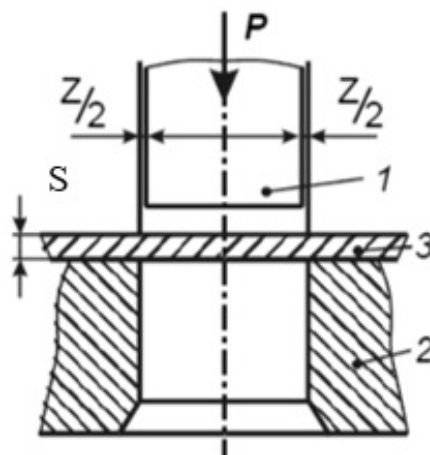


Рис. 6.17. Схема вирубк:
1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – заготовка (лист)

Роль верхнього ножа виконує пуансон, а нижнього нерухомого – матриця. При цьому пуансон має менші розміри ніж отвір в матриці, утворюючи тим самим зазор. За допомогою штампів можна проводити наступні основні процеси різання: відрізки, вирубки-вирізки, пробивання, надрізки, розрізки (відокремлення штампівок однієї від іншої), обрізки, зачистку. Деякі із цих операцій можуть бути об'єднані в одному штампі.

При вирубці частина листа, яка видаляється, є потрібною нам заготовкою, при пробиванні частина, яка вирізається, є відходом, а частина, яка залишилася, – виробом.

Зусилля вирубки-пробивки прямопропорційні периметру зрізу, товщині листа і межі міцності матеріалу, що штампується та визначається за формулою:

$$P = k L S \tau_{зр}, \quad (6.4)$$

де k – коефіцієнт, рівний 1,1–1,3, який враховує властивості металу, товщину листа, форму та розміри вирубу, який вирубується тощо; L – довжина контуру деталі, яка вирубується, мм; S – товщина матеріалу, мм; $\tau_{зр}$ – опір зрізу, кгс/мм², приймається рівним $(0,80–0,86)\sigma_B$.

У процесі вирубки велике значення має зазор між пуансоном і матрицею (різниця робочих розмірів матриці та пуансона), від цього залежить величина зусилля, якість поверхні, точність деталі, спрацювання та стійкість штампі. Оптимальний зазор $Z = (0,05 \dots 0,1)\delta$, при якому досягаються найкращі результати. Цей зазор залежить від товщини та виду матеріалу, який штампується, режиму роботи преса (число подвійних ходів в хвилину).

При застосуванні штампів з похилими різальними кромками пуансона та матриці зменшує зусилля вирубки на 30–50% і забезпечує більш плавну роботу преса.

При вирубці, коли деталь повинна бути плоскою, відхід (смуга) має вигнуту, косу різальну кромку, що виникає від матриці, а пуансон – плоский. При пробиванні отворів скос робиться на пуансоні, а матриця повинна бути плоскою. При цьому деталь отримуємо плоскою, а відхід, який видаляється із матриці буде вигнутий.

Для вирубки деталей простої форми із заготовок товщиною до 4 мм пуансон і матрицю виготовляють із інструментальної вуглецевої сталі марок У10А і У8А. Для вирубки деталей складної форми із заготовок товщиною більше 4 мм пуансон і матрицю виготовляють із легованої сталі марок Х12М, 9ХВГ, 5ХВ2С, Х12ТФ, Х12 тощо. Пуансон і матрицю термічно обробляють – загартовують з наступним відпуском, в подальшому шліфують і полірують

робочу поверхню. Чистота робочої поверхні досягає 8 класу, а твердість HRC62.

При роботі різальні кромки змащують машинним, веретенним і трансформаторним маслом. При штампуванні латуні різальні кромки змащують мильною емульсією.

Обрізання припусків

З метою підвищення класу точності та чистоти поверхні до 8-го класу деталей застосовуються зачисні операції. Зачистка застосовується для зрізання припуску, який залишений при вирубці на спеціальних зачисних штампах.

Гнуття

Формозмінна операція для отримання вигнутої деталі із плоскої заготовки (рис. 6.18) при утворенні чи зміні кутів між її частинами або надання їй криволінійної форми. Процес гнуття застосовується, коли потрібно отримати із плоскої заготовки вигнуту деталь.

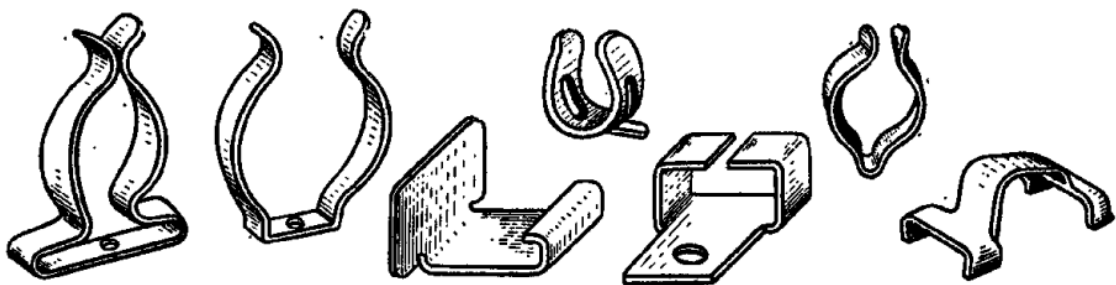


Рис. 6.18. Види деталей, отримані гнуттям

Гнуття буває однокутове V-подібне (рис. 6.19, а), двохкутове U-подібне (рис. 6.19, б) і багатокутове.

Основними параметрами, що визначають вимоги до операції гнуття, є кут загину β товщина листа s , мінімальний внутрішній загин R (рис. 6.19, а, б) і властивості матеріалу заготовки. Пуансон втискує лист у матрицю, формуючи згин із заданим кутом і радіусом загибу на потрібній довжині, при цьому проходить стиснення внутрішніх шарів металу, які прилеглі до пуансона і розтягування зовнішніх шарів, які прилеглі до матриці, в напрямку довжини заготовки. Ця деформація буде тим більшою, чим менше радіус загибу R . Мінімальне значення радіуса загибу визначається за формулою:

$$R_{min} = (0,1 \dots 5)s, \quad (6.5)$$

де s – товщина, мм.

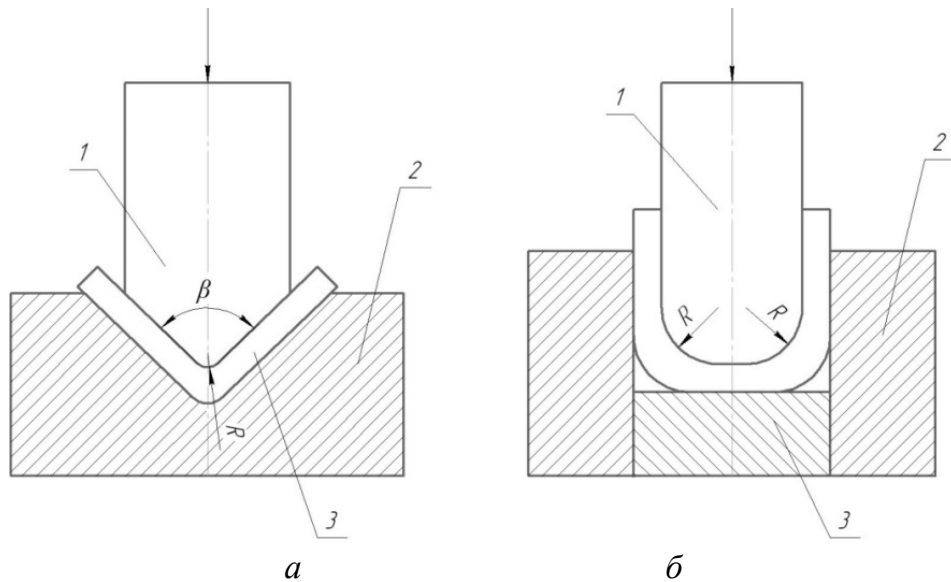


Рис. 6.19. Види гнуття:

а – однокутове V-подібне; *б* – двохкутове U-подібне: 1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – виріб

Величина R_{min} і ймовірність руйнування зменшується, якщо шари при гнутті розтягуються вздовж волокон металу, а задири після вирубки заготовки мінімальні та розміщені в зоні стиску, але розтягу заготовки.

Шар металу, який не стискається і не розтягують, називається нейтральним. Цей шар розміщений приблизно посередині товщини заготовки і по його розгорнутій довжині, порохованій по кресленню деталі, визначається довжина заготовки.

Заготовку слід згинати перпендикулярно до напрямку прокатування, щоб стиснення та розтяг від згинання йшов в напрямку волокон металу. При цьому досягаються мінімальні радіуси згинання.

При гнутті необхідно враховувати пружні властивості металу і виконувати згинання на кут, який відрізняється від заданого в готовому виробі. Цей кут пружності залежить від властивостей матеріалу, його товщини та відношення радіуса згинання до товщини листа і для різних сталей знаходиться в межах 1–8°.

При вільному V-подібному гнутті зусилля визначаються за формулою:

$$p = 0,7Bs^2\sigma_B/(R + s), \quad (6.6)$$

де B – ширина заготовки; s – товщина заготовки; R – радіус загиначу; σ_B – границя міцності на розрив.

На рис. 6.20 наведено схему гнуття втулки.

Спочатку проходить попереднє гнуття заготовки між матрицею 1 і оправкою 2, потім рухома напівматриця формує ліву, а нерухома напівматриця 4 – праву полки заготовки. При нижньому положенні пуансона 5 преса втулка кінцево обтискається напівматрицями на оправці.

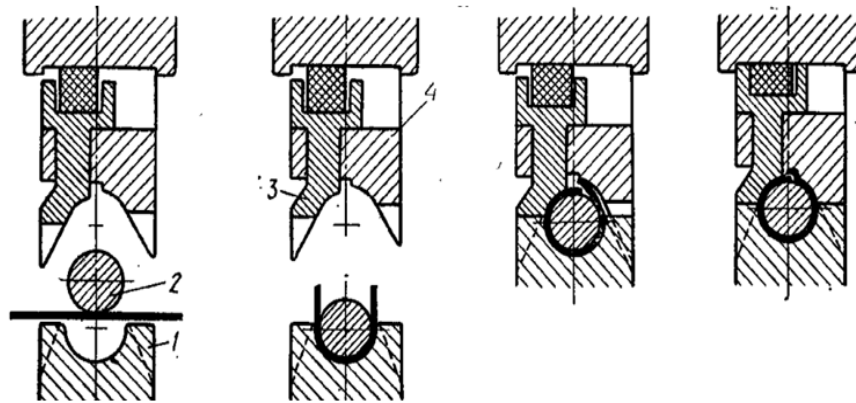


Рис. 6.20. Схема гнуття втулки:

1 – матриця; 2 – оправка; 3 – рухома напівматриця;
4 – нерухома напівматриця; 5 – пуансон

Для гнуття застосовуються наступні штампи: прості однокутові та двохкутові; послідовної дії (для вирубки виробу з наступним пробиванням в ній отвору); комбіновані для одночасної вирубки та гнуття. Гнуття виконують на кривошипних (ексцентрикових) пресах, горизонтально-згинальних машинах, гідравлічних пресах і на спеціальних згинальних автоматах.

Витягування

Формозмінна операція для перетворення плоскої або порожнистої заготовки у відкритий зверху порожнистий виріб за допомогою витягувальних штамів (рис. 6.21).

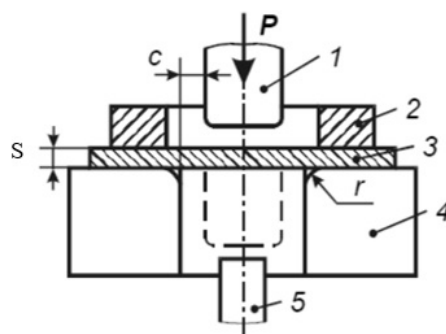


Рис. 6.21. Схема витягувального штампа:

1 – пуансон; 2 – притискач; 3 – заготовка (лист);
4 – матриця; 5 – виштовхувач

Витягуванням отримують деталі із листа товщиною від 0,02 до 30 мм і з розмірами від десятих долей міліметра до декількох метрів: кузова легкових автомобілів, посуд, гільзи, ковпачки, коробчаті деталі тощо (рис. 6.22).

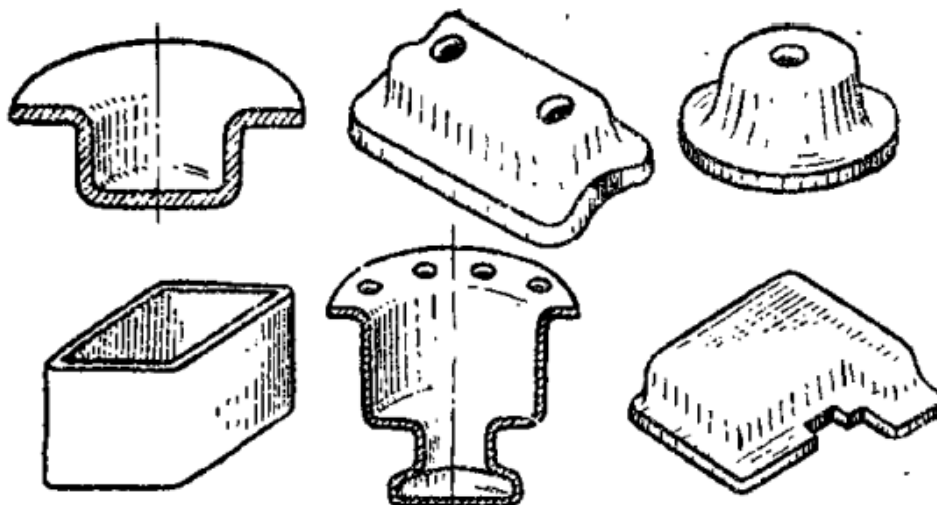


Рис. 6.22. Деталі, отримані витягуванням

Розрізняють два види витягування: без утонення (потовщення) стінок (рис. 6.21), з потоншенням стінок (рис. 6.23). При витягуванні без утонення стінок вирубану заготовку тиском пуансона втягують в отвір матриці, при цьому витягування виконується із застосуванням притискачів і застосовують для штампування глибоких посудів із тонкого матеріалу. Зазор між матрицею та пуансоном повинен бути більше товщини листа s , із якого виготовляється деталь. Як правило, $c = (1,05 \dots 1,2)s$.

В процесі витягування деталей проходить наклеп (зміцнення) металу. Тому з метою відновлення властивостей металу для забезпечення наступних операцій витягування застосовують низькотемпературний відпал. Вироби із тонкої сталі ($s < 2$ мм) відпал при температурі $600\text{--}650^\circ\text{C}$, а при ($s > 2$ мм) $650\text{--}700^\circ\text{C}$. Для мідних виробів температура відпалу $400\text{--}450^\circ\text{C}$, для латуні – $500\text{--}540^\circ\text{C}$, для алюмінієвих сплавів – $230\text{--}250^\circ\text{C}$.

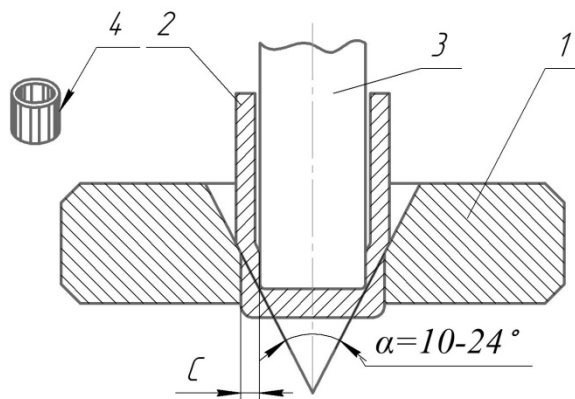


Рис. 6.23. Схема витягування з потоншенням стінки:
 c – зазор між матрицею та пуансоном; 1 – матриця;
 2 – заготовка, яка деформується; 3 – пуансон; 4 – виріб

Відпал виконують в електричних печах шахтного типу або застосовують безокислювальний (світлий) відпал в середовищі водню, азоту, парів води тощо. Для виконання місцевого відпалу частини заготовки, яка є найбільш наклепана, застосовують індукційний нагрів струмом промислової частоти. Після відпалу виробу проводять травлення в розплавлених солях з наступним промиванням у воді, нейтралізацією в лужному розчині та сушкою для знімання з них окалини.

Якщо витягування виконується в декілька переходів з великою деформацією, то відпал виконується багаторазово. В деяких випадках наклеп не погіршує якість виробу, а навпаки, підвищує пружність, тоді відпал не виконується.

Для зменшення тертя між заготовкою, притискачем і робочою поверхнею матриці застосовують змащувальний матеріал для заготовки та штампу.

При витягуванні з потоншенням стінок (рис. 6.23), зазор між матрицею та пуансоном менше товщини стінки вихідної заготовки, яка стискається між поверхнями пуансона і матриці. Стінка тоншає та одночасно видовжується, а товщина дна залишається незмінною. Розміри заготовки визначаються із умов рівності об'ємів металу заготовки та виробу, при цьому за один прохід товщина стінки може бути зменшена у 1,5–2 рази.

Для запобігання сильного наклепу під час витягування пуансон і матриця повинні мати заокруглення r ($r = (1 \dots 10)s$).

У процесі витягування по краях ковпачка за рахунок наявності надлишкового матеріалу утворюються складки (гофра).

Для запобігання утворення складок застосовується складкотримач, який притискає фланець заготовки до матриці або притискне кільце, внаслідок чого матеріал, який деформується, не утворює гофри, а переміщується в радіальному напрямку під дією пуансона. При виготовленні неглибоких виробів притискачі не застосовуються, оскільки складки майже не утворюються або вигладжуються при проходженні через матрицю.

Розрив заготовки не проходить, коли відношення діаметра заготовки до діаметра виробу не більше величини K_B (коефіцієнт витяжки)

$$K_B = \frac{d_{\text{заг}}}{d_{\text{вироб}}} = 1,5 \dots 2. \quad (6.7)$$

Якщо із заготовки необхідно отримати більш довшу деталь меншого розміру, витягування проводять в декілька операцій.

Витягування виконують на витягувальних штампах, які поділяються на штампи первинної витяжної операції та штампи для другої і наступних

операцій. Залежно від типу обладнання, на якому вони будуть встановлені, їх поділяють на штампи для пресів простої дії та штампи для пресів подвійної та потрійної дії.

Штампи первинної витяжної операції складаються із матриці, яка встановлена на нижній плиті, і пуансона, який закріплений в повзуні преса. За допомогою цих штампів виготовляють неглибокі полі вироби. Для виготовлення виробів з глибоким витягуванням застосовуються штампи з прижимним засобом для запобігання утворення складок.

Преси потрійної дії застосовуються для виготовлення складних великогабаритних виробів, в яких витягування виконується в різних напрямках (вверх або вниз).

Для одночасної операції вирубки та витягування застосовуються комбіновані витягувальні штампи, які можуть бути встановлені на пресах простої та подвійної дії.

Відбортовка

Формозмінна операція для утворення борта по внутрішньому або зовнішньому контуру листової заготовки.

По внутрішньому контуру отвір діаметром d переходить в отвір великого діаметра D з циліндричними або пологими бортами висотою H і радіусом r (рис. 6.24).

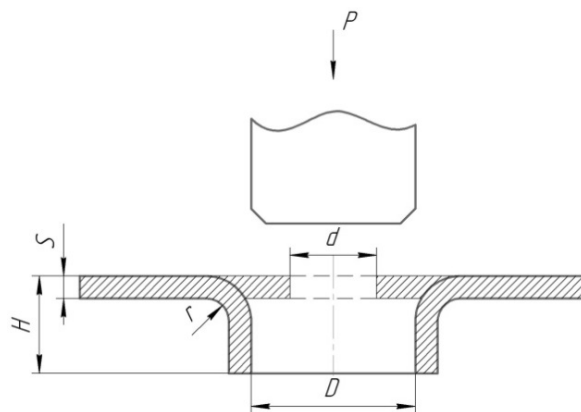


Рис. 6.24. Приклад відбортовки по внутрішньому контуру

Відбортовка супроводжується деяким розтягуванням матеріалу, величина якого залежить від властивостей і його товщини, кута відбортовки та розміру кромки. Щоб при розтягуванні на матеріалі не утворилися тріщини, перед відбортовкою матеріал нагрівають до кувального стану. Відбортовка виконується машинним і ручним способами та потрібна при підготовці баків для пайки, зварювання при виготовленні фланців.

При відбортовці отвору метал в зоні деформування розтягується і утоняється. Для запобігання утворення поздовжніх тріщин необхідно, щоб коефіцієнт відбортовки ($K_{\text{від}}$) знаходився в межах:

$$K_{\text{від}} = \frac{D}{d} = 1,2 \dots 1,8. \quad (6.8)$$

Значення $K_{\text{від}}$ залежить від механічних властивостей металу та відносної товщини заготовки $\frac{s}{d}$. Діаметр отвору під відбортовку визначається по залежності

$$d = D - \pi \left(r + \frac{s}{2} \right) - 2H. \quad (6.9)$$

Відбортовка виконується в один або декілька переходів в штампах на пресах або поступовим деформуванням металу роликми (при обробці великогабаритних деталей).

При відбортовці досягається економія металу, а також скорочується число операцій порівняно з виготовленням тих же деталей шляхом витягування.

Обтискання

Формозмінна операція із зменшення діаметра відкритої кінцевої частини попередньо витягнутого порожнистого виробу (рис. 6.25). Для цього в порожнину заготовки розміщують нероз'ємну матрицю, яка має форму готового виробу. При деформуванні товщина стінки виробу дещо збільшується.

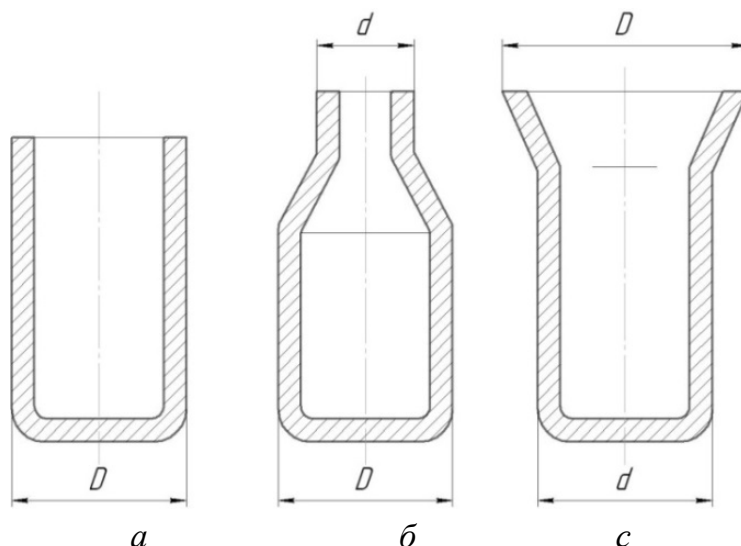


Рис. 6.25. Приклад обтискання та роздачі:

а – вихідна заготовка; б – заготовка після обтискання; в – заготовка після роздачі

Для запобігання утворення поздовжніх складок в частині, яка обтискається, необхідно витримувати коефіцієнт обтискання ($K_{об}$):

$$K_{об} = \frac{D}{d} = 1,2 \dots 1,4. \quad (6.10)$$

При цьому в середину заготовки встановлюють розрівнювальний стержень.

Штамп для обтиснення складається із рухомої та нерухомої матриці 1 і втулки 2 (рис. 6.26).

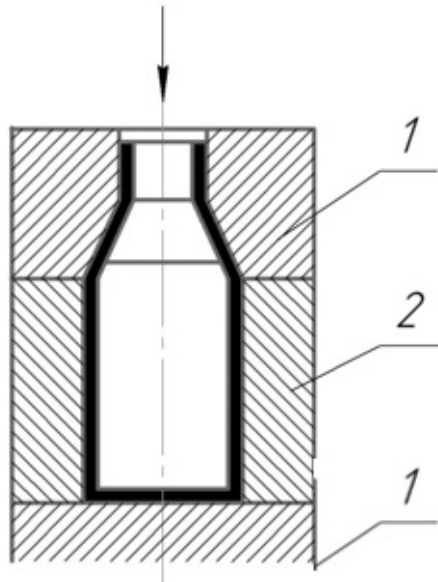


Рис. 6.26. Штамп для обтиснення:
1 – рухома і нерухома матриця; 2 – втулка

Роздача

Формозмінна операція для збільшення діаметра відкритої кінцевої частини циліндричної заготовки або труби. Виконується роздача за рахунок поступового втиснення в неї конічного пуансона (рис. 6.25).

Накатування

Формозмінна операція для отримання зовнішніх фасонних поверхонь за рахунок вдавлювання інструменту в матеріал заготовки та видавлювання його частин у впадини інструменту. Цим методом виготовляють різьби, мілкомодульні зубчаті колеса, мілкощліцеві вали, рифлення та клеймування (рис. 6.27).

До передач накатування відноситься висока продуктивність, висока якість, низька вартість деталей, висока зносостійкість деталей та висока міцність.

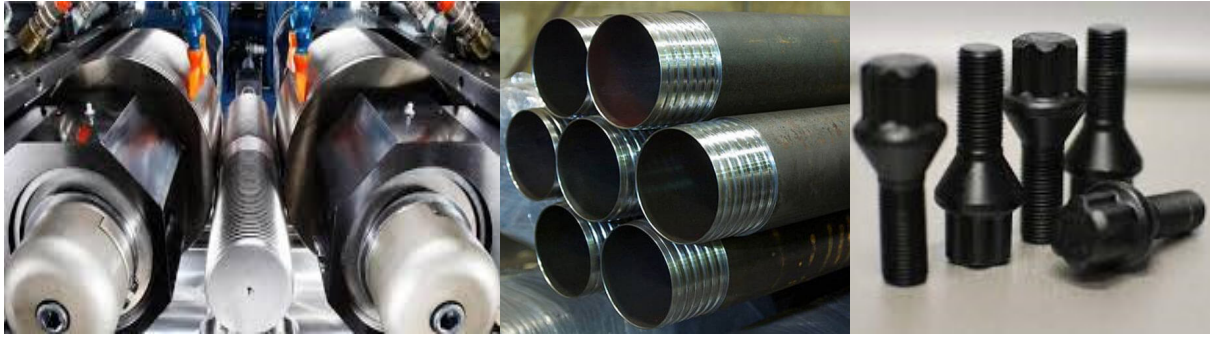
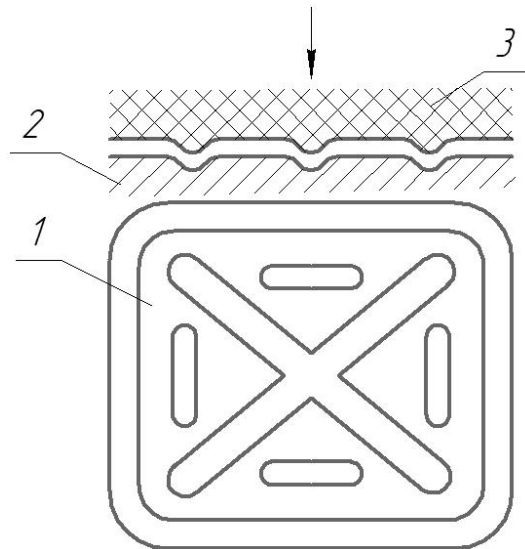


Рис. 6.27. Деталі, отримані накатуванням

До передач накатування відноситься висока продуктивність, висока якість, низька вартість деталей, висока зносостійкість деталей та висока міцність.

Рельєфне формування

Формозмінна операція для зміни форми заготовки або напівфабрикату за рахунок місцевої деформації, наприклад, виготовлення ребер жорсткості (рис. 6.28).



*Рис. 6.28. Схема рельєфного деформування:
1 – виріб; 2 – матриця; 3 – гумова подушка*

Використана література

1. Zbigniew Pater, Grzegorz Samoluk. Podstawy teoretyczne obróbki plastycznej metali. Instytut Nauk Technicznych. Państwowa wyższa szkoła zawodowa w Chelmie. Chelm 2007.

2. Scientific bulletin of chelm. Section of technical sciences. № 2/ 2007. Chelm 2007. ISBN 978-83-61149-16-3.

3. Пахаренко В. Л., Марчук М. М., Івасюк П. І. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (обробка металів різанням, тиском та зварювання) Лабораторний практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 126 с.

4. Пахаренко В. Л., Марчук М. М. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (металургія, ливарне виробництво) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2009. 179 с.

5. Справочник технолога машиностроителя : в 2 т. / под ред. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р. К. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.

6. Дриц М. Е., Москалев И. А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. М. : Выс. шк., 1990. 440 с.

7. Казаков Н. Ф., Осокин А. М., Шишкова А. П. Технология металлов и других конструкционных материалов. М. : Metallurgiya, 1975. 688 с.

8. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник для студ. вищ. нав. закл. Львів : Світ, 2006. 624 с. ISBN 966–603–452–2

9. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : навч. посіб. для вищих навчальних закладів : у 2-х кн. Львів, 2002. Книга 1. 264 с.

10. Пахолюк А. П., Пахолюк О. А. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : підручник для студ. вищ. нав. закл. Львів : Світ, 2005. 172 с. ISBN 966–603–387–9

11. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. для учнів проф. навч. закл. / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатько. К. : Либідь, 2002. 328 с. ISBN 966–06–0247–2

12. Технология металов и конструкционные материалы : учебник для машиностроительных техникумов / Б. А. Кузьмин, Ю. Е. Абраменко, М. А. Кудрявцев и др. ; под общ. ред. Б. А. Кузьмина. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1989. 496 с. ISBN 5–217–00367–7

13. Технология металов и других конструкционных материалов / К. М. Скобников, Г. А. Глазов, Л. В. Петраш, Г. Т. Оболдуев, В. Ф. Благирева. М. : Машиностроение, 1972. 520 с.

14. Остапенко Н. Н., Кропивницкий Н. Н. Технология металлов : учебник для профессионально-технических училищ. Изд. 2-е. М. : Высш школа, 1970. 344 с.
15. Никифоров В. М. Технология металлов и конструкционные материалы. Л. : Машиностроение, Ленигр. отд-ние, 1987. 363 с.
16. Кропивницкий Н. Н., Кучер А. М., Пугачева Р. В., Шорников П. Н. Технология металлов : учебник для средних профессионально-технических училищ. Изд. 3-е. Л. : Машиностроение, Ленигр. отд-ние, 1980. 151 с.
17. Технология конструкционных материалов / Прейс Г. А., Солдогуб Н. А., Рожнецкий И. А. и др. ; под общ. ред. Г. А. Прейса. К. : Выс. шк., 1983. 352 с.
18. ГОСТ 1435-99. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.
19. ГОСТ 5950-2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.
20. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Общие технические условия.

Контрольні питання

1. Загальна характеристика обробки металів тиском.
2. Фактори, які впливають на пластичність металу.
3. Класифікація процесів обробки металів тиском.
4. Фізико-механічні основи обробки металів тиском.
5. Поняття про холодну та гарячу обробку тиском.
6. Суть процесу прокатування.
7. Класифікація прокатування.
8. Будова прокатних станів та їх класифікація. Види валків.
9. Продукція прокатного виробництва.
10. Схеми робочих клітей при прокатуванні.
11. Абсолютні та відносні коефіцієнти прокатування.
12. Коефіцієнт витяжки при прокатуванні.
13. Виготовлення труб великого діаметра.
14. Виготовлення заготовок кульок і роликів.
15. Суть процесу волочіння.
16. Будова волочильних станів та їх класифікація. Інструмент.
17. Технологія волочильного виробництва.
18. Будова волок.
19. Особливості волочіння труб та інших полих профілів.
20. Виробництво дроту і тонкостінних труб, калібрування.
21. Суть процесу пресування.
22. Класифікація пресування.
23. Обладнання та інструмент для пресування.
24. Продукція, отримана пресуванням.
25. Класифікація та суть процесу кування.
26. Основні операції кування.
27. Знаряддя та інструмент для кування.
28. Гаряче об'ємне штампування. Суть процесу та його види.
29. Обладнання для гарячого об'ємного штампування.
30. Холодне штампування. Суть процесу та його види.
31. Листове штампування. Суть процесу та його види.

Навчальне видання

*Пахаренко Володимир Леопольдович
Марчук Микола Михайлович
Ігнатюк Роман Михайлович*

**ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ
(СУЧАСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ)**

Навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

Технічний редактор

Галина Сімчук

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*