

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) рівень _____
(другий (магістерський) рівень)

на тему: Аналіз технології виготовлення середньогабаритних деталей методом гарячого об'ємного штампування _____

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1362

Верченко Анжеліка Олександрівна _____

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія _____

(шифр і назва)

спеціалізація

Металургія _____

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Обробка металів тиском _____

(шифр і назва)

Керівник Явтушенко А.В. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Запоріжжя - 2023 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
другий (магістерський) рівень

Спеціальність 136 металургія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма обробка металів тиском
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. Белоконь

“ 07 ” 05 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Верченко Анжеліка Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкта) Аналіз технології виготовлення середньо габаритних деталей методом гарячого об'ємного штампування

керівник роботи (проєкту) Явтушенко Анна Володимирівна к.т.н, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від “07” 05 2023 року № 385-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) Визначення середніх величин зниження температури заготівлі зі Сталі 40, розміром 81×50 при її переносі між позиціями та на штампувальних переходах, а також аналітична залежність визначення температури поковки в кожному переході штампування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналіз технології гарячого штампування. Обладнання

та методика гарячого об'ємного штампування. Розробка технології гарячого штампування середньогабаритних деталей. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення, презентаційний матеріал на 15 слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Літературний огляд</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Розрахунково-дослідницька частина</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Індивідуальне завдання</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Явтушенко А.В., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 07.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>30.11.2023</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>30.11.2023</i>	
3	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.11.2023</i>	
4	<i>Розрахунково-дослідницька частина</i>	<i>19.11.2023</i>	
4	<i>Індивідуальне завдання</i>	<i>26.11.2023</i>	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>30.11.2023</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>30.11.2023</i>	

Студент _____ А.О.Верченко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ А.В. Явтушенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ключові слова: ГАРЯЧЕ ШТАМПУВАННЯ, ПОКОВКИ, ЗУСИЛЛЯ, МЕТАЛ,МОЛОТ,ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра містить 92 сторінок, 2 таблиць, 19 рисунків, 20 джерел.

Тема дослідження - технології виготовлення середньо габаритних деталей методом гарячого об'ємного штампування.

Мета роботи - проаналізувати технологію виготовлення деталей методом гарячого об'ємного штампування.

Метод розрахунків - стандартні методики розрахунків технологічного процесу, припуски та ковальські напуски та виконання операцій виготовлення.

У дослідницькій частині розглянуті види дефектів при гарячій обробці заготовки, методи їх визначення та також методи усунення таких дефектів.

У розрахунковій частині розглянуто алгоритм розрахунку технологічного процесу вироблення таких деталей як втулка та опора. Розробка креслення даних поковок та розраховані припуски та напуски для цих деталей.

У розділі «Охорона праці» розглянуто такі заходи, як заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів, гігієни виробництва та праці та заходи щодо забезпечення пожежної безпеки. Розроблено заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки, пожежної і техногенної безпеки.

ABSTRACT

Keywords: HOT STAMPING, FORGING, EFFORT, METAL, HAMMER, VOLUME STAMPING.

The explanatory note to the master's thesis contains 92 pages, 2 tables, 19 figures, 20 sources.

The topic of research is the technology of manufacturing medium-sized parts by the method of hot three-dimensional stamping.

The purpose of the work is to analyze the technology of manufacturing parts by the method of hot three-dimensional stamping.

Method of calculations - standard methods of technological process calculations, allowances and forging allowances and execution of manufacturing operations.

In the research part, the types of defects during hot processing of the workpiece, methods of their determination, and also methods of eliminating such defects are considered.

In the calculation part, the calculation algorithm of the technological process of the production of such parts as a bushing and a support is considered. Development of drawing data for forgings and calculated allowances and allowances for these parts.

In the section "Occupational safety" such measures as measures to ensure the safety of technological processes, production and labor hygiene and measures to ensure fire safety are considered. Measures have been developed to improve working conditions, electrical safety, fire and man-made safety.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз технології гарячого штампування	9
1.1 Загальні відомості.....	9
1.2 Можливості процесу гарячого об'ємного тиснення:.....	12
1.3 Штампувальні струмки.....	12
1.4 Закрита штамповка.....	13
1.5 Відкрите штампування.....	14
1.6 Штампування видавлюванням.....	19
1.7 Висновки до розділу 1.....	24
2 Обладнання та методика гарячого об'ємного штампування.....	25
2.1 Обладнання потрібне для роботи.....	25
2.2 Штампування на кривошипних гаряче штампувальних пресах.....	28
2.3 Технологічний процес гарячого об'ємного штампування.....	28
2.4 Дослідження дефектів при термообробці.....	31
2.4.1 Види дефектів на виробництві.....	31
2.4.2 Призначення допусків.....	33
2.4.3 Технологічні передумови точності гаряче штампованих заготовок.....	36
2.4.4 Призначення допусків.....	39
2.4.5 Дефекти, що виникають при термічній обробці.....	39
2.4.6 Методи виявлення дефектів.....	41
2.4.7 Методи виправлення дефектів.....	42
2.4.8 Температурно-силові характеристики гарячого штампування КГШП.....	43
2.5 Висновок до розділу 2.....	52
3 Розробка технології гарячого штампування середньогабаритних деталей.....	54
3.1 Розробка технологічного процесу штампування деталі «втулка».....	54
3.1.1 Визначення вихідного індексу.....	54

3.1.1.3 Припуски та ковальські напуски.....	55
3.1.2 Розрахунок технологічного процесу.....	55
3.2 Розробка технологічного процесу штампування деталі «опора»....	63
3.2.1 Розробка креслення поковки «опора».....	63
3.2.1.1 Вихідні дані деталі.....	63
3.2.1.2 Визначення вихідного індексу.....	64
3.2.1.3 Припуски та ковальські напуски.....	65
3.3 Розрахунок технологічного процесу.....	72
3.4 Висновки до розділу 3.....	72
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	73
4.1 Заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів.....	74
4.2 Заходи щодо забезпечення гігієни виробництва та праці.....	76
4.3 Заходи щодо забезпечення пожежної та техногенної безпеки.....	79
Загальні висновки.....	86
Перелік джерел посилання.....	87
ДОДАТКИ.....	89

ВСТУП

Обробка металів тиском (прокатка, кування, штампування) широко застосовується практично у всіх галузях промисловості. Це зумовлено високою якістю одержуваної продукції, високою продуктивністю, високою продуктивністю та економічністю виробництва.

Гаряче штампування деталей машин та інших металевих виробів — древній процес металообробки, який на сьогодні набув найбільшого поширення завдяки високій продуктивності, економічності та якості продукції. Вважається, що виготовлення деталей методом різання металу має незаперечні переваги перед штампуванням металу з точки зору точності розмірів та якості поверхні. Однак економічне використання металів при виготовленні поковок закладено в концепції пластичної обробки металів тиском, що полягає у перетворенні заготівлі простої форми на складнішу поковку. Форми того самого обсягу.

Відходи, що утворюються під час виробництва поковок, характеризують технічну складність цього способу виробництва.

Можливість використання високої швидкості деформації, високошвидкісних кувальних пресів та невеликої кількості необхідних, порівняно простих технологічних операцій визначає короткий робочий цикл та високу продуктивність ковальсько-штампувального виробництва. Штамповані вироби характеризуються високими механічними властивостями, а найкращими металами є ті, що пройшли деформацію та термічну обробку.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ

1.1 Загальні відомості

Сутність процесу гарячого штампування полягає в тому, що готовий виріб з металу отримують з нагрітої до певної температури заготовки, впливаючи на неї тиском, для чого використовується спеціальний штамп. При виконанні гарячої штампування температура заготовки змінюється від стану просто нагрітої поверхні до кувальної. Щоб обмежити протягом нагрітого металу в непотрібному напрямку, на окремих ділянках внутрішньої поверхні штампа виконують спеціальні порожнини і виступи. Таким чином, внутрішня поверхня штампа формує замкнуту порожнину (струмок), конфігурація якої повністю відповідає формі готового виробу.

Гаряча об'ємна штампування (ГОШ) виконується на металевих брусках різного профілю – квадратного, прямокутного, круглого або періодичного. В окремих випадках виробництво готових виробів за технологією гарячого штампування може виконуватися з суцільного металевого прутка (рис. 1.1.). Спочатку його частина формується в поковку з необхідними геометричними параметрами, а потім її відокремлюють за допомогою різання. Однак, як правило, заготовки для гарячої штамповки нарізають з металевого прутка.

Найбільшу ефективність штампування деталей, передбачає їх попередній нагрів, демонструє при серійному і масовому виробництві. Зокрема, у використанні даної технології для виробництва металопродукції великими і масовими серіями є цілий ряд переваг.

- Відходи металу, з якого виготовляється продукція, зменшуються.
- Збільшується продуктивність праці.
- За допомогою даної технології можна виготовляти вироби навіть дуже складної конфігурації.

- Готові вироби, отримані методом гарячого штампування металу, що відрізняються не тільки особливою точністю геометричних параметрів, але і високою якістю поверхні.



Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу виготовлення деталі типу «шатуни» методом гарячого об'ємного штампування

Технологічний процес гарячого штампування включає в себе великий перелік операцій, виконуваних починаючи з моменту завантаження деталі з металу в зону обробки і закінчуючи вивантаженням з обладнання готового виробу. Проектування такого процесу передбачає дотримання такого алгоритму:

- вибрати метод, за яким буде виготовлятися виріб: на штампах з відкритим або закритим струмком;
- розробити докладний креслення готової поковки;
- встановити, за скільки переходів можна зробити готовий виріб;
- для кожного переходу розробити креслення формованої поковки;
- в залежності від необхідної потужності для кожного етапу технологічного процесу вибрати відповідне обладнання і сформулювати штампи;

- перед гарячої штампуванням нагріти заготовлю, вибравши спосіб нагріву і режими виконання;
- залежно від вимог до якості готового виробу визначити перелік фінішних операцій, яким буде піддана поковка.

На завершальній стадії розробки технологічного процесу необхідно виконати розрахунок його економічних і технічних показників, тож розглянемо таблицю 1.1 в якій виведено переваги та недоліки цього процесу:

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки об'ємного штампування

Переваги	Недоліки
У порівнянні з куванням гаряче об'ємне штампування має такі переваги:	У порівнянні з куванням гаряче об'ємне штампування має наступні недоліки:
1. Висока продуктивність, в десятки і сотні разів перевищує продуктивність кування;	1. Маса виробу суворо обмежена (до 3,5 т);
2. Значно (в 3-4 рази) менші допуски і припуски, а також краща якість поверхні, після калібрування деталей штампування допуск може становити 0,05 мм, при необхідності тільки на поверхні, що з'єднується з суміжними деталями. допустима точність і шорсткість;	2. Сила деформації набагато більша, тому вимагає використання більш потужного обладнання, ніж у процесі кування; це тому, що в процесі штампування деформується вся заготовка, а не частина, і потік металу є опираються стінками порожнини заважають
3. Можливе отримання виробів дуже складної форми, які неможливо виготовити без кування;	3. Висока вартість спеціального інструменту. Спец. інструмент – це форма з високоякісної інструментальної сталі, яка набагато складніша за звичайний ковальський інструмент, але в той же час може використовуватися для виготовлення поковок певного розміру.
4. Порівняно з ковальською працею штампувальна робота є простішою, а отже, навчання першої проходить швидше.	

1.2 Можливості процесу гарячого об'ємного штампування:

Об'ємне гаряче штампування, а точніше його технологічний процес, має багато характеристик і розроблено на основі наступних пропозицій:

- Вибір способу виготовлення - відбиток з відкритим або закритим потоком;
- Виконувати детальні креслення виробів штампування;
- Визначити точну кількість переходів, які необхідно виконати для приведення заготовки до потрібної форми;
- Розробити окремі ділянки для кожного переходу;
- Підбір обладнання та форматів для кожного етапу техпроцесу;
- Вибрати спосіб і режим нагрівання заготовки;
- Визначити перелік оздоблювальних операцій, за допомогою яких штампована заготовка стане готовим виробом.

Як бачите, хоча гаряче тиснення є простим, це дуже складний технічний процес, який вимагає ефективних методів його виконання.

1.3 Штампувальні струмки

При обробці попередньо нагрітих виробів із сталі, як і при штампуванні латуні, застосовують штампувальні струмки, які можуть бути:

- протяжними (з їх допомогою збільшують довжину окремих ділянок оброблюваних деталей: з тієї частини заготовки, яку необхідно подовжити, наносяться часті, але несильні удари, одночасно виконується кантування оброблюваної деталі);
- заготівельними (їх метою є фасонування оброблюваної заготовки: метал перерозподіляється в її загальному обсязі для того, щоб надати готовому виробу таку форму, яка забезпечує мінімальний відхід матеріалу);

- перетисненим (їх виконують для зменшення висоти окремої ділянки заготовки з одночасним збільшенням його ширини);
- підкатними (струмки, в яких метал заготовки рівномірно розподіляється по її осі, при цьому збільшується діаметр окремих її ділянок);
- згинальними (в них заготівля надходить із зігнутою віссю, формується поковка, кут вигину якої становить 90°).

Етапи штампування можна розглянути на рисунку 1.2:

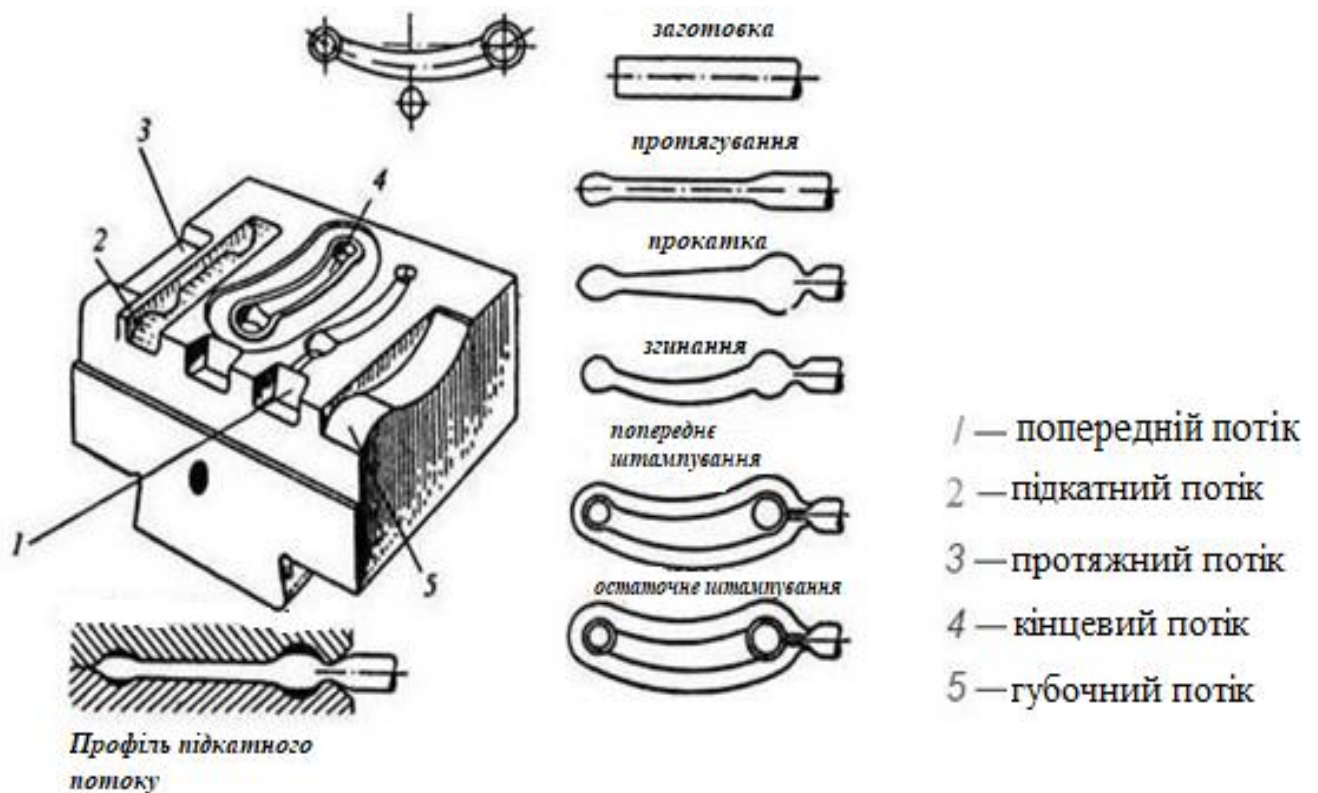
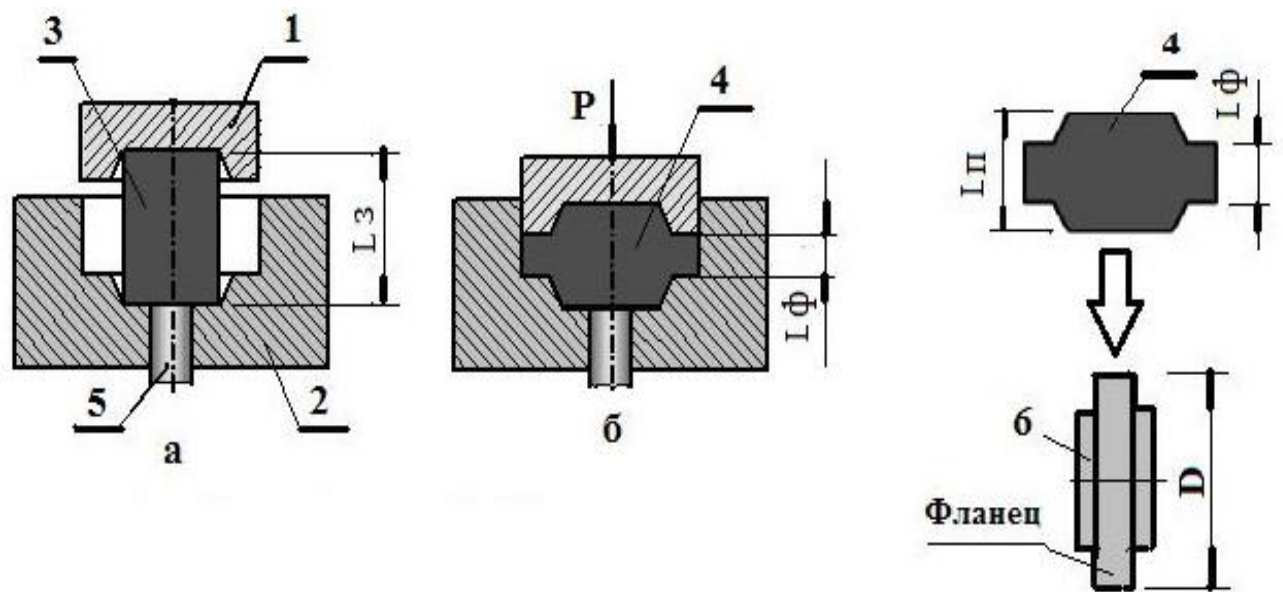


Рисунок 1.2 – Етапи складного штампування в декількох струмках

1.4 Закрита штамповка

Це технологічна операція, виконувана в штампі, зазор між рухомою і нерухомою частинами якого мінімальний. Гарячу штампування за даною методикою можна виконувати на пресах, коли виступом оснащена верхня

частина штампа, а порожниною – нижня, або на молотах, коли порожнина знаходиться у верхній частині робочого інструменту, а виступаюча частина – у нижній. Застосування штампів даного типу вимагає того, щоб обсяги поковки і готової деталі точно збігалися. Штampi закритого типу можуть мати не одну, а дві площини роз'єму, розташовані під прямим кутом один до одного (рис. 1.3.).



a – вихідне положення; *б* – штамповка;

1 – верхня половина штампа; 2 – нижня половина штампа; 3 – вхідна заготовка; 4 - вихідне положення; 5 – виштовхувач; 6 – деталь, отримана в результаті наступної обробки штампованої поковки

L_p - висота штампувальної поковки; L_f - висота фланцю штампувальної поковки; D - зовнішній діаметр деталі.

Рисунок 1.3 – Штампування в закритому штампі одноруч'євому

1.5 Відкрите штампування

Між рухомою і нерухомою частинами штампа для гарячої штамповки відкритого типу є спеціальний зазор, в який видавлюються надлишки металу,

що утворюються в процесі його деформування. Штампи відкритого типу, що є великою перевагою, можна застосовувати для поковок будь-якого виду. Розглянемо схему штампування у відкритих штампах(Рисунок 1.4):

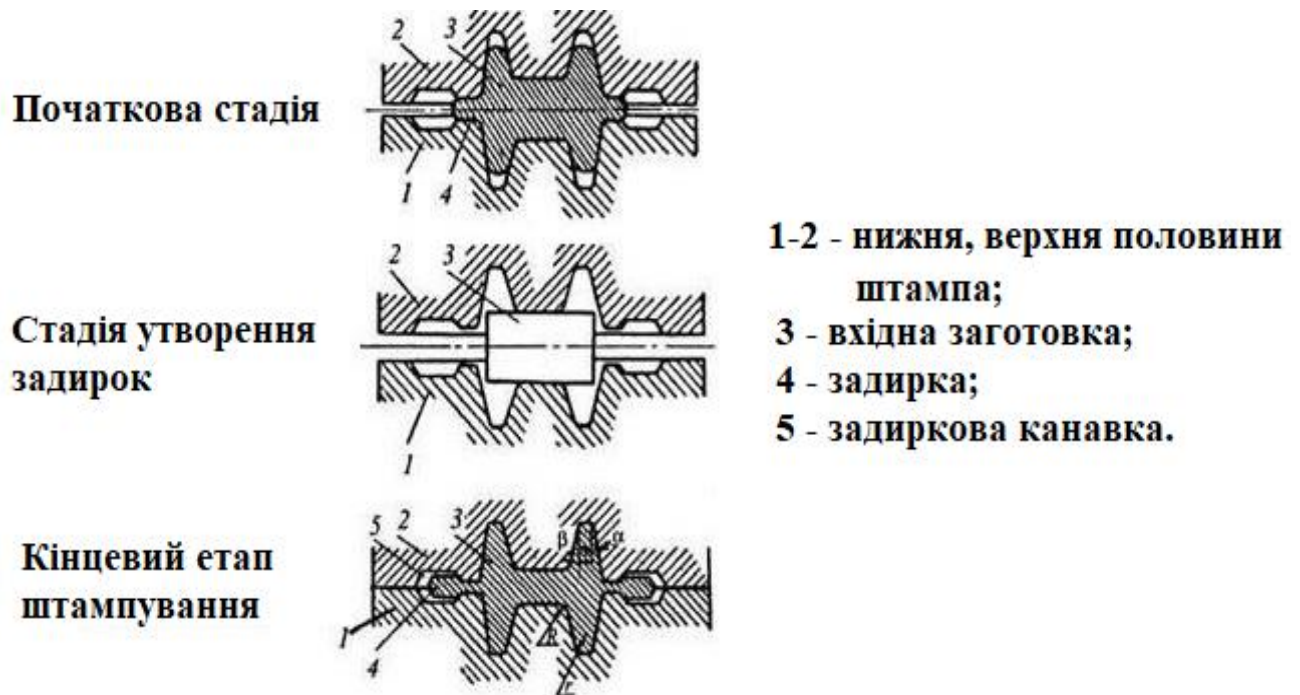


Рисунок 1.4 – Схема штампування у відкритих штампах

Застосування штампів закритого типу також має свої переваги, які полягають у наступному:

- Готові деталі відрізняються більш однорідною внутрішньою структурою і високим якістю зовнішньої поверхні.
- За рахунок відсутності облою зменшується витрата металу.
- Можна виробляти вироби з металів, що відрізняються невисокою пластичністю, оскільки така обробка здійснюється під впливом високої напруги і нерівномірного всебічного стиснення.

Штампове кування — це процес виготовлення поковок у штампах, при якому течія металу відбувається боком, коли обмеження деформуються поверхнями окремих частин штампів. Робоча порожнина матриці при змиканні її складових частин в кінці штампування - рівчака - відповідає формі поковки.

У порівнянні з вільним куванням об'ємне штампування має такі переваги:

- Підвищення продуктивності в 50...100 разів (десятки, сотні поковок на годину);
- Висока рівномірність і точність кування (запас і допуск кування в 3...4 рази менше, ніж у кування), що значно знижує витрату металу на стружку;
- Можливість отримання поковок складної форми без поковок;
- Висока якість поверхні.

Залежно від складності, матеріалу, якості та методу штампування заготовки, матриця може виготовити від 10 до 25 000 поковок.

Недоліки об'ємного штампування: трудомісткість і висока вартість штампувального інструменту (іноді багаторазова), обмеження маси кування (0,3...100 кг, в окремих випадках до 3 т), тому що зусилля деформації при штампуванні значно більші, ніж при куванні. .

Пакетне штампування є найбільш ефективним у велико серійному масовому виробництві.

За типом деталей для штампування їх можна розділити на відкриті штампи, закриті штампи та екструзійні штампи, як показано на рисунку 1.5.

Особливістю відкритого штампування є те, що верхній і нижній зазори штампів є змінними і постійно зменшуються під час деформації металу. Зайвий метал стікає в щілину, утворюючи бризки. Останнє є небажаним відходом, але необхідно переконатися, що порожнина повністю заповнена.

Штампування в закритих штампах відрізняється тим, що малий зазор між верхньою і нижньою частинами штампів забезпечує лише їх взаємне переміщення і залишається постійним при деформації металу. Відсутність накладок в закритій формі знижує витрату металу і виключає необхідність вирізання накладок. Однак цей тип матриці використовується для відносно

простих деталей, головним чином тіл обертання, і вимагає використання точно відмірених прокатних або попередньо оброблених заготовок. На рисунку 1.5 можна розглянути стадії штампування у рівчках різних видів:

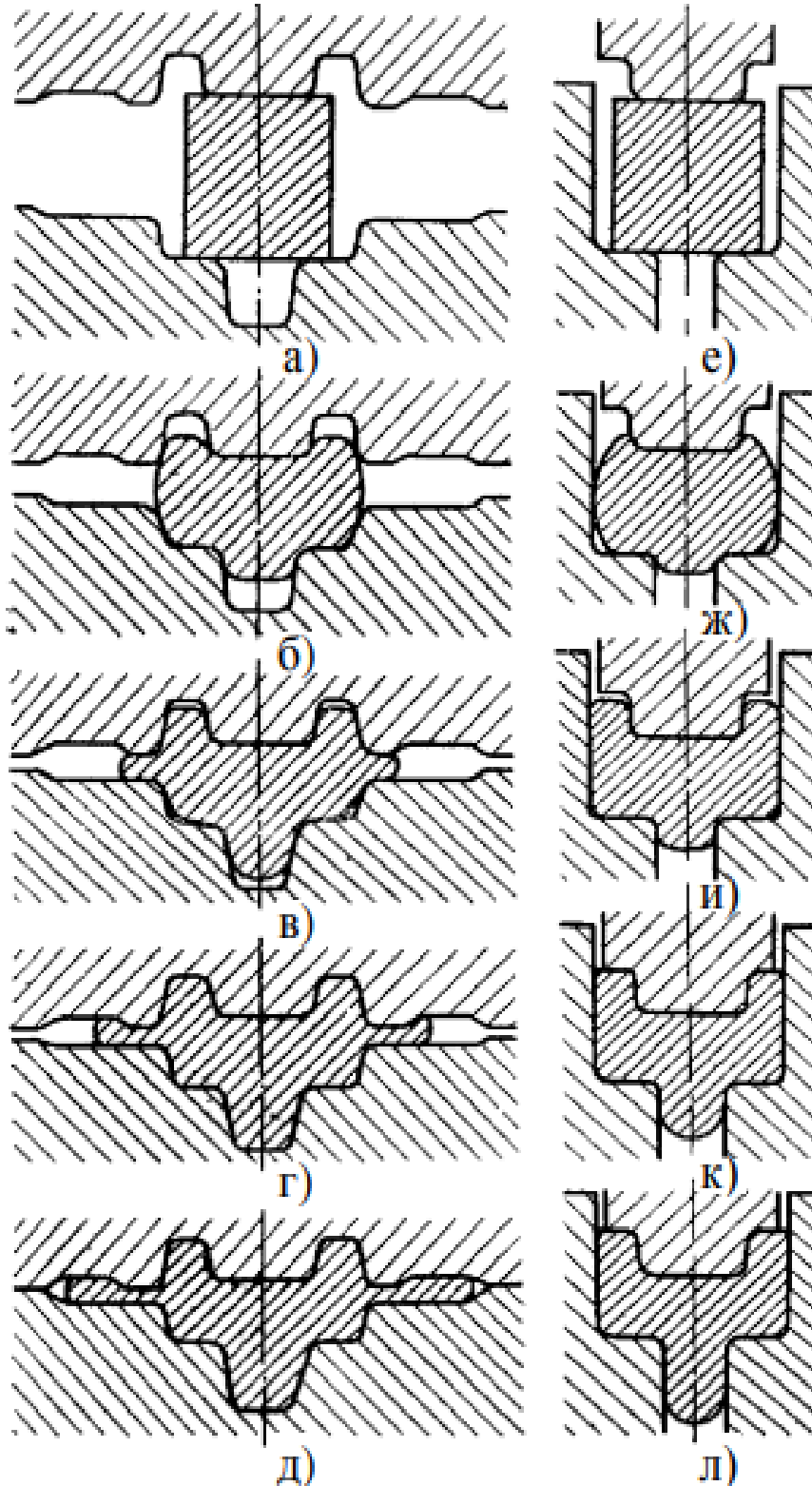


Рисунок 1.5 – Стадії штампування у відкритому (а - д) і закритому (е - л) штампувальних рівчках

При штампуванні в прес-формі знижується витрата металу на виготовлення поковок, поковки мають високу точність, форму і розміри максимально наближені до готових деталей, а продуктивність праці в процесі обробки підвищується в 1,5 рази. ...в 2,0 рази. Якість поверхні поковки висока, а металографічна структура щільна. Точність розмірів досягає 12 ступенів якості. Проте необхідна ретельна підготовка вихідної заготовки до штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампування, застосування спеціальних мастильних сумішей. Таким способом можна отримати заготовки з вуглецевих і легованих сталей, алюмінієвих, мідних і титанових сплавів. Штамповані деталі мають велику питому силу деформації, велику енергоємність і низьку стійкість, що обмежує їх широке застосування.

Штампування рідкого металу займає проміжне положення між звичайним штампуванням і литтям під тиском. Цим способом одержують тонкостінні заготовки, різні за складністю і за масою (до 10 кг), з високою щільністю металу та підвищеними механічними властивостями: заготовки зубчастих коліс, фланці, корпусні деталі та кришки, прес-форми для обробки пластмас, ролики...

При штампуванні роз'ємного основного корпусу методом екструзії останнє має одну або кілька розділових площин, уздовж яких його частини прилягають одна до одної. Загальною особливістю штампувальних заготовок є те, що вони складаються з двох частин: центральна — суцільний або порожнистий циліндр, призма, а периферійна — у вигляді фланців, виступів, виступів, ребер тощо. До переваг штампування в знімних матрицях порівняно з відкритим штампуванням відносяться: відсутність затінення; можливість отримувати поковки без ухилу штампування або з невеликим ухилом (до 1...30)[2]; завдяки формуванню внутрішньої порожнини форма поковки є максимально наближений до форми готової деталі, завдяки

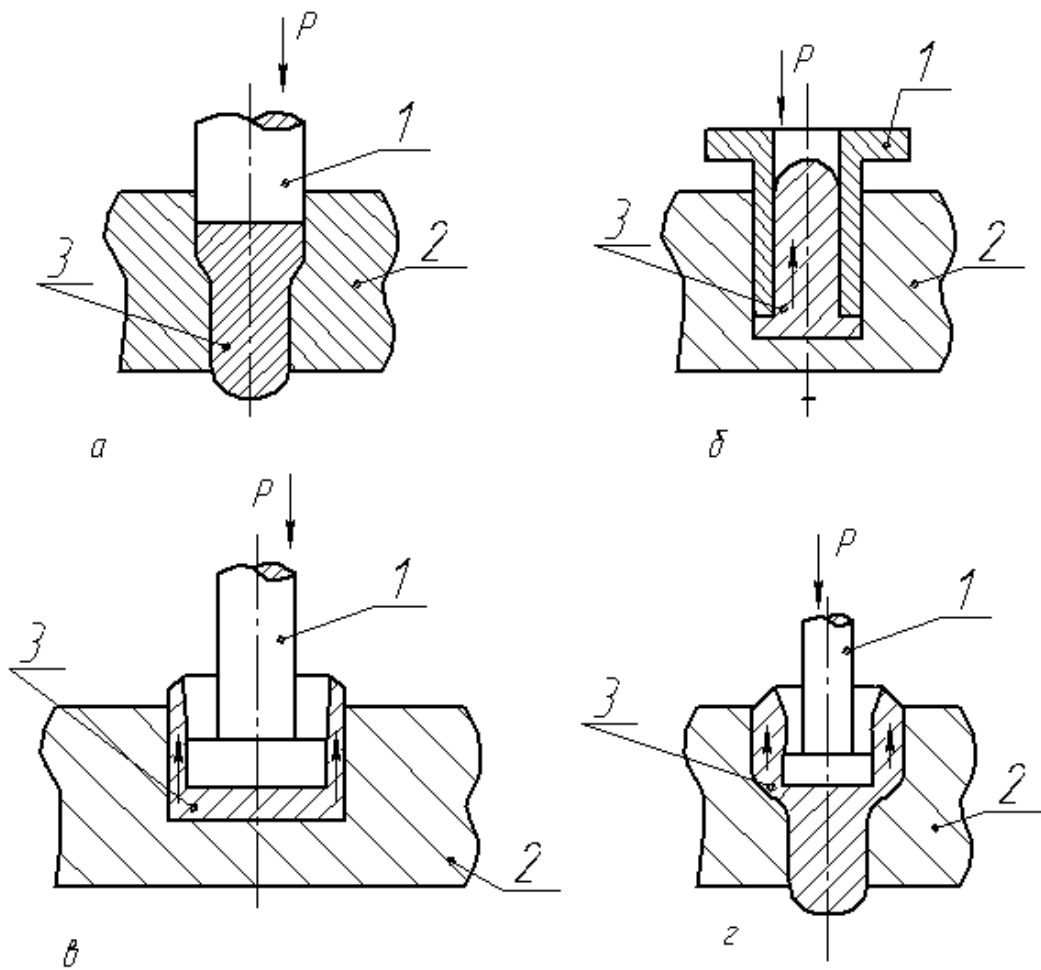
постійному зусиллю деформації можна отримати поковки з більш високою точністю розмірів.

1.6 Штампування видавлюванням

Видавлювання є одним з видів штампування в закритих штампах, при якому частина металу видавлюється з струмка штампу через отвір в матриці або пуансоні.

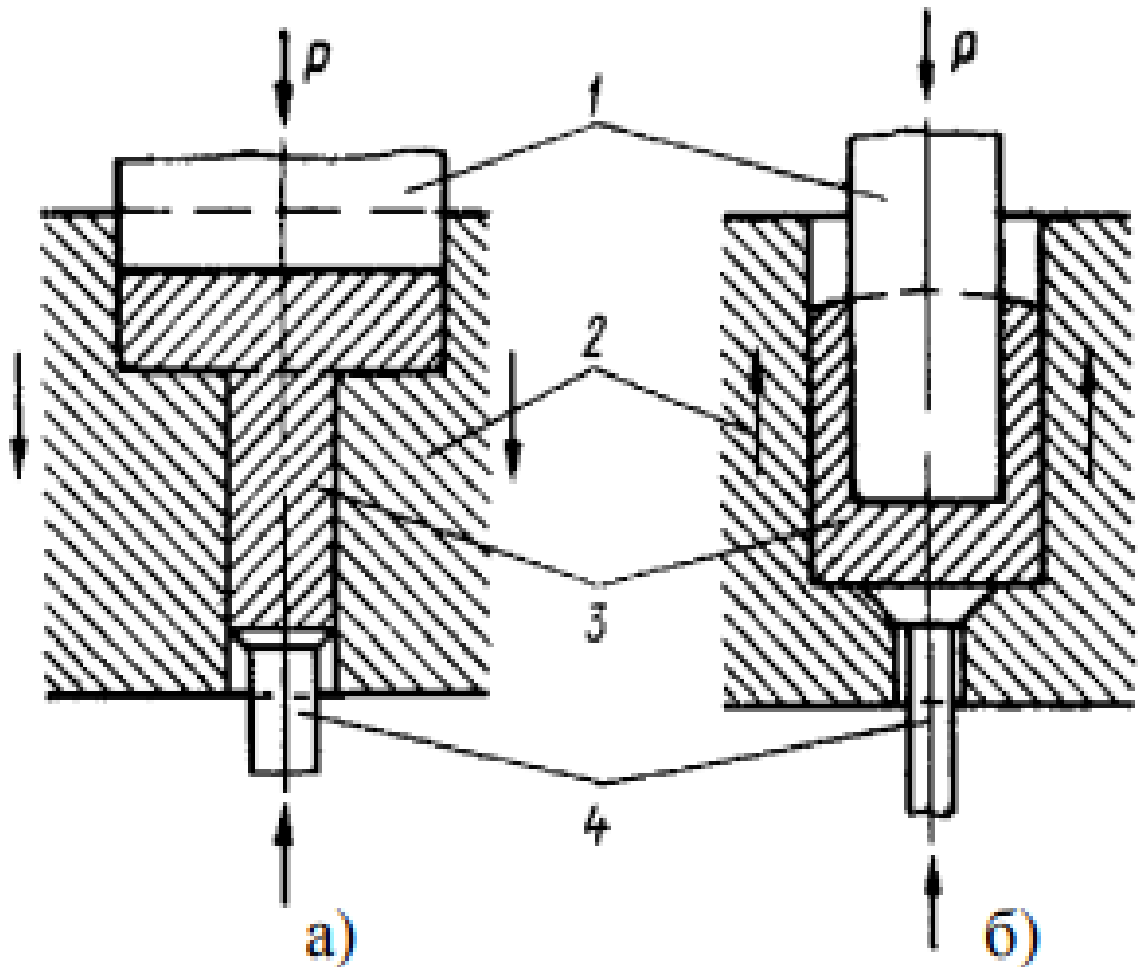
Штампування видавлюванням – один із найбільш прогресивних методів виготовлення точних заготовок, що дозволяє значно скоротити витрату металу та підвищити продуктивність праці.

Існує три основні схеми штампування видавлюванням: пряме видавлювання зображене на малюнку *a*, зворотне відповідно знаходиться під літерою *б* та комбінований вид штампування відмічене літерою *г*. Штампування за схемою, показаною на рисунку 1.6 під літерою *в* називається прошивкою.



a - пряме видавлювання; *б* - зворотне видавлювання; *в* - прошивка; *г* - комбінований вид штампування. 1 - пуансон; 2 - матриця; 3 - поковка;

Рисунок 1.6 – Схеми витиснення



1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – поковка; 4 – виштовхувач

Рисунок 1.7 – Схеми штампування в штампах для прямого (а) і зворотного (б) витискування

Пряме видавлювання характеризується тим, що метал тече у бік руху пуансона. При зворотному видавлюванні метал тече у протилежному напрямку руху пуансона. За рахунок цього при зворотному видавлюванні напрямок сил тертя в струмку штампу більш сприятливий. Це зумовлює менше зусилля деформування та забезпечує більш однорідне деформування заготовлі.

У ряді випадків при штампуванні видавлюванням застосовують роз'ємну матрицю, це видно на наданому рисунку 1.7, при цьому штамп має дві площини роз'єму, що дозволяє:

- уникати штампувальні ухили;

- виготовити поковку такої форми, яка не може бути отримана у звичайному штампі через неможливість виймання її звідти.

Перспективним є використання штампування рідким металом та екструзійного штампування в роз'ємних формах.

Штампкування рідким металом займає проміжне положення між звичайним штампуванням і литтям під тиском. Цим методом виготовляють тонкостінні заготовки такі як наприклад: заготовки зубчастих коліс, фланці, корпусні деталі та кришки, форми для переробки пластмас, барабани тощо, різної складності та ваги приблизно до 10 кг, з високою щільністю металу та підвищеними механічними властивостями.

При екструзійному пресуванні рознімним штампом останній має одну або декілька розділових поверхонь, де деталі прилягають одна до одної так як зображено на рисунках 1.8 та 1.9.

Загальні характеристики штампованих заготовок такі:

- центральна частина у вигляді суцільного або порожнистого циліндра або квадратного циліндра
- периферійні частини у вигляді фланців, виступів, ребер тощо.

Переваги штампування розрізними штампами в порівнянні з відкритими штампами полягають в наступному:

- форма поковки може бути максимально наближена до форми готового виробу за рахунок утворення внутрішніх порожнин;
- можливо одержати поковки з більш високою точністю розмірів за рахунок стійкого зусилля на деформування.

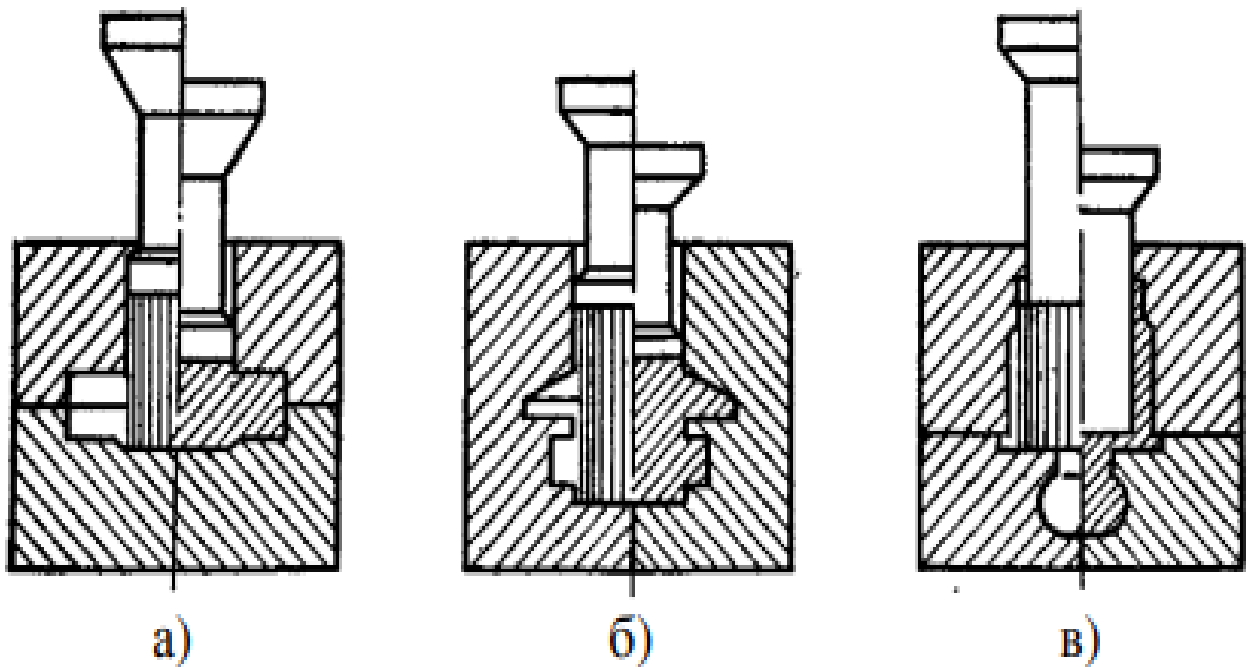
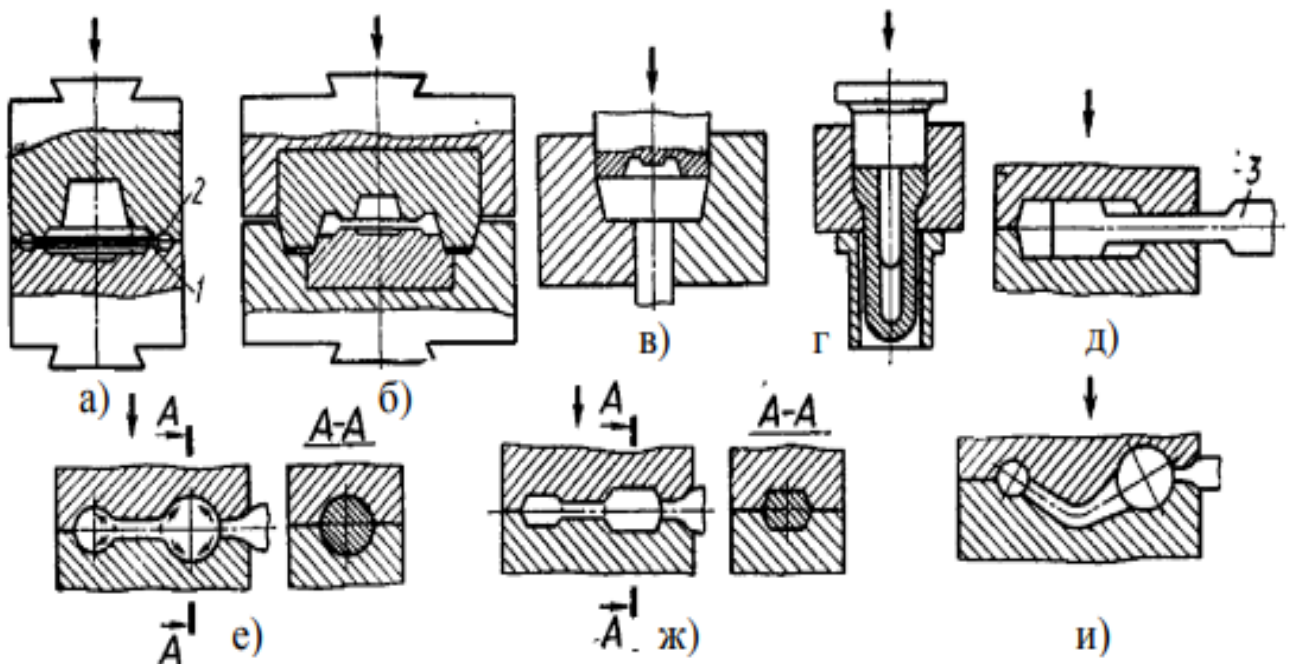


Рисунок 1.8 – Схеми штампування витискуванням у різних матрицях: поперечний (а), подовжній (б), змішаний (в), роз'єми



а, б - штамп з однією порожниною; *в, г* - наближення її до остаточної форми поковки; *д* - протягування; *е* - підкатування; *ж* - перетискання; *и* - згинання.

Рисунок 1.9 – Схеми гарячого об'ємного штампування і заготівельних рівчаків

1.7 Висновки до розділу 1

Підводячи підсумок даного розділу можна зрозуміти, що при виконанні гарячого штампування температура заготовки змінюється від стану просто нагрітої поверхні до стану кування. У деяких випадках виготовлення готових виробів за технологією гарячого штампування може виконуватися з цільного металевго прута. Суть процесу гарячого штампування полягає в тому, що з нагрітої до певної температури заготовки, чинячи на неї тиск, отримують готовий металевий виріб, для чого використовують спеціальний штамп.

2 ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ГАРЯЧОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ

2.1 Обладнання потрібне для роботи

Гаряче об'ємного штампування виконується на штампувальних молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах і спеціальних машинах вузького призначення, пробійні молоти призначені для штампування поковок різної форми, переважно в багатореберних відкритих штампах.

Основним типом циліндра є пароповітряний циліндра з масою падіння 630...25000 кг. За принципом роботи вони подібні до пароповітряних ковальських молотів, але мають відмінності в конструкції через підвищені вимоги до точності рухомих частин матриці. Каркас ліжка і вісь мають спільну основу. Опора рами ліжка встановлюється безпосередньо на раму ліжка, і для з'єднання з нею використовується болт із пружиною. Маса Шабера в 20...30 разів перевищує масу частини, що падає.

Головка, до якої кріпиться верхня частина штампа, переміщується по напрямній, встановленій на рамі, яка має засоби регулювання зазору. Штампувальний молоток має автоматичне керування педаллю. Якщо педаль не натиснута, робочий виконує зворотно-поступальний рух, зберігаючи між частинами відбитка зазор 200...300 мм. Ця робота молота на холостому ході забезпечується мечоподібним важелем, поворот якого визначається положенням головки і який керує подачею пари до силового циліндра б через катушку. При натисканні на педаль діапазон розмаху головки збільшується, і верхня половина пуансона вдаряється по заготовці.

Застосовують також гідравлічні, пластинчасті фрикційні та парові повітряні молотки без тертя. В останньому замість валів встановлена нижня рухома матриця, з'єднана з верхньою матрицею механічними або гідравлічними зв'язками.

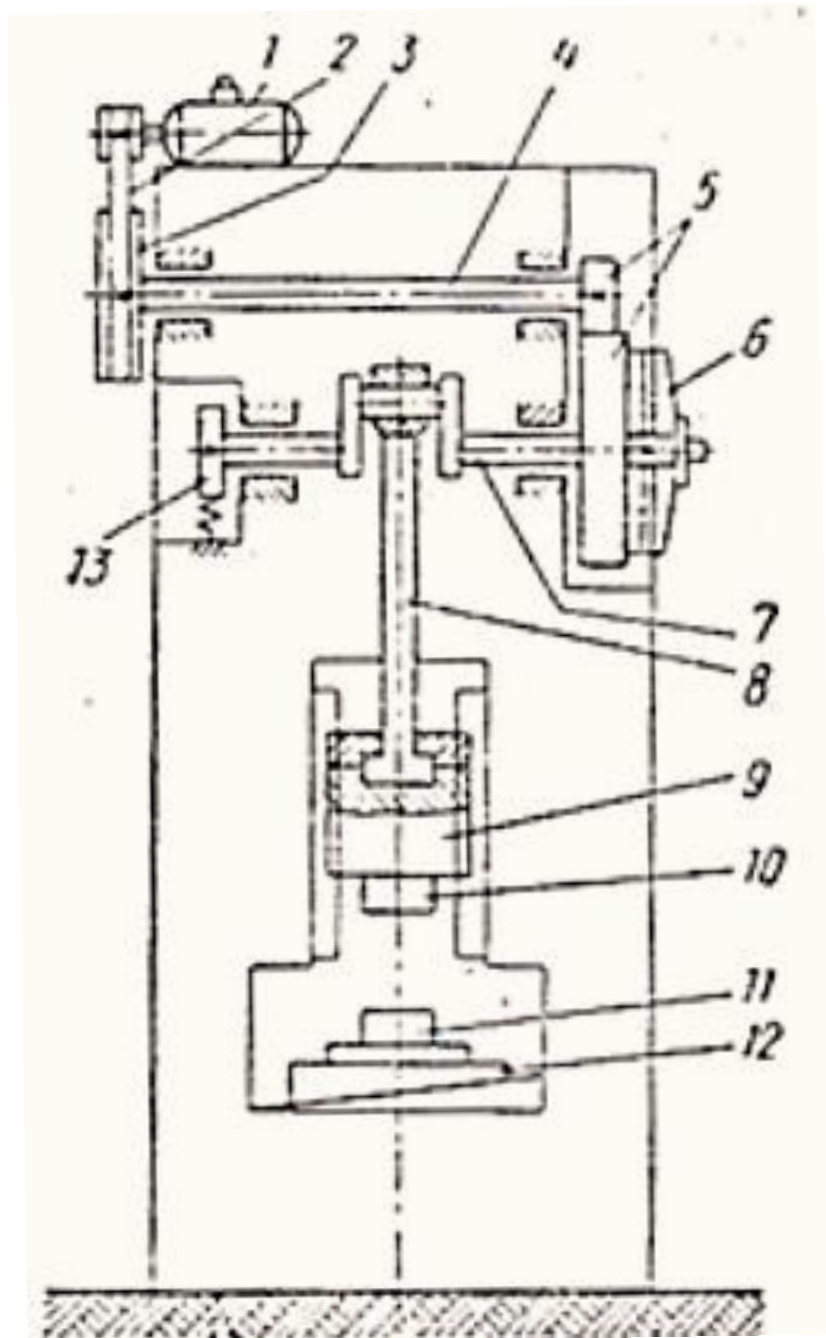
Вони в основному використовуються для штампування великих поковок в одній матриці.

Поковки штампують молотком, як правило, 3...5 ударами. При останньому ударі обидві частини штампа складаються по розділовій площині. Середня маса поковки з масою опущеної частини 1000 кг становить 0,5...2 кг, 10000 кг – 40...100 кг.

Машина для штампування. (Рисунок 2.1) Для об'ємного штампування використовують гвинтові фрикційні преси, гідравлічні преси та кривошипні преси гарячого штампування.

Гвинтові фрикційні преси із зусиллям до 6,3 МН застосовують для штампування невеликих поковок (до 20 кг) у відкритих і закритих штампах. Вони малопродуктивні і використовуються в основному в дрібносерійному виробництві.

Гідравлічні преси, що застосовуються для штампування, подібні до ковальських гідравлічних пресів, але мають більш міцну конструкцію, швидкісний рух рухомих поперечин і ежектори для виймання поковок із штампів. Ці преси мають зусилля до 750 МН і застосовуються для штампування великих поковок у відкритих і закритих штампах з однією і двома розділовими площинами.



1 – електродвигун, 2 – клиноременна передача, 3 – ведуча шестерня, 4 – передавальний вал, 5 – зубчаста передача, 6 – муфта, 7 – колін вал, 8 – шатун, 9 – повзун, 10 – верхня половина штампа, 11 – нижня половина штампа, 12 – стіл, 13 – гальмо.

Рисунок 2.1 – Схема кривошипно-шатунного пресу гарячого штампування

2.2 Штампування на кривошипних гаряче штампувальних пресах

Штампування на кривошипних гаряче штампувальних пресах – сучасний спосіб рулонного друку. Цей прес із зусиллям 6,3...100 МН використовується для виготовлення поковок різної форми ступінчастим або періодичним прокатуванням (у тому числі екструзією) у відкритих і закритих штампах. На малюнку показана принципова схема кривошипно-шатунної машини гарячого штампування. Рух передається від електродвигуна на велике зубчасте колесо, яке вільно обертається на колінчастому валу за допомогою клинопасової передачі. За допомогою фрикційної дискової муфти шестерня може бути з'єднана з валом, який передає рух шатуну, який передає зворотно-поступальний рух повзуну. Гальмо служить для зупинки колінчастого вала у верхньому положенні після замикання зчеплення. Верхня і нижня пластини штампа відповідно закріплені на повзуні і столику преса вставками типу «ластівчин хвіст», а з'єднання верхньої і нижньої частин штампа забезпечується напрямною стійкою. У міру того, як прес-повзун рухається вгору, ежектор виштовхує деталь із чистового жолоба.

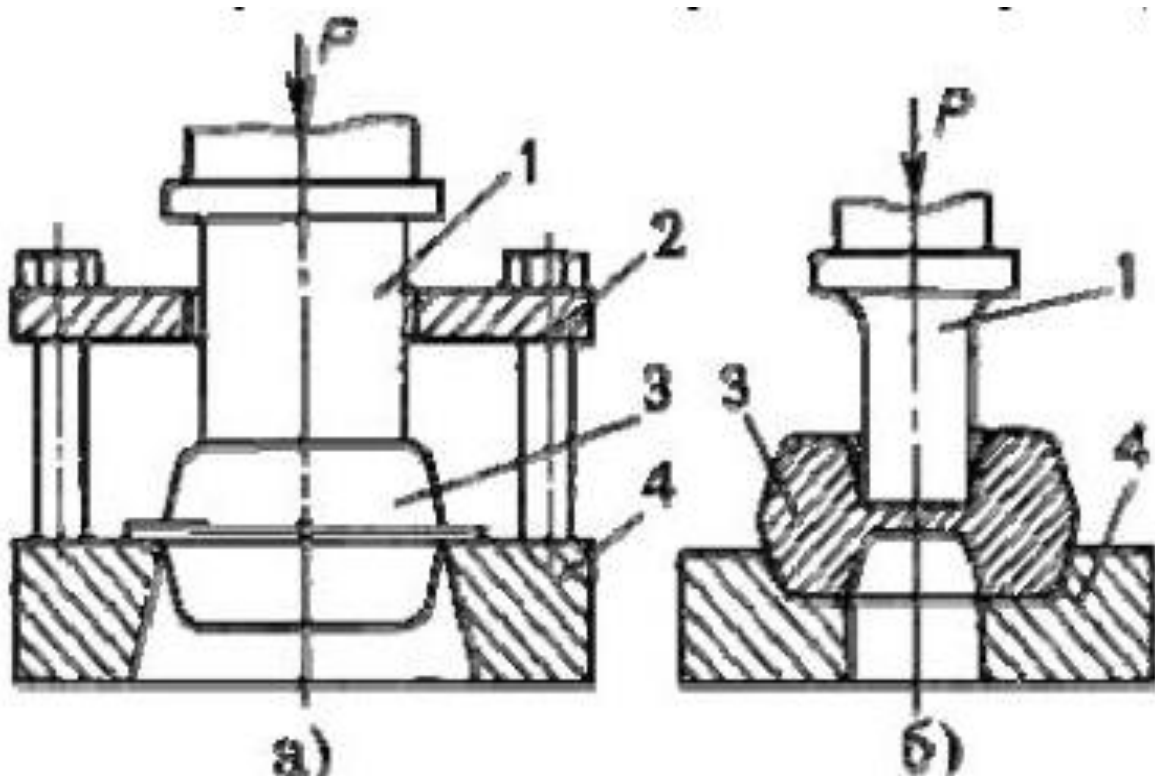
2.3 Технологічний процес гарячого об'ємного штампування

Технологічний процес виготовлення кування включає наступні операції: відрізка прокату на мірні заготовки, нагрівши, штампування, обрізка облоя й пробивання плівок, виправлення, термічна обробка, очищення кувань від окалини, калібрування, контроль готових кувань.

Перед штампуванням заготовки повинні бути нагріті рівномірно по всім обсягу до заданої температури. При нагріванні повинні бути мінімальними окалинообразование (окиснення) і обезуглероживание поверхні заготовки. Використовуються електроконтактні установки, у яких заготовка, затиснута мідними контактами, нагрівається при пропусканні по ній струму; індукційні установки, у яких заготовка нагрівається вихровими

струмами; газові печі, з безокичним нагріванням заготовок у захисній атмосфері.

Штампуння здійснюють у відкритих і закритих штампах(рис.2.3). У відкритих штампах одержують кування подовженої й асесиметричної форми. У закритих штампах – переважно асесиметричні кування, у тому числі з малопластичних матеріалів. Кування простої форми штампують у штампах з однієї порожниною. Складні кування з різкими змінами перетинів по довжині, з вигнутою віссю й т.п. штампують у багатоструменевих штампах. Після штампуння у відкритих штампах роблять обрізання облою й пробивання плівок у спеціальних штампах, установлюваних на кривошипних пресах (рис. 2.2).



1 – вісь; 2 – верхня плита; 3 – прошивань; 4 – нижній башмак;
Рисунок 2.2 – Схеми обрізання облою (а) і пробивання плівок (б)

Виправлення штампованих кувань виконують для усунення скривлення осей і викривлення поперечних перерізів, що виникають при утрудненім добуванні кувань зі штампа, після обрізання облою, після термічної обробки. Великі кування й кування з високовуглицевих і високолегованих сталей правлять у гарячому стані або в чистовому струмку штампа відразу після обрізання облою, або на обрізному пресі (обрізний штамп сполучається із правочним штампом), або на окремій машині. Дрібні кування правлять на гвинтових пресах у холодному стані після термічної обробки.

Термічну обробку застосовують для одержання необхідних механічних властивостей кувань і полегшення їх обробки різанням. Віджиг знімає в куваннях з високовуглицевих і легованих сталей залишкові напруги, подрібнює зерно, знижує твердість, підвищує пластичність і в'язкість. Нормалізацію застосовують для усунення грубозернистої структури в куваннях зі сталей зі змістом вуглецю до 0,4% [5].

Очищення кувань від окалини роблять для полегшення контролю поверхні кувань, зменшення зношування металорізального інструмента й правильної установки заготовки на металорізальних верстатах. На дробеструйних установках окалину з поковок, що переміщаються по стрічці конвеєра, збивають потоком дробу, що швидко летить, діаметром 1...2 мм. У галтовочних барабанах окалина віддаляється завдяки ударам кувань друг про друга й про металеві зірочки, що закладаються в обертовий барабан.



Рисунок 2.3 – Молот штампувальний гідравлічний

2.4 Дослідження дефектів при термообробці

2.4.1 Види дефектів при виробництві

Особливості механічної обробки стосуються в першу чергу поверхонь деталей, що з'єднуються. Припуск виходить з загальних розмірів і маси поковки, типу штампованого оснащення, шорсткості поверхні, конкретних деталей і підбирається згідно ДСТУ. Також встановлені допуски на штампування базуються на ДСТУ, допуски враховують можливі відхилення від номінальних розмірів через недоштамування, зсув штампів, їх знос тощо.

Розміри профілю матеріалу невідповідні, що призводить до браку штампа в процесі штампування через не заповнення форми штампа (занижений профіль), завищення (збільшений профіль) або з інших причин.

Недозатухання - це збільшення всіх розмірів поковки перпендикулярно первинній площині з'єднувача. Якщо поковки не піддаються подальшій обробці різанням, то для невідповідних деталей недоштампування можна виправляти одним повторним нагріванням (для переведення надлишку металу в окалину). У напрямку удару великий вплив робить недоштампування, тому допуск на вертикальний розмір повинен бути несиметричним.

При призначенні припуску на карбування-калібрування необхідно враховувати, що до припуску, крім номінальної його величини, повинен входити також плюсовий допуск на штампування (особливо на недоштампування") вихідного поковки. Тому точність вихідного поковки повинна бути трохи підвищеною.

Недоштампування - потовщення всіх розмірів поковки в напрямку, перпендикулярному до основної площини роз'єму (у напрямку ходу баби на молоті або пуансона на кувальній машині). Вага заготовлі при штампуванні у відкритих штампах має перевищувати вагу поковки на 5-7 ч/о. Надлишок матеріалу збільшує роботу, що витрачається на штампування виробу, і може бути причиною недоштампування, а в окремих випадках-підвищеного браку.

Дефекти штамповані. заготовель. Найбільш характерні дефекти штампованих заготовок вм'ятини недоштампування виступів, кутів, заокруглень і ребер. На всіх етапах технологічного процесу контролюють склад матеріалу, розміри, поверхневі дефекти, режим нагрівання та твердість, застосовуючи просвічування, ультразвук, вихрові струми та інші фізичні методи. Допуски враховують недоштампування поковки по висоті, знос струмка штампів, можливе зрушення штампів та інші фактори.

2.4.2 Призначення допусків

Допуск - відхилення розміру поковки від номінального, зумовлене неточністю виготовлення, недоштампуванням, зносом струмка штампу і т. д. Допуск залежить від маси поковки, ступеня її складності, групи сталі та розмірів поверхонь. Допуски на штамовані поковки нормальної точності наведені на рис.2.4 для поковок підвищеної точності - у таблиці 2.1.

Масса, кг	M1	M2	C1	C2	C3	C4	0-	50-	120-	180-	260-	
							-50	-120	-180	-260	-360	
0-0,25												
0,25-0,40												
0,40-0,63										+1,2	-0,6	
0,63-1,00												
1,00-1,60												
1,60-2,50												
2,50-4,00												
4,00-6,30												
6,30-10,00												
10,00-16,00											+2,5	-1,6

Рисунок 2.4 – Правило користування при визначенні допусків

У деяких місцях допускаються зміни на кресленні поковки, які при обліку зношування окремих елементів штампу і недоштампування забезпечують отримання поковки, що задовольняє вимогам креслення холодного поковки.

Невідповідні розміри профілю - призводять до недоштампування, неповної фігури або затискачів при штампуванні. Штампуванням не можна отримати абсолютно точні поковки, тому призначаються допуски. Допуски враховують недоштампування поковки по висоті, знос струмка штампу, температурні коливання, зсув штампів, короблення поковки, поверхневі дефекти матеріалу, коливання обсягу вихідної заготовки, нерівномірне усадження матеріалу при охолодженні та інші фактори.

Відхилення внутрішніх розмірів поковок, що допускаються, повинні встановлюватися зі зворотними знаками. Допуски і відхилення розмірів, що відображають одностороннє зношування штампів, дорівнюють 0,5 величин, наведених у таблиці 2.1. Допуски і відхилення розмірів товщини, що допускаються, враховують недоштампування, встановлюються по найбільшій товщині поковки і поширюються на всі розміри її товщини.

Відхилення вертикальних розмірів, викликане недоштампуванням, також вирішальний вплив на вагу. Застосовуючи обробку односторонніх деталей по площині I - I можна отримати значний вигравш у вазі. Так як між вертикальними розмірами тонких ребер і полотна відсутня функціональна залежність, то якщо при обробці по площині за базу буде прийнята площина II - II, то в ряді випадків.

Вихідний індекс	Найбільша товщина поковки																	
	до 40		40–63		63–100		100–160		160–250		св. 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 40		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,3 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	—	—	—	—	—	—
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	—	—	—	—
4	0,6	+0,4 +0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	—	—	—	—
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	—	—
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5

Таблиця 2.1 – Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів поковок

2.4.3 Технологічні передумови точності гаряче штампованих заготовок

Коливання розмірів штампованих деталей визначаються умовами формоутворення та іншими особливостями різних способів виготовлення, точністю штампів, а також їх зносом та деформацією.

На вагу штампованих деталей суттєво впливають відхилення розмірів у місцях сполучення полотна з ребрами та виступами. Це відбувається насамперед через неточне виготовлення штампів.

Відхилення вертикальних розмірів, викликане недоштампуванням, також вирішальний вплив на вагу. Застосовуючи обробку односторонніх деталей по площині I - I, можна отримати значний вигреш у вазі. Оскільки між вертикальними розмірами топких ребер і полотна відсутня функціональна залежність, якщо при обробці по площині 1-7 за базу буде прийнята площина II - II, то в ряді випадків може виявитися невитриманою висота ребра. Цього можна уникнути, задаючи в ребрі підвищені кути уклону та радіуси.

У двосторонніх деталях також можлива деяка компенсація зайвої ваги, що з'явився в результаті недоштампування. Порівняно нетрудомісткою обробкою по площинах I - I і II - II можна відшкодувати збільшення ваги ребра. Складніше компенсувати збільшення товщини полотна за рахунок недоштампування. Обробка всієї площини полотна складна, так як при цьому необхідно також обробляти радіуси сполучення. Простіше здійснити обробку спеціальних заглиблень. У цьому випадку товщина стінки виходить меншою за розрахункову, але це відшкодовується підвищеною товщиною в інших місцях. Таким чином, при проектуванні штампованих заготовок слід враховувати вплив особливостей способів виготовлення і на відхилення ваги, і на характеристики характеристик деталей. Тільки в такому разі можна отримувати деталі з мінімальною вагою та найменшим об'ємом механічної обробки.

Незважаючи на безперервне вдосконалення технологічних процесів кування та штампування, відходи металу в стружку при механічній обробці заготовок все ще дуже значні.

Данні автомобільних заводів показують, що вага стружки по відношенню до ваги готової деталі становить по колінчастому валу 38%, по шатуну 40%, по зубчастих колесах третьої і четвертої швидкостей коробки передач 55%, по провідному конічному зубчастому колесу заднього моста 60%, по головному валу коробки швидкостей 85%. Кількість стружки, що знімається, залежить від способу виготовлення заготовки. При вільному куванні із застосуванням універсальних робочих інструментів (бойків) виходять кування грубої форми, з великими припусками на обробку.

Застосування спеціального підкладного інструменту забезпечує зниження припусків та краще оформлення поковки. Штампування в закритих закріплених штампах на штампувальних молотах ще більше знижує припуски та напуски та наближає форму поковки до форми готового виробу. Штампування на механічних пресах, горизонтально-кувальних машинах сприяє подальшому підвищенню точності поковок за рахунок часткового, або повного усунення напусків та зниження припусків.

Нарешті, застосування фінішних операцій обробки тиском (чистового штампування, чеканки, калібрування, редукування) забезпечує максимальне наближення розмірів заготовок до розмірів готових деталей.

Величина припусків на заводах, що діють, змінюється залежно не тільки від способу ковальської обробки, а й від культури виробництва.

Брак, що може виникати під час нагрівання заготовок:

- Недогрівання - це недостатня температура в обсязі заготовки, викликана надмірною швидкістю нагріву, недостатньою температурою в печі або скороченою витримкою в печі, проявляється в зниженій пластичності металу та утворенні тріщин при штампуванні.

- Перегрів - нагрівання заготовок або закінчення їх штампування при температурах, що значно перевищують оптимальну, проявляється в надмірному зростанні зерен у сталі та зниженні її механічних характеристик.
- Перепалювання - це окислення або оплавлення між зерен сталі з повною втратою пластичних властивостей, що виникають в результаті тривалого окисного нагріву при високих температурах. Кування з перепалом виправленню не підлягають.
- Окалина - шар окисленого металу на поверхні заготовок, що досягає 2-3% від маси заготовок, що нагріваються.
- Безвуглецева поверхня є дефектом, викликаним вигоранням вуглецю, в поверхневих шарах поковки, які можуть перевищувати фактичний припуск на обробку. Приводить до зниження міцності втомі деталей і твердості термооброблених поверхонь.

Недоштампування - потовщення всіх розмірів поковки в напрямку, перпендикулярному до основної площини роз'єму.

Дефекти штамповані. заготівель. Найбільш характерні дефекти штампованих заготовок вм'ятини недоштампування виступів, це видно на рисунку 2.4, кутів, заокруглень і ребер. На всіх етапах технологічного процесу контролюють склад матеріалу, розміри, поверхневі дефекти, режим нагрівання та твердість, застосовуючи просвічування, ультразвук, вихрові струми та інші фізичні методи.

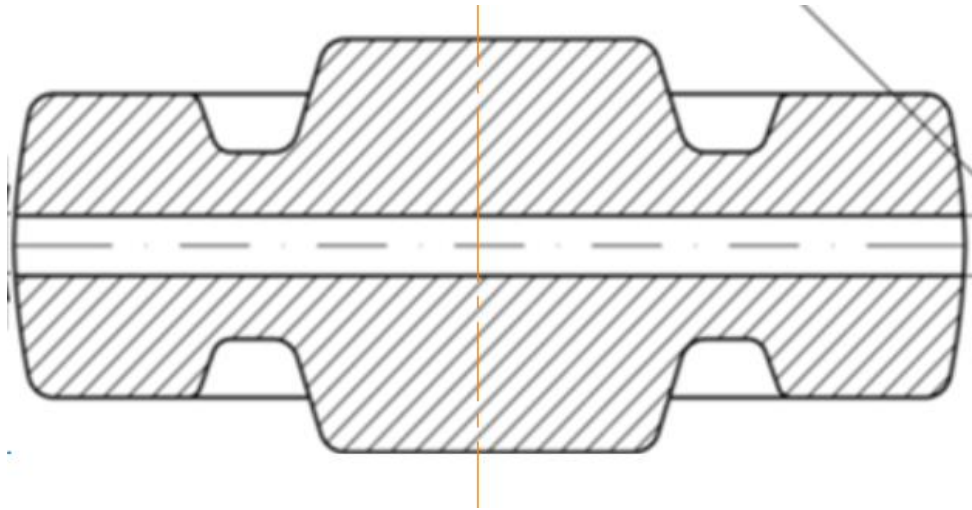


Рисунок 2.4 – Недоштампівка поковки: H_n - висота недоштампованої частини поковки

2.4.4 Призначення допусків

Допуск - відхилення розміру поковки від номінального, зумовлене неточністю виготовлення, недоштампуванням, зносом струмка штампу і т. д. Допуск залежить від маси поковки, ступеня її складності, групи сталі та розмірів поверхонь. Невідповідні розміри профілю - призводять до недоштампування, неповної фігури або затискачів при штампуванні.

Штампуванням не можна отримати абсолютно точні поковки, тому призначаються допуски. Допуски враховують недоштампування поковки по висоті, знос струмка штампу, температурні коливання, зсув штампів, короблення поковки, поверхневі дефекти матеріалу, коливання обсягу вихідної заготовки, нерівномірне усадження матеріалу при охолодженні та інші фактори.

2.4.5 Дефекти, що виникають при термічній обробці

Розглянемо дефекти, які виникають при термічній обробці:

Недогрівання виникає, якщо сталь була нагріта нижче критичної температури. Наприклад, якщо доевтектоїдну сталь нагріти до температури трохи нижче A_{c3} , то частина фериту залишиться не перетвореною на аустеніт. Після швидкого охолодження аустеніт перетвориться на мартенсит, а ферит збережеться у загартованій сталі. В результаті структура складатиметься з мартенситу та фериту. Ферит, що має низьку твердість, знижуватиме загальну твердість загартованої сталі. Цей дефект можна виправити підвищенням температури печі.

Перегрів виникає, якщо сталь була нагріта набагато вище критичної температури або за нормальної температури була дана дуже велика витримка.

Перегрів при випалі призводить до зростання зерен, а при сильному перегріві утворюється так звана Відман-штеттова структура з характерною пластинчастою формою феритних ділянок, що розташовані під кутом один до одного. В результаті перегріву при загартуванні утворюється великогольчастий мартенсит. Механічні властивості перегрітої сталі низькі. Виправити перегрів, що виник під час відпалу, можна нормалізацією. Сталь, перегріту при загартуванні, відпалюють і знову загартують.

Перепал виникає, якщо сталь була нагріта близько до температури початку плавлення. Перепал характеризується оплавленням і у зв'язку з цим окисленням металу за межами зерен. Сталь стає дуже крихкою.

Окислення і знеуглецювання стали під час нагрівання — результат взаємодії її з газами, які у печах (кисень, водень, вуглекислий газ). Окислення характеризується утворенням поверхні деталі окалини, а знеуглецювання — вигоранням вуглецю в поверхневих шарах деталі з утворенням структури фериту. Окалина, крім неповоротної втрати металу, призводить до нерівномірної твердості деталей і потребує додаткової обробки. В результаті знеуглецювання різко знижуються твердість на поверхні деталей та витривалість.

Найкращий засіб, що оберігає від окислення та знеуглецювання, - нагрівання у спеціальних печах з нейтральним по відношенню до сталі газовим складом.

Гартувальні тріщини найчастіше виникають при занадто різкому охолодженні та нагріванні сталі.

Для боротьби із загартованими тріщинками використовують рівномірне нагрівання та рівномірне охолодження деталі; застосовують зажарювання, які забезпечують повільне охолодження в інтервалі мартенситного перетворення (ступінчаста, ізотермічна, загартування у двох середовищах).

Короблення виникає через нерівномірне охолодження окремих частин деталі. На жолоблення значно впливають форма деталі та спосіб занурення деталі в охолоджувальне середовище.

Для боротьби з коробленням необхідно правильно вибрати режим загартування (температура нагріву, швидкість і спосіб охолодження), застосовувати загартування в штампах.

М'які плями утворюються через недогрівання або недостатньо інтенсивне охолодження. Іноді м'які плями з'являються через неоднорідність вихідної структури (скупчення фериту). У цих місцях при нагріванні може вийти аустеніт із малою концентрацією вуглецю. Тут навіть при правильно проведеному загартуванні твердість буде зниженою. Цей дефект можна усунути проведенням нормалізації перед загартуванням, нормалізація створює більш однорідну структуру виробу.

2.4.6 Методи виявлення дефектів

Зовнішні дефекти виливків виявляються зовнішнім оглядом після вилучення вилівка з форми або після очищення.

Внутрішні дефекти визначають радіографічними чи ультразвуковими методами дефектоскопії.

При використанні радіографічних методів (рентгенографія, гаммаграфія) на виливки впливають рентгенівським або гамма-випромінюванням. За допомогою цих методів виявляють наявність дефекту, розміри та глибину його залягання.

При ультразвуковому контролі ультразвукова хвиля, що проходить через стінку вилівка при зустрічі з межею дефекту (тріщиною, раковиною) частково відбивається. За інтенсивністю відображення хвилі судять про наявність, розміри та глибину залягання дефекту.

Тріщини виявляють люмінесцентним контролем, магнітною або кольоровою дефектоскопією.

2.4.7 Методи виправлення дефектів

Незначні дефекти виправляють закладенням замазками або мастиками, просоченням різними складами, газовим або електричним зварюванням.

Закладення замазками або мастиками – декоративне виправлення дрібних поверхневих раковин. Перед наповненням мастикою дефектні місця очищають від бруду, знежирюють. Після заповнення виправлене місце загладжують, підсушують та затирають пемзою або графітом.

Просочування застосовують для усунення пористості. Виливки на 8-12 годин занурюють у водний розчин хлористого амонію. Проникаючи у проміжки між кристалами металу, розчин утворює оксиди, що заповнює пори виливків.

Для усунення течі вилівки із кольорових металів просочують бакелітовим лаком.

Газове та електричне зварювання застосовують для виправлення дефектів на необроблюваних поверхнях (раковини, наскрізні отвори, тріщини). Дефекти в чавунних виливках заварюють з використанням чавунних електродів і прутків, у сталевих виливках - електродами відповідного складу.

2.4.8 Температурно-силові характеристики гарячого штампування КГШП

При розробці процесу об'ємного гарячого штампування однією з важливих задач є визначення технологічної деформації. В даний час існує більше дюжини різних математичних співвідношень, які використовуються для визначення сил для гарячого об'ємного штампування у відкритих штампах, отриманих з різних інженерних методів для визначення конкретних сил. Інтеграція рівнянь наближеної рівноваги з умовами пластичності або використання варіаційних принципів механіки дозволяє відмовитися від напівемпіричних залежностей і отримати теоретично обґрунтовані залежності. Проте, порівнюючи результати розрахунків різними методами, запропонованими в численних роботах, встановлено, що між розрахунковими та експериментальними даними існують великі відмінності. Зроблено важливий висновок - всі розрахункові формули мають однакове відхилення від експериментальних даних для різних поковок, що свідчить про те, що деякі технічні фактори враховані не у всіх формулах.

Задача визначення тиску гарячого штампування особливо актуальна для автоматизованого проектування технологічних процесів або технологічних машин. На цьому етапі проектування зазвичай немає необхідних даних для точного розрахунку параметрів процесу, що неминуче призводить до великих похибок розрахунків. Крім того, деякі початкові дані в довідниках часто наводяться дискретно в табличній формі, тоді як алгоритмічні розрахунки в автоматизованому проектуванні включають аналітичні залежності з використанням даних, визначених з параметрів

технічного процесу або технічної машини. При цьому на етапі проектування концептуального варіанту процесу чи машини часто не потрібні високоточні розрахунки. Аналіз експериментальних даних та порівняльний аналіз точності розрахунків

Багато відомих формул справедливо припускають, що основним фактором, що визначає відмінність розрахункових даних від експериментальних, є справжній опір деформації σ_s при кінцевій температурі процесу. Накопичено значні емпіричні та експериментальні дані про залежність реального опору деформації від умов процесу деформування, однак часто виникають суперечливі висновки. Сукупний вплив різних факторів на супутні процеси зміцнення та розм'якшення виключає можливість отримання аналітичних залежностей для визначення опору деформуванню. У роботі наведено найбільш достовірні дані для визначення міцнісних властивостей сталі при обробці гарячим пресом. Для практичних розрахунків рекомендується використовувати емпіричну залежність справжнього опору деформації від термомеханічних умов деформування:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} k_t k_\varepsilon k_u, \quad (1)$$

де σ_{s0} - базисна напруга плинності;

$k_t k_\varepsilon k_u$ - відповідно, термомеханічні коефіцієнти температури, ступеня деформації та швидкості деформації.

Базисна напруга плинності є напруга за усереднених умов деформування, якими прийняті: температура деформації $t_d = 1000$ °С, ступінь деформації $\varepsilon_d = 10\%$, швидкість деформації $u_d = 10$ с. Термомеханічні коефіцієнти визначають ступінь відхилення істинного опору деформації за умов деформації від базових умов. Значення термомеханічних коефіцієнтів великого набору різних марок сталей представлені у роботі як графічних залежностей.

Важливим фактором, що визначає величину межі плинності, є температура обробки. Якщо температура початку обробки визначається величиною верхньої межі інтервалу кувальних температур T_n , то температура T_s останнього остаточного технологічного переходу, як правило, не обумовлюється. У практичних розрахунках приймаються значення T_s рівні або температурі кінця інтервалу кувальних температур T_k , або температура T_s приймається за суб'єктивною оцінкою. Тим часом температура T_s остаточного переходу штампування визначається насамперед інтенсивністю охолодження на всіх попередніх переходах та формою напівфабрикату.

Метою цієї роботи є визначення наближених аналітичних залежностей для орієнтовного визначення межі плинності металу в залежності від температурно-силових умов деформування, форми та розмірів поковки, параметрів преса, а також визначення дійсної швидкості охолодження поковок у процесі гарячого штампування у відкритих штампах.

Справжня стійкість до деформації деяких сталей була експериментально визначена в лабораторних умовах, для чого немає практичних рекомендацій. Дослідження проводили на циліндричних зразках зі сталей 20, 30, 35, 45, 30X, 40X, 25XXГМ, 12XXНТ, 18XXТ, 30XXТ, 20ХН3А та 15ХН2ГА. Вибрані для дослідження марки сталі, тому що Токмацькі ковальсько-штампові підприємства переважно використовують їх для виготовлення поковок. Для порівняння отриманих результатів з відомими даними, наведеними в роботі, було обрано три марки сталі (сталь 20, 45, 18ХТ). Випробування проводили на випробувальній машині УУМ-50 зі швидкістю деформації 0,04 мм/с ~ 0,1 мм/с і кривошипним пресом з максимальною швидкістю деформації 0,24 м/с. Заготовку нагрівають у печі опору в середовищі аргону до температури 800–1200 °С і витримують при температурі випробування приблизно 10 хв. Контроль температури здійснювався термопарою та контрольним потенціометром постійного струму класу 0,5.

В результаті математичної обробки результатів експериментальних досліджень та аналізу номенклатури та технологічних процесів на кількох ковальсько-штампувальних заводах встановлено наступне. В результаті математичної обробки результатів експериментальних досліджень та аналізу номенклатури та технологічних процесів на кількох ковальсько-штампувальних заводах встановлено наступне.

Традиційна класифікація поковок на круглі та близькі до них та на подовжені поковки в плані достатня при масовому виробництві поковок на універсальних пресах, коли на кожному пресі штампуються поковки як одного, так іншого класу. Для технологів і конструкторів така класифікація цілком прийнятна, тому що вона однозначно визначає відмінності та особливості конструкції штампової оснастки та побудову технологічного процесу. Однак з точки зору енергомеханічних параметрів роботи преса доречніше класифікувати поковки за критерієм величини робочого ходу і витрат енергії на деформування. У такому разі раціонально поковки ділити на т.з. високі та низькі. До високих поковок відноситимемо поковки, для яких відношення висоти поковки до довжини заготовки перевищує 1,5 і переважною операцією штампування є осаживание. До низьких поковок відносяться поковки, для яких відношення висоти поковки до висоти заготівлі становить менше 1,5, і переважною операцією штампування таких поковок є розплющення, згинання заготовок і напівфабрикатів, що розташовуються плашмя. Дуже часто для низьких поковок використовується попередня формозміна в вальцях за один, іноді два проходи. Для низьких поковок характерно значно менша робота пластичного деформування. Ступінь деформації низьких поковок значно менший, ніж для високих поковок, але швидкість деформації більша. Для низьких поковок ступінь деформації в остаточному переході штампування не перевищує 12-15%, у той час як для високих ступінь деформації досягає 20-25%. Необхідно зауважити, що поковки, що штампуються плашмя, можуть відноситися до класу високих поковок, а круглі поковки в плані можуть ставитися до класу низьких.

Порівняння швидкісних і деформаційних характеристик КГШП та дослідження різних категорій поковок показали, що для більшості поковок середня швидкість деформації між моментом, коли метал починає втікати в заусенців, і зусиллям, досягаючим свого максимального значення, залишається постійною і становить приблизно $5-7 \text{ с}^{-1}$ для високих поковок і не перевищує $10-12 \text{ с}^{-1}$ для низьких поковок. При наведених швидкостях і швидкостях деформації термомеханічні коефіцієнти k_ϵ і k_u не сильно змінюються. При розрахунку реального опору деформації їх можна вважати постійними. Тому для низьких поковок рекомендується приймати $k_\epsilon=1,1$, $k_u=1$. Для високих поковок рекомендується приймати $k_\epsilon=1,15$ і $k_u=0,9$.

Величина базисної напруги плинності σ_{s0} у проведених експериментальних дослідженнях у середньому відповідає даним, наведеним у роботі, але для деяких марок сталей отримані значення виявляються меншими приблизно на $10-15 \%$, що очевидно, пов'язане з відмінністю швидкісних характеристик та інших умов деформування.

Основним чинником, визначальним залежність справжнього опору деформації, є температура заготовок. Математична обробка отриманих результатів дозволяє встановити наступну емпіричну залежність визначення термомеханічного коефіцієнта температури k_t :

$$k_t = C_0 e^{-T} + C_1; \quad (2)$$

де C_0, C_1 - коефіцієнти, що залежать від хімічного складу сталі;

T – абсолютна температура заготівлі, $^{\circ}\text{K}$.

Емпіричні коефіцієнти регресії C_0 і C_1 приймаються рівними для вуглецевих сталей $C_0 = 25,1$; $C_1 = 0,32$, для низьколегованих сталей $C_0 = 31,7$; $C_1 = 0,18$ для високолегованих сталей $C_0 = 33,2$; $C_1 = 0,13$.

У виробничих умовах ТКШЗ проведено серію експериментальних досліджень, основними завданнями яких було перевірка лабораторних даних, зіставлення розрахункових та експериментальних даних щодо зусилля

штампування та визначення фактичної температури останнього остаточного переходу штампування. Виробничі дослідження проводились на КГШП номінальним зусиллям 16, 25, 40 та 63 МН при штампуванні типових поковок із номенклатури підприємства. Для вимірювання зусилля використовували традиційні месдозы, що встановлюються під штамповими вставками спеціальних проточках.

Переміщення повзуна та кути поворотів головного валу вимірювалося фотоелектричними ходографами. Температура заготівель та напівфабрикатів вимірювалася кількома методами.

Загальний контроль температури здійснювався оптичним пірометром ОПР-0,9. Точніше вимірювання температури проводилося за допомогою температурних кліщів і калориметра. Температурні кліщі є ковальські кліщі, в одну з губок яких на термоізоляторі встановили робочий кінець (спай) термопари. Виведення термопари на кінці кліщів поєднувалися з електронним потенціометром ЕПД-12.

Перед початком експерименту вимірювалася початкова температура $t_{вн}$ води за допомогою спиртового термометра з ціною поділу $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. У певний момент часу калориметр поміщався нагрітий напівфабрикат, і проводилося перемішування води для вирівнювання її температури по всьому об'єму. Після витримки вимірювалася кінцева температура $t_{вк}$ води і визначалося збільшення температури $\Delta t = t_{вк} - t_{вн}$. Кількість тепла, відданого поковкою, визначалося за графіком тарування залежно від збільшення температури Δt .

Визначення швидкості охолодження проводилося в такий спосіб. Температура t_0 заготівлі на виході з ковальського нагрівача (КІН) вимірювалася оптичним пірометром та температурними кліщами. Після надходження заготовки на першу позицію вона негайно занурювалася у калориметр, визначалася температура перед першим переходом t_{01} та втрата температури $\Delta t = t_0 - t_{01}$. на ділянці подачі заготовок від КІНу до першої позиції. Наступна заготівля штампувалася на першій позиції і після цього

також поміщалася калориметр – визначалася температура t_1 після першого переходу і втрата температури на першому переході $\Delta t_1 = t_{01} - t_1$.

Вимірювання втрати температури при перенесенні на наступних переходах внаслідок недостатньої точності вимірювання різниці температури проводилося не після кожного перенесення на наступну позицію, а для всіх переносів разом. Для цього напівфабрикат після першого переходу штампування переносився на другу позицію, потім негайно переносився на третю, потім четверту позицію штампування і тільки після цього визначалася втрата температури на всіх трьох переносах. З урахуванням того, що на кожному наступному переході час транспортування напівфабрикатів та їх фіксації у штампувальному струмку збільшуються через зростаючі складності позиціонування та ускладнення форми напівфабрикатів, середні втрати температури на переносах між позиціями прийняті рівними в середньому. Наступні заготовки штампувалися на другому та всіх наступних переходах і щоразу негайно занурювалися у калориметр – вимірювалася температура t_j після кожного переходу.

Результати досліджень показують, що інтенсивність охолодження на кожному етапі обробки залежить від тривалості охолодження та співвідношення геометричних параметрів напівфабрикатів. Тривалість перебування напівфабрикатів на позиціях обробки кожного преса практично залишається постійною і визначається інтенсивністю технологічного процесу, тому найбільш важливим чинником, визначальним швидкість охолодження напівфабрикатів, є інтенсивність теплообміну заготівлі з навколишнім середовищем.

При відносно великій інтенсивності охолодження визначальним є термічний опір тіла, що охолоджується, інтенсивність охолодження стає пропорційною величині критерію Фур'є, а коефіцієнтом пропорційності є критерій конфігурації.

Для тіл, у яких теплопередача відбувається у двох координатних напрямках, класичним тілом є циліндр нескінченної довжини. Критерій

конфігурації для таких тіл є залежністю від периметра і площі перерізу. Однак для реальних поковок подовжених у плані циліндр нескінченної довжини класичним тілом не може бути, тому що довжина таких поковок кінцева і не перевищує, як правило, 3-7 діаметрів заготовки. З іншого боку, теплопередача відбувається інтенсивно, як у двох напрямках, перпендикулярних до осі, так і в напрямках, що збігаються з віссю заготовки.

Нарешті, зміна форми і розмірів поперечного перерізу таких поковок відбувається найбільш інтенсивно найчастіше на торцях, де відбувається інтенсивне їх охолодження.

Зіставлення таких поковок з циліндром нескінченної довжини не коректно, тому критерієм конфігурації поковки залишається критерій для сферичного класичного тіла з урахуванням зміни поперечного перерізу по довжині.

Для подовжених поковок складної форми визначення критерій конфігурації ks утруднене через складну форму зовнішньої поверхні і в силу вищезгаданої особливостей подовжених поковок. Як орієнтовні дані можна вказати наступне.

Початкова заготовка для таких поковок є циліндром з відношенням довжини до діаметра приблизно 3...5. За формулою[5]:

$$ks = \frac{S_0}{\sqrt[3]{36\pi V^2}}, \quad (3)$$

коефіцієнт форми ks_0 такого тіла становить 1,2...1,6. Для поковок подовженої форми без значних місцевих потовщень і перепадів діаметрів (поковки групи II) основними технологічними операціями є гнучка, плющення та попереднє штампування, при яких значної зміни площі бічної поверхні не відбувається. Для таких поковок після попередніх переходів можна набувати коефіцієнт форми $ks_1 = (1,05...1,1) ks_0$. Попереднє вальцювання заготовок збільшує коефіцієнт форми ks_0 за кожен прохід приблизно на 5-9%. У остаточному

штампувальному переході поковок групи II значної зміни площі бічної поверхні немає і коефіцієнт форми збільшується лише на 15 %. Для подовжених поковок зі значною зміною поперечного перерізу, з розгалуженнями і т. д. (поковки груп III–V), як правило, на першому переході штампування проводяться штампувальні операції без значної зміни площі бічної поверхні заготівлі (формування, згинання, попереднє штампування), тому коефіцієнт форми k_s приймається як і поковок підгрупи II. На наступних переходах виробляється місцевий набір металу, розділення частини заготовки на окремі розгалуження, тому площа бічної поверхні збільшується, і коефіцієнт форми k_s цих переходах збільшується на 30...45 %.

У виробничих умовах проведено перевірку впливу форми заготівлі на інтенсивність охолодження. Вироблялося вимірювання температури кількох груп різних за формою заготовок і поковок приблизно однакової маси на всіх етапах технологічного процесу, а зіставлення результатів проводилося контрольними експериментальними поковками. Для поковок групи I контрольна поковка являла собою кулю, маса якого дорівнює середній масі поковок, що штампуються. Для поковок груп II–IV контрольна поковка мала форму циліндра, довжина якого дорівнювала подвоєному діаметру.

Кількість поковок у кожній групі становила не менше 5, а загальна кількість груп охоплювало поковки масою від 0,5 до 175 кг. Для досліджених поковок відхилення маси всередині кожної групи становило трохи більше 7 %. Експериментальні поковки групи I штампувалися в чотирьох переходах з переходом по черзі від циліндра із закругленими торцями та ставленням висоти до діаметра рівним одиниці до кулі, і навпаки. Таким чином, площа бічної поверхні при цьому практично не змінювалася, і коефіцієнт форми таких поковок залишався незмінним $k_s \approx 1$. Для контрольних поковок груп II–IV вироблялася вальцювання, потім вони штампувалися в згинальному, попередньому та остаточному струмках. На рис. 2.5. представлений приклад експериментального дослідження та теоретичного розрахунку зміни температури поковки «шестерня, що веде заднього моста» вантажного

автомобіля. Для порівняння показано криву зміни температури класичного тіла – кулястої поковки. Етапи обробки позначені на малюнку цифрами: 0 – вихід із КІНу; 1 і 2 – початок та кінець операції осаду; 3 і 4 - початок і кінець першого попереднього штампування; 5 і 6 - початок і кінець другої попередньої штампування; 7 і 8 - початок і кінець остаточного переходу штампування.

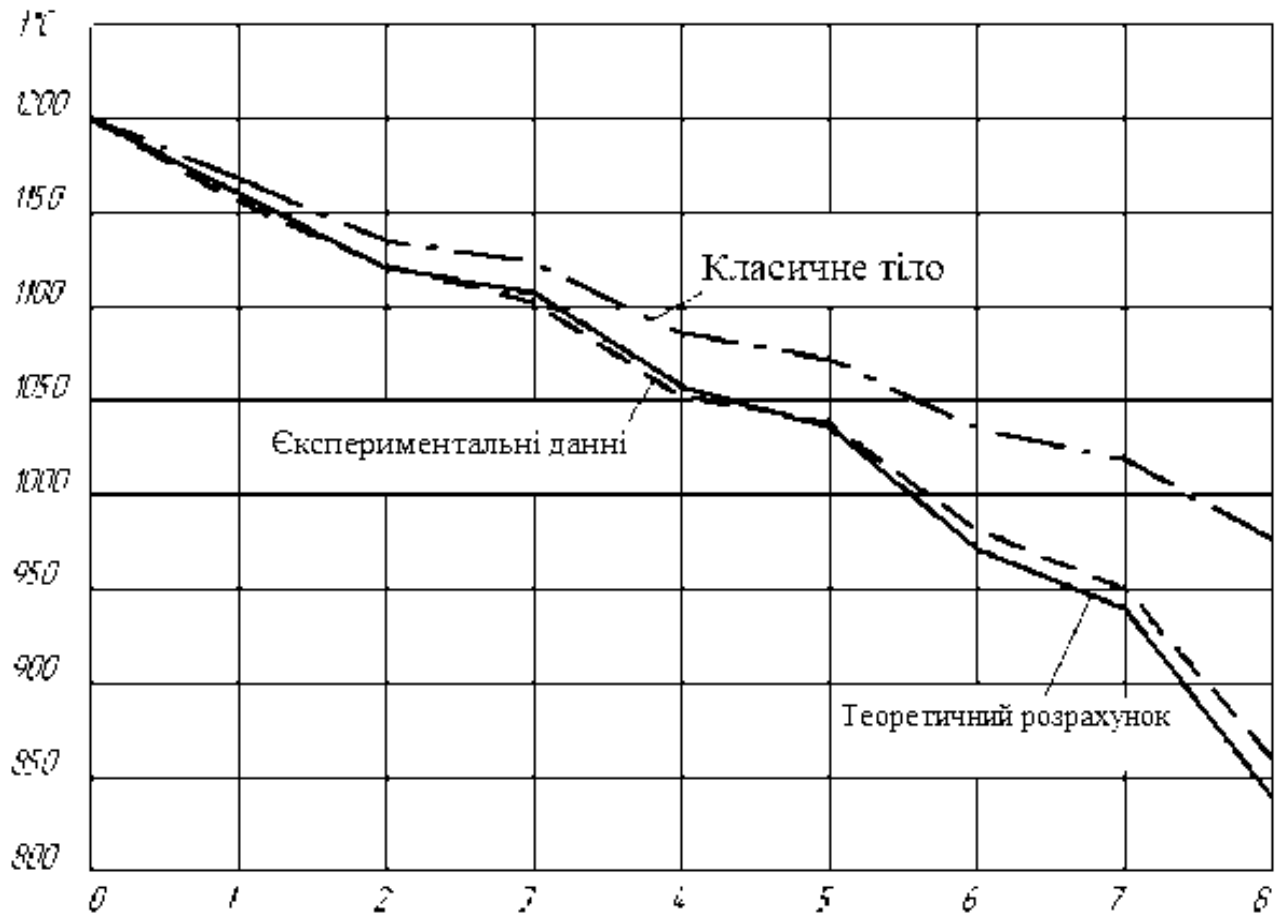


Рисунок 2.5 – Зміна температури заготівлі та напівфабрикатів з переходів штампування

2.5 Висновок до розділу 2

Як висновок, можна сказати, що вище визначено наближену аналітичну залежність для визначення межі плинності сталі залежно від температури деформації та швидкості деформування. Встановлено критерій з

метою оцінки ступеня зниження температури заготівлі всіх етапах технологічного процесу штампування – критерій конфігурації. Визначено середні величини зниження температури заготовки при її перенесенні між позиціями та на штампувальних переходах, а також аналітична залежність для визначення температури поковки на кожному переході штампування. Отримані результати можуть використовуватися як перше наближення при ручному та автоматизованому проектуванні технологічного процесу гарячого об'ємного штампування на КГШП.

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ СЕРЕДНЬОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ

3.1 Розробка технологічного процесу штампування деталі «втулка»

3.1.1 Розробка креслення поковки "втулка"

Вихідним документом є креслення готової деталі, яке представлено на рис. 3.1.

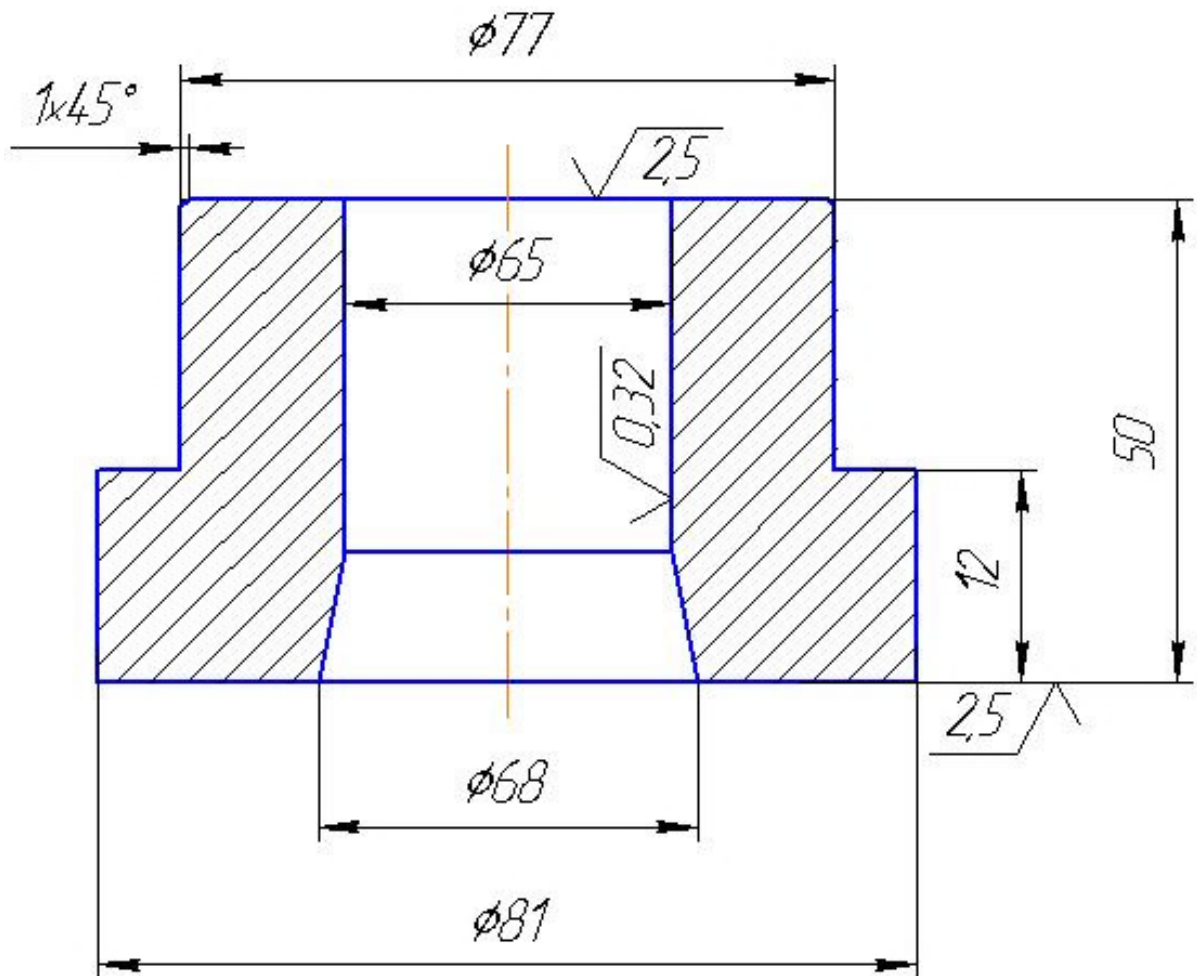


Рисунок 3.1 – Деталь «втулка»

3.1.1.1 Вихідні дані деталі

Штампувальне обладнання - молот штампувальний.

Нагрів заготовок - полум'яний газовий.

Матеріал – сталь 40 ГОСТ 1050-80.

Маса деталі

$$G_{\delta} = V_{\delta} \cdot \rho, \quad (4)$$

де V – обсяг деталі;

ρ – густина матеріалу деталі.

З креслення знаходимо

$$V = \frac{\pi}{4} (81^2 \cdot 12 + 77^2 \cdot 38 - 65^2 \cdot 50) = 74210,64 \text{ мм}^3. \quad (5)$$

Тоді

$$G_{\delta} = 74210,64 \cdot 7,82 = 0,581 \text{ кг}. \quad (6)$$

Маса поковки приблизно дорівнює:

$$G = k \cdot G_{\delta} = 1,8 \cdot 0,581 = 1,046 \text{ кг}. \quad (7)$$

Коефіцієнт k для круглих поковок приймається рівним 1,5-1,8.

3.1.1.2 Визначення вихідного індексу

Вихідний індекс покування за ДСТУ 7505-89 визначається за сукупністю декількох параметрів.

Клас точності поковки встановлюється залежно від технологічного процесу та обладнання для її виготовлення. При штампуванні на молоті клас точності досягається Т4 або Т5. Приймаємо клас Т4.

Група сталі визначається за хімічним складом. кількість вуглецю в сталі 40 становить приблизно 0,4% і немає легуючих елементів, група сталі буде М2.

Ступінь складності поковки визначаємо шляхом обчислення відношення маси (об'єму) поковки до маси (об'єму) геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Розміри, що описує поковку фігури (циліндр):

- діаметр – 80,0 мм;
- довжина – 50 мм.

Обсяг описуючої фігури:

$$V_{\phi} = \frac{\pi}{4} 50 \cdot 81^2 = 262803 \text{ мм}^3. \quad (8)$$

Тоді відношення обсягів деталі та фігури становить $74210/262803=0,2824$, що відповідає ступеню складності С3.

Конфігурація поверхні роз'єму штампі П (плоска).

За табл. 2 вихідний індекс №11.

3.1.1.3 Припуски та ковальські напуски

Фаска $1 \times 45^\circ$ не виготовляється. Конус у нижній частині отвору також не виготовляється. Перепад діаметрів 81 і 77 мм виготовлятиметься, якщо після призначення припусків перепад складе більше 5 мм.

Основні припуски на розміри при заданих розмірах деталі та шорсткості поверхні становитимуть, мм:

- 1,3 – діаметр 81 мм та чистота поверхні понад 100;
- 1,6 – діаметр 77 мм та чистота поверхні 1,6;
- 1,8 – діаметр 65 мм та чистота поверхні 0,32;
- 1,7 – висота 50 мм та чистота поверхні 2,5.

Додатковий припуск на зсув поверхні штампів при масі поковки 1,046 кг, плоскій поверхні роз'єму і класі точності Т4 – 0,2 мм.

Припуск на вигнутість та відхилення від площинності – 0,3 мм.

Штампувальні ухили зовнішні 7°, внутрішні 10°.

Радіуси закруглень зовнішніх кутів – 3 мм (мінімальний), приймається 4 мм.

Розміри поковки будуть, мм:

- діаметр $81+(1,3+0,2)\cdot 2=84$ приймається 84 мм;
- діаметр $77+(1,6+0,2)\cdot 2=80,6$ приймається 81 мм;
- діаметр $65-(1,8+0,2)\cdot 2=61$ приймається 61 мм;
- висота $50+(1,7+0,2)\cdot 2=53,8$ приймається 54 мм;

Таким чином, перепад діаметрів на зовнішній поверхні не виконується.

Допустимі відхилення розмірів мм;

- діаметр $81_{-0,7}^{+1,3}$;
- діаметр $61_{-0,7}^{+1,3}$;
- висота $54_{-0,7}^{+1,3}$.

Невказані граничні відхилення розмірів дорівнюють 1,5 допуску відповідного розміру поковки з рівними відхиленнями, що допускаються.

Допустимі відхилення від площинності – 0,6мм;

Допустима величина залишкового задирки – 0,7 мм;

Допустиме відхилення від концентричності – 0,8 мм;

Зміщення, що допускається, по поверхні роз'єму - 0,5 мм.

Креслення поковки показано на рис. 3.2.

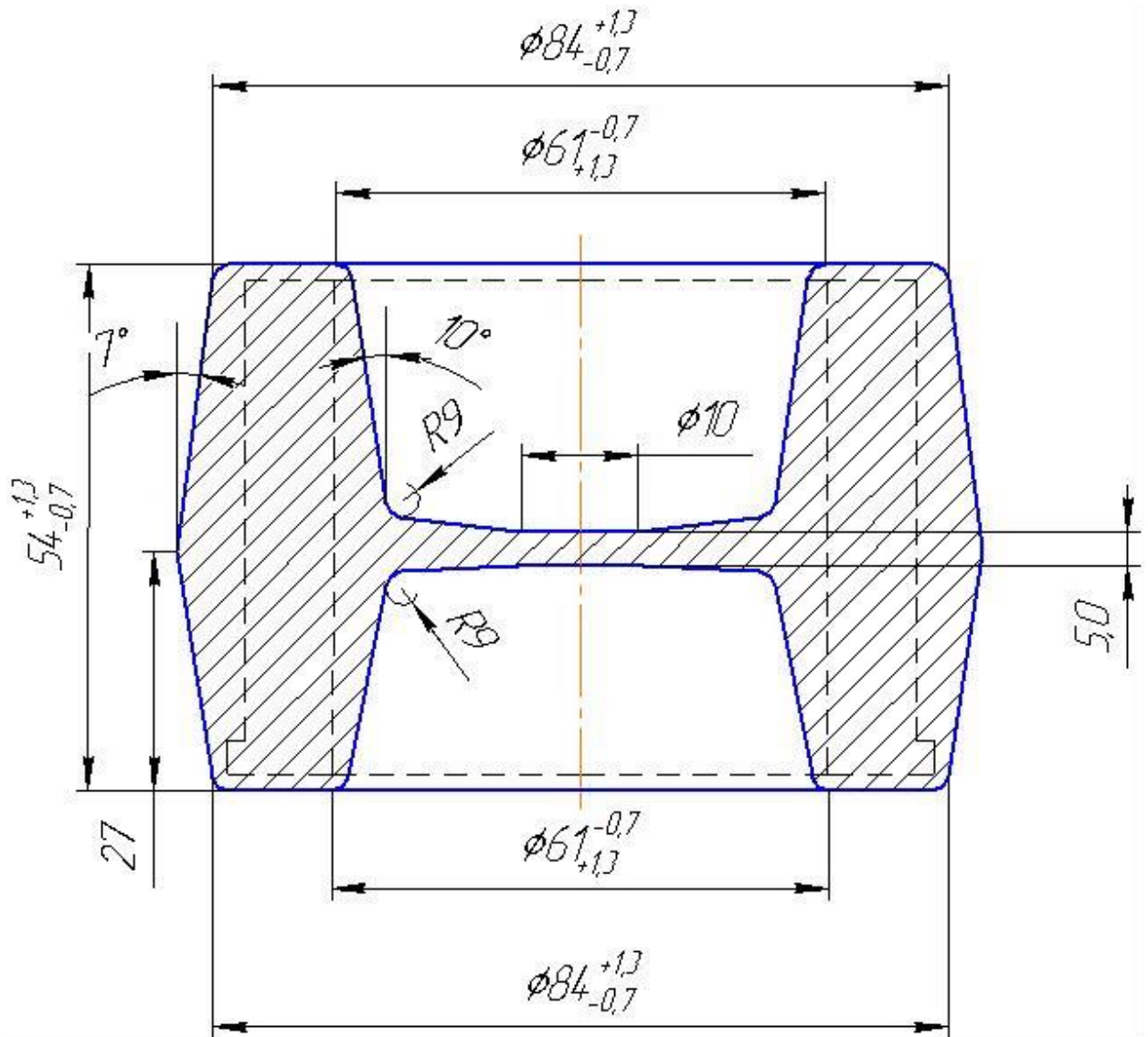


Рисунок 3.2 – Поковка «втулка»

3.1.2 Розрахунок технологічного процесу

Тип облівної канавки

Товщина облої на містку визначається залежно від форми покування в плані:

$$h_{01} = 0,015 \cdot D_{\Pi} = 0,015 \cdot 84 = 1,26 \text{ мм.} \quad (9)$$

Округлюємо результат та підбираємо за табл. найближче значення та визначимо номер канавки та інші розміри.

Канавка № = 4

$h_0 = 1,6$ мм; $R = 2,5$ мм;

$b = 8$ мм; $b_1 = 22$ мм; $S_{\text{обл.к}} = 1,02$ см²

Визначаємо обсяг облої:

$$V_3 = S_{\text{обл.к}} \cdot P = \pi \cdot 1,02 \cdot 84 \cdot \xi = 13450 \text{ мм}^2. \quad (10)$$

Тут зазначено:

P – периметр облойної канавки;

ξ - коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення канавки. Він дорівнює 0,5.

Намітка під прошивку

Внутрішній отвір діаметром 61 мм може бути відштампований, тому що мінімальний діаметр отвору, що прошивається, дорівнює:

$$d_{\min} = 24 + 0,0625D = 24 + 0,0625 \cdot 84 = 29,25 \text{ мм}. \quad (11)$$

При співвідношенні глибини до діаметра отвору, що прошивається, намітка під прошивку приймається з розкосом.

Товщина центральної частини намітки:

$$S = 0,45 \sqrt{D - 0,25h - 5} + 0,6 \sqrt{h} = 0,45 \sqrt{61 - 0,25 \cdot 27 - 5} + 0,6 \sqrt{27} = 5,267 \text{ мм}. \quad (12)$$

Приймаємо 5 мм.

Радіус закруглення вершин наміток дорівнює:

$$R_1 = R + 0,1h + 2 = 2,5 + 0,1 \cdot 27 + 2 = 8,2 \text{ мм}. \quad (13)$$

Приймаємо 9 мм.

Об'єм заготовки

Визначаємо обсяг заготівлі разом із облоєм:

$$V_3 = (V_{\text{пок}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{пер}}) \cdot K_y = (175030 + 13450 + 12658) \cdot 1,03 = 218956 \text{ мм}^3. \quad (14)$$

Коефіцієнт K_y враховує втрати металу на чад. При полум'яному нагріванні приймаємо коефіцієнт 1,03.

Визначаємо розрахунковий діаметр заготівлі:

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot k}}. \quad (15)$$

Коефіцієнт $k = H_3/D_3 \leq 2..2,5$.

Приймаючи його рівним 1,5, знаходимо [14]

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 218956}{\pi \cdot 1,5}} = 56,8 \text{ мм}. \quad (16)$$

Приймається стандартний найближчий розмір 55 мм.

Визначаємо висоту заготівлі:

$$H_{\text{заг}} = \frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2} = \frac{4 \cdot 218956}{\pi \cdot 55^2} = 98,21 \text{ мм}. \quad (17)$$

Визначення температурного режиму деформації та способу нагрівання

Температурний інтервал штампування було встановлено на підставі таких даних:

а) діаграми стану сплаву (за діаграмою визначили температуру, за якої сплав має однорідну структуру);

б) комплексу лабораторних випробувань, пов'язаних із визначенням властивостей металу при підвищених та високих температурах, з подальшою перевіркою результатів цих випробувань у виробничих умовах;

в) вивчення залежності будови металу від часу перебування його за підвищених та високих температур.

Температурний інтервал для сталі 40 прийнятий наступний:

- температура початку штампування максимальна 1260°C.
- температура кінця штампування 850°C.

Нагрівання заготовок проводиться в газополум'яних печах. Час нагріву заготовок 25 хвилин. Завантаження здійснюється по 25 заготовок у камеру.

Вибір та розрахунок переходів штампування

Аналізуючи базовий варіант штампування поковки з аналогічним розподілом металу та вагою, відповідно до розмірів поковки та форми її поперечних перерізів, виконуються такі переходи виготовлення поковки:

1. Різання прутка на мірні заготовки.
2. Опод на осадовому майданчику.
3. Штампування в чистовому струмку.
4. Обрізання облої.
5. Прошивка отвору.

Визначення маси падаючих частин молота та вибору молота

Оскільки кругова поковка використовуємо формулу:

$$G = 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_t \cdot (1 - 0,00005 \cdot Dn) \cdot \left(3,75 \left(b + \frac{Dn}{4}\right) \cdot (75 + 0,001 \cdot D_{II}^2) + Dn \cdot \left(\frac{b^2}{2} + b \cdot \frac{Dn}{4} + \frac{D_{II}^2}{50}\right) \cdot \ln\left(1 + 2,5 \cdot \frac{75 + 0,001 \cdot D_{II}^2}{Dn \cdot h_0}\right)\right) \quad (18)$$

$D_n = 84$ мм – наведений діаметр некруглого у плані поковки;

σ_t - межа плинності матеріалу кування при даній температурі;

$\sigma_t = 83$ МПа;

$b = 8$ мм;

$h_0 = 1,6$ мм;

$$G = 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot 83 \cdot (1 - 0,00005 \cdot 84) \cdot \left(3,75 \left(8 + \frac{84}{4}\right) \cdot (75 + 0,001 \cdot 84^2) + 84 \cdot \left(\frac{8^2}{2} + 8 \cdot \frac{84}{4} + \frac{84^2}{50}\right) \cdot \ln\left(1 + 2,5 \cdot \frac{75 + 0,001 \cdot 84^2}{84 \cdot 1,6}\right)\right) = 686,73 \text{ кг} \quad (19)$$

За довідником вибрали молот штампувальний пароповітряний МВ 2140 з масою частин 1000 кг, що падають.

Визначення зусилля та вибір преса для обрізання

Зусилля обрізки облої визначається за формулою:

$$P_{\text{обр}} = F_{\text{ср}} \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot \beta \cdot k, \quad (20)$$

де $F_{\text{ср}}$ - площа зрізу

$$F_{\text{ср}} = \pi \cdot D_{\text{обл}} \cdot b, \quad (21)$$

$D_{\text{обл}}$ – діаметр облої по містку;

b - Товщина містка;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опору зрізу

$$\sigma_{\text{ср}} = 0,8\sigma_B = 0,8 \cdot 104 = 83,2 \text{ МПа}; \quad (22)$$

β – коефіцієнт, що враховує затуплення кромки

k – коефіцієнт запасу.

Знаходимо

$$P_{обр} = F_{ср} \cdot \sigma_{ср} \cdot \beta \cdot k = 713,17 \cdot 83,2 \cdot 1,7 \cdot 1,1 = 110957 \text{ Н} = 0,11 \text{ МН}. \quad (23)$$

Зусилля пробивання перемички визначається за аналогічною формулою:

$$P_{пров} = F_{ср} \cdot \sigma_{ср} \cdot \beta \cdot k = \pi \cdot 54637 \cdot 5 \cdot 83,2 \cdot 1,7 \cdot 1,1 = 0,265 \text{ МН}. \quad (24)$$

Сумарне зусилля становить 0,375 МН.

Виходячи з сумарного зусилля, закритої висоти та розмірів штампу вибираємо обрізний прес КІ 9532 зусиллям 1,6 МН.

3.2 Розробка технологічного процесу штампування деталі «опора»

3.2.1 Розробка креслення поковки «опора»

Вихідним документом є креслення готової деталі, яке представлено на рисунку 3.3.

3.2.1.1 Вихідні дані деталі

Штампувальне обладнання - молот штампувальний.

Нагрів заготовок - полум'яний газовий.

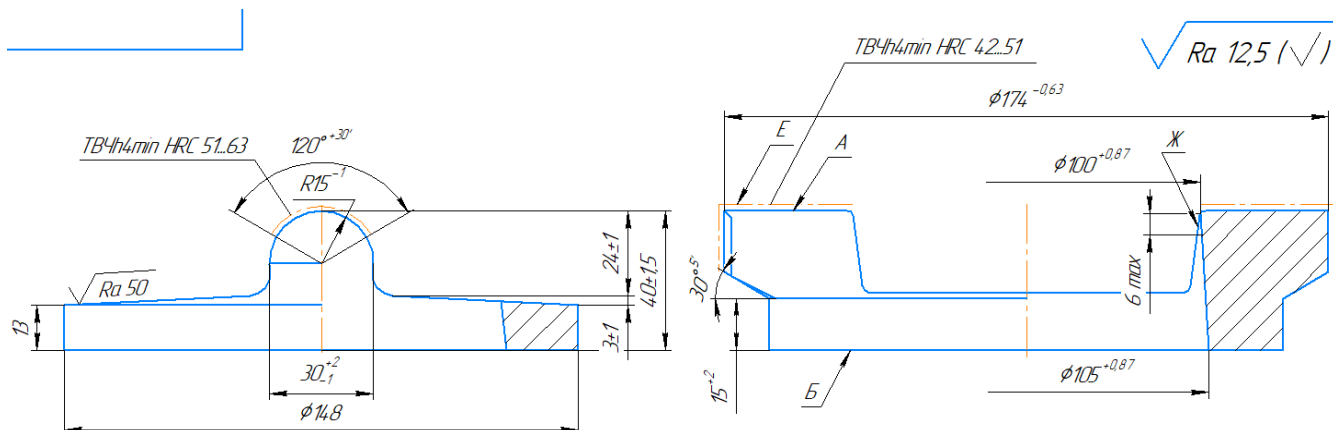
Матеріал – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

З креслення задано $V_{дет} = 1,5$ кг.

Тоді маса поковки приблизно дорівнює:

$$G = k \cdot G = 1,7 \cdot 1,5 = 2,55 \text{ кг}. \quad (25)$$

Коефіцієнт k для круглих поковок приймається рівним 1,5-1,8.



1. Поковка Гр. 1 ДСТУ 8479-70.
2. Допуск паралельності утворюючої поверхні А щодо поверхні Б 0,5 мм.
3. Допуск відхилення поверхні А від загальної прилеглої площини 0,5 мм.
4. Шорсткість поверхні В Ra 6,3.
5. Виступи в місцях сполучення обробленої поверхні з необробленими поверхнями не допускаються.
6. Місце табування остаточної приймання ОТК.
7. Гострі кромки обмежують поверхні Е заокруглити радіусом 1.
8. На поверхнях Ж і Е допускається чорнота.

Рисунок 3.3 – Деталь «опора»

3.2.1.2 Визначення вихідного індексу

Вихідний індекс покування за ДСТУ 7505-89 визначається за сукупністю декількох параметрів.

Клас точності поковки встановлюється залежно від технологічного процесу та обладнання для її виготовлення. При штампуванні на молоті клас точності досягається Т4 або Т5. Приймаємо клас Т4.

Група сталі визначається за хімічним складом. кількість вуглецю в сталі 40Х становить приблизно 0,4% і легуючих елементів близько 1%, група сталі буде М2.

Ступінь складності поковки визначаємо шляхом обчислення відношення маси (об'єму) поковки до маси (об'єму) геометричної фігури, в

яку вписується форма поковки. Розміри, що описує поковку фігури (циліндр):

- діаметр – 174 мм;
- довжина – 40 мм.

Обсяг описуючої фігури:

$$V_{\phi} = \frac{\pi}{4} 40 \cdot 174^2 = 712990 \text{ мм}^3. \quad (26)$$

Тоді відношення обсягів деталі та фігури становить $326087/712990=0,457$, що відповідає ступеню складності С2.

Конфігурація поверхні роз'єму штампу симетрично зігнута.

За табл. 2 вихідний індекс №12.

3.2.1.3 Припуски та ковальські напуски

Основні припуски на розміри при заданих розмірах деталі та шорсткості поверхні становитимуть, мм:

- 1,5 – діаметр 148 мм та чистота поверхні 12,5;
- 1,7 – діаметр 174 мм та чистота поверхні 12,5;
- 1,5 – діаметр 100 мм та чистота поверхні 12,5;
- 1,5 – висота 40 мм та чистота поверхні 12,5.

Додатковий припуск на зсув поверхні штампів при масі поковки 2,55 кг, симетрично зігнутої поверхні роз'єму і класі точності Т4 - 0,3 мм.

Припуск на вигнутість та відхилення від площинності – 0,5 мм.

Штампувальні ухили зовнішні 7 °, внутрішні 10 °.

Радіуси закруглень зовнішніх кутів - 2,5 мм (мінімальний), приймається 4 мм.

Розміри поковки будуть, мм:

- діаметр $148+(1,5+0,3) \cdot 2=151,6$ приймається 152 мм;
- діаметр $174+(1,7+0,3) \cdot 2=178$ приймається 178 мм;
- діаметр $100-(1,5+0,3) \cdot 2=96,4$ приймається 96 мм;
- висота $40+(1,5+0,3) \cdot 2=45,4$ приймається 45,4 мм;

Допустимі відхилення розмірів мм;

- діаметр $152_{-0,9}^{+1,6}$;
- діаметр $174_{-1}^{+1,8}$;
- діаметр $96_{-1,4}^{+0,8}$;
- висота $45,4_{-0,8}^{+1,4}$.

Невказані граничні відхилення розмірів дорівнюють 1,5 допуску відповідного розміру поковки з рівними відхиленнями, що допускаються:

Допустимі відхилення від площинності – 0,6мм;

Допустима величина залишкового задирки – 0,8 мм;

Допустиме відхилення від концентричності – 1,5 мм;

Зміщення, що допускається, по поверхні роз'єму - 1,0 мм.

Креслення поковки показано на рис. 3.4.

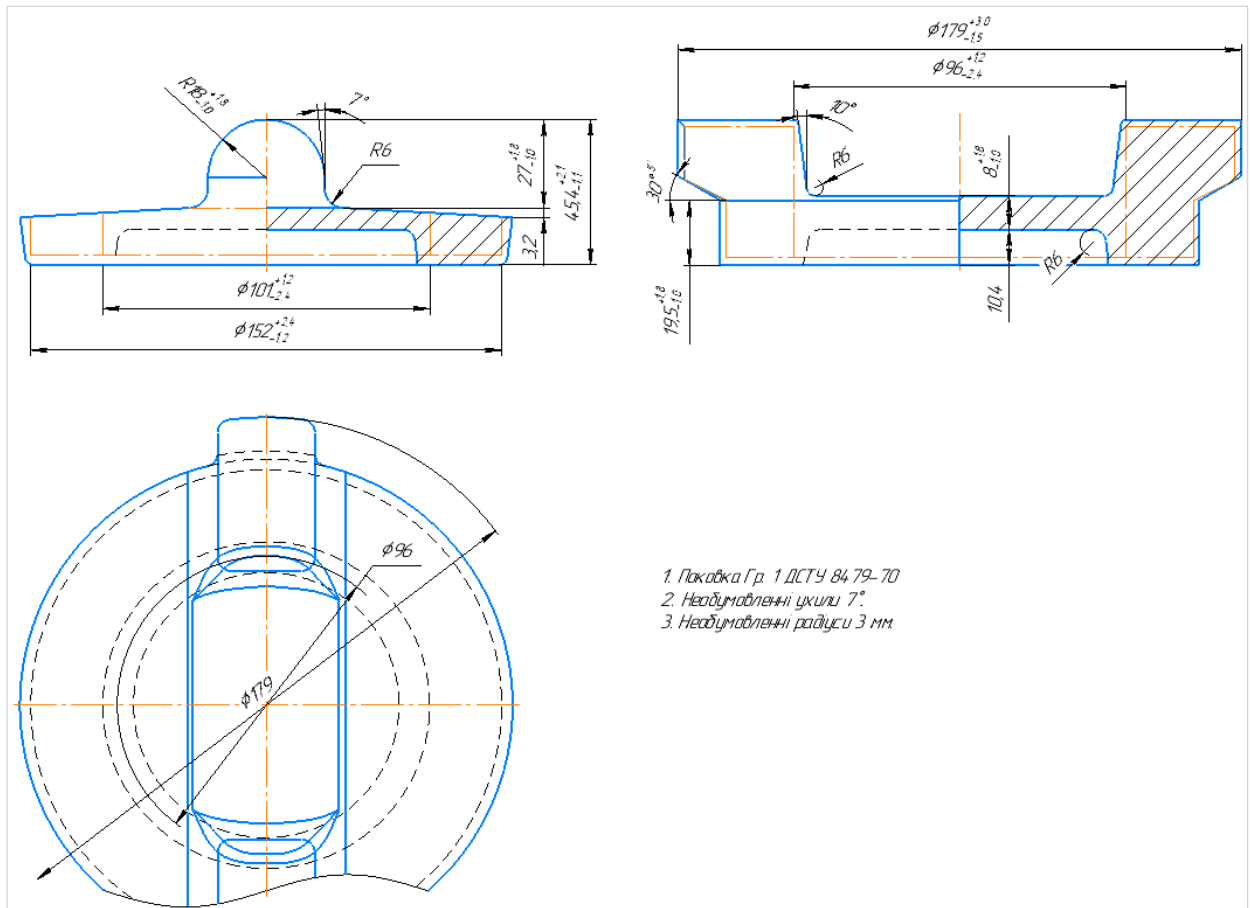


Рисунок 3.4 – Поковка «опора»

3.3 Розрахунок технологічного процесу

Тип облойної канавки

Товщина облої на містку визначається залежно від форми покування в плані:

$$h_{01} = 0,015 \cdot D_{\text{п}} = 0,015 \cdot 152 = 2,28 \text{ мм} \quad (27)$$

Округлюємо результат та підбираємо за табл. найближче значення h_0 та визначимо номер канавки та інші розміри.

Канавка № = 5

$h_0 = 2 \text{ мм}$; $R = 2,5 \text{ мм}$;

$$b = 9 \text{ мм}; \quad b_1 = 25 \text{ мм}; \quad S_{\text{обл.к.}} = 1,36 \text{ см}^2$$

Визначаємо об'єм облою:

$$V_3 = S_{\text{обл}} \cdot P = (\pi \cdot 152 + 40) \cdot 1,36 \cdot \xi = 35191,5 \text{ мм}^2. \quad (28)$$

Тут зазначено:

P – периметр обліної канавки;

ξ - коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення канавки. Він дорівнює 0,5.

Намітка під прошивку

Внутрішній отвір діаметром 96 мм може бути відштампований, тому що мінімальний діаметр отвору, що прошивається, дорівнює:

$$d_{\min} = 24 + 0,0625D = 24 + 0,0625 \cdot 152 = 33,5 \text{ мм}. \quad (29)$$

При співвідношенні глибини до діаметра отвору, що прошивається $45/96=0,469$ намітка під прошивку приймається плоска.

Товщина центральної частини намітки:

$$S = 0,45\sqrt{D - 0,25h - 5} + 0,6\sqrt{h} = 0,45\sqrt{96 - 0,25 \cdot 45 - 5} + 0,6\sqrt{45} = 8,4028 \text{ мм} \quad (30)$$

Приймаємо 8 мм.

Радіус закруглення вершин наміток дорівнює:

$$R_1 = R + 0,1h + 2 = 2,5 + 0,1 \cdot 45 + 2 = 9 \text{ мм}. \quad (31)$$

Приймаємо 9 мм.

Об'єм заготовки

Визначаємо обсяг заготовки разом із облоєм:

$$V_3 = (V_{\text{пок}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{пер}}) \cdot K_y = (319690 + 35191 + 50868) \cdot 1,03 = 417920 \text{ мм}^3. \quad (32)$$

Коефіцієнту враховує втрати металу на чад. При полум'яному нагріванні приймаємо коефіцієнт 1,03.

Визначаємо розрахунковий діаметр заготовки:

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot k}} \quad (33)$$

Коефіцієнт $k = H_3 / D_3 = 1,5 \dots 2,5$.

Приймаючи його рівним 1,5, знаходимо:

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 417920}{\pi \cdot 1,5}} = 70,8 \text{ мм} \quad (34)$$

Приймається стандартний найближчий розмір 72 мм.

Визначаємо висоту заготовки:

$$H_{\text{заг}} = \frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2} = \frac{4 \cdot 218956}{\pi \cdot 55^2} = 98,21 \text{ мм}. \quad (35)$$

Визначення температурного режиму деформації та способу нагрівання

Температурний інтервал штампування було встановлено на підставі таких даних:

а) діаграми стану сплаву (за діаграмою визначили температуру, за якої сплав має однорідну структуру);

б) комплексу лабораторних випробувань, пов'язаних із визначенням властивостей металу при підвищених та високих температурах, з подальшою перевіркою результатів цих випробувань у виробничих умовах;

в) вивчення залежності будови металу від часу перебування його за підвищених та високих температур.

Температурний інтервал для сталі 40 прийнятий наступний:

- температура початку штампування максимальна 1240°C.
- температура кінця штампування 850°C.

Нагрівання заготовок проводиться в газополум'яних печах. Час нагріву заготовок 25 хвилин. Завантаження здійснюється по 25 заготовок у камеру.

Вибір та розрахунок переходів штампування

Аналізуючи базовий варіант штампування поковки з аналогічним розподілом металу та вагою, відповідно до розмірів поковки та форми її поперечних перерізів, виконуються такі переходи виготовлення поковки:

1. Різання прутка на мірні заготовки.
2. Опод на осадовому майданчику.
3. Штампування в чистовому струмку.
4. Обрізання облої.

Визначення маси падаючих частин молота та вибору молота

Оскільки кругова поковка використовуємо формулу[8]:

$$G = 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_t \cdot (1 - 0,00005 \cdot Dn) \cdot \left(3,75 \left(b + \frac{Dn}{4}\right) \cdot (75 + 0,001 \cdot D_{II}^2) + Dn \cdot \left(\frac{b^2}{2} + b \cdot \frac{Dn}{4} + \frac{d_{II}^2}{50}\right) \ln\left(1 + 2,5 \cdot \frac{75 + 0,001 \cdot D_{II}^2}{Dn \cdot h_0}\right)\right) \quad (36)$$

$D_{II} = 152$ мм – наведений діаметр некруглого у плані поковки;

σ_t - межа плинності матеріалу кування при даній температурі;

$\sigma_t = 104$ МПа;

$b = 9$ мм;

$h_0 = 2$ мм;

$$G = 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_t \cdot (1 - 0,00005 \cdot 152) \cdot \left(3,75 \left(9 + \frac{152}{4}\right) \cdot (75 + 0,001 \cdot 152^2) + 152 \cdot \left(\frac{9^2}{2} + 8 \cdot \frac{152}{4} + \frac{152^2}{50}\right) \ln\left(1 + 2,5 \cdot \frac{75 + 0,001 \cdot 152^2}{152 \cdot 2}\right)\right) = 1432,96 \text{ кг.} \quad (37)$$

За довідником вибрали молот штампувальний пароповітряний МВ 2143 з масою частин 2000 кг, що падають.

Визначення зусилля та вибір преса для обрізання

Зусилля обрізки облої визначається за формулою:

$$P_{\text{обр}} = F_{\text{ср}} \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot \beta \cdot k, \quad (38)$$

де $F_{\text{ср}}$ - площа зрізу

$$F_{\text{ср}} = \pi \cdot D_{\text{обл}} \cdot b, \quad (39)$$

$D_{\text{обл}}$ – діаметр облої по містку;

b - Товщина містка;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опору зрізу

$$\sigma_{\text{ср}} = 0,8\sigma_B = 0,8 \cdot 130 = 104 \text{ МПа;} \quad (40)$$

β – коефіцієнт, що враховує затушення кромки

k – коефіцієнт запасу.

Знаходимо:

$$P_{\text{обр}} = F_{\text{ср}} \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot \beta \cdot k = (\pi \cdot 152 + 40) \cdot 104 \cdot 1,7 \cdot 1,1 = 201257\text{Н} = 0,2012\text{МН}. \quad (41)$$

Виходячи із зусилля деформації, закритої висоти та розмірів штампу вибираємо обрізний прес КІ 9532 зусиллям 1,6 МН.

3.4 Висновок до розділу 3

В даному розділі розглянута деталь, а саме «Втулка», розрахунок та визначення потрібного обладнання, для її подальшої обробки, за необхідним зусиллям, розрахунковим шляхом було обране таке обладнання : молот штампувальний пароповітряний МВ 2140 з масою падаючих частин 1000 кг, та обрізний прес «КІ 9532» із зусиллям 1,6 МН.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Процес гарячого тиснення повинен відповідати певним умовам безпеки. Але щоб визначити, які саме, потрібно проаналізувати небезпечні ситуації, які можуть виникнути на роботі.

Ковальський цех є небезпечним місцем, яке характеризується відносною вологістю понад 75%, температурою повітря протягом тривалого часу вище +30 градусів, підлогою з струмопровідних матеріалів, що виділяє велику кількість електропровідного технологічного пилу, які осідають на проводах і Проникнення всередину електроустановок, розміщення електроустановок у металевих огороженнях, з'єднаних із землею, а також у металевих конструкціях будівель і технічного обладнання.

Нагрівальні печі, розпечений метал і мастила для гарячого штампування є джерелами забруднення повітря в цеху з утворенням диму, кіптяви і шкідливих газів.

У процесі можуть бути небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- різні рухомі механізми, ПТМ, вантажі, що переміщуються, незахищені рухомі частини виробничого обладнання, відлітають частинки деформованого матеріалу та інструменту;
- підвищена температура повітря, поверхні обладнання, інструменту, оснастки, деформованих заготовок;
- Недостатня освітленість робочих місць, проходів, проїздів;
- Загазованість повітря робочої зони;
- шум та вібрація;
- Підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- фізичні навантаження (динамічні та статичні).

Усі місця у цеху є небезпечними щодо травматизму.

4.1 Заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів

Найбільш небезпечним для травм є ковальський пресовий устаткування. Тому всі питання, пов'язані з технологією безпеки, фундаментально розглядаються в дипломній програмі.

Усі пристрої мають корпус, який закриває їх зовнішні частини та вузли, що рухаються або обертаються, надійні органи керування (кнопки, педалі, ручки), що не допускають випадкового чи мимовільного відкриття чи перемикання під час роботи. Столи обладнання, електронагрівальні блоки і корпуси двигунів, пульти і органи управління заземлені.

Для зменшення нагріву робочого місця і впливу теплових променів на роботу встановлюють устаткування і нагрівальні прилади поздовжньо. Опалювальні печі добре ізолювані, що зменшує нагрівання приміщень і робочих місць. Зовнішня поверхня печі покрита ізоляційним матеріалом. Вікна та отвори опалювальної печі обладнують захисними пристроями для зменшення впливу теплового випромінювання.

При роботі в ковальському цеху необхідно дотримуватись наступних правил техніки безпеки:

- налагодження штампів на пресах, ремонтні роботи необхідно виконувати при вимкненому електродвигуні та зупиненому маховику.
- Огляд і технічне обслуговування преса можна проводити тільки при нижньому положенні салазки;
- Несправність преса або неправильне управління процесом штампування, особливо неправильне регулювання та затягування інструментів, неправильне нагрівання заготовки або невідповідність її нормальним розмірам і вазі, може призвести до перевантаження преса та виходу з ладу;
- Через великий розмір заготовки та погане змащування можуть виникнути травми, коли заготовка застряє у матриці. Працівники

можуть отримати травми від шлаку або частин металу та деталей інструменту, які підстрибують у процесі штампування. Штампуючий персонал повинен бути в спеціальному одязі та взутті, касках і захисних окулярах;

- Плоскогубці, які використовуються для утримання заготовки, повинні відповідати її формі та мати таку довжину, щоб руки штампувальника не піддавалися впливу температур, які нагрівають заготовку, і не перебували в зоні падіння штампувальника;
- Перед початком роботи необхідно перевірити справність механізму керування, трубопроводів високого тиску та умови їх кріплення, наявність і справність пристрою керування, наявність захисних пристроїв механізму керування та механізованого пристрою. Знаходяться в нормальному стані. Перевірте, чи є мастило в місцях сильного тертя;
- Будова і технічне обслуговування електроустановки преса повинні відповідати чинним технічним регламентам експлуатації електроустановок промислових підприємств. Кнопки управління повинні живитися від мережі з напругою не вище 36В. Операторам пресів забороняється відкривати встановлені біля преса шафу електророзподілення, кришку пускового пристрою тощо;
- Для надійної роботи преса необхідно дотримуватися певних правил своєчасного огляду та обслуговування. Регулярні зовнішні огляди не рідше одного разу за зміну для перевірки подачі масла в точки змащення, перевірки роботи зчеплень і гальм, підтяжки кріплень можуть продовжити термін служби преса без необхідності передчасного відключення для ремонту.

Використовуване пресове обладнання відповідає ДСТУ 12.2.003-91 "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки"[15].

Основним засобом для запобігання травматизму при роботі на пресах та іншому обладнанні є механізація та автоматизація виробничого процесу.

Механізація та автоматизація виключають необхідність у безпосередньому зіткненні виробничого персоналу з обладнанням під час його роботи, запобігаючи цим проникненню рук робітника в небезпечні зони обладнання під час його роботи. Автоматизація та механізація полегшують умови праці, знижують стомлюваність, що запобігає травматизму.

Ковальсько-штампувальний цех відноситься до класу приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом до приміщень "з підвищеною небезпекою" відповідно до документа "Правила безпечної експлуатації електроустановок". Основними заходами захисту від поразки струмом є: забезпечення недоступності струмопровідних частин, що є під напругою, для дотику; електричний поділ мережі; При застосуванні низької напруги, застосуванні подвійної ізоляції, вирівнювання потенціалів, захисного заземлення, регулювання нуля, захисного відключення тощо усувається ризик пошкодження оболонки, ввідів та інших компонентів електрообладнання при появі напруги. Методи забезпечення електробезпеки реалізуються згідно з ГОСТ 12.1.009-76 "Електробезпека. Терміни та визначення".

На під'ємно-транспортних механізмах встановлена охоронна сигналізація.

4.2 Заходи щодо забезпечення гігієни виробництва та праці

Найважливішими факторами забезпечення безпеки праці та високої продуктивності праці є освітленість, метеорологічні умови та чистота повітря на робочому місці.

Аналіз технологічного та пресового обладнання, запропонованого для цього проекту, показує, що рівень виробничої гігієни IV згідно ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови територій». Санітарно-захисна зона конструкторської майстерні знаходиться на відстані 100 м від інших цехів і житлової забудови [13].

Виробничі процеси в цеху відносяться до групи Пб - процеси, що виділяють променисте і конвективне тепло: основні процеси в ковальському цеху.

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Правила гігієни мікроклімату промислових підприємств» на промислових підприємствах ковальського цеху спостерігалися метеорологічні умови. З урахуванням цілорічного виробництва:

- Холодні періоди року, під час робіт Пб середньої інтенсивності - Оптимальні температурні критерії 17...19°C, відносна вологість повітря 60...40%, швидкість вітру в робочій зоні 0,3 м/с;

- У теплі періоди року - оптимальні температурні критерії 20...22°C, відносна вологість повітря 60...40%, швидкість вітру в робочій зоні 0,4 м/с [25].

Відповідно до СНіП 2.04.05-91* в «Опалення, вентиляція, кондиціонування. Норми проектування» цех проектується з використанням таких способів вентиляції: природного (провітрювання) і штучного (загальнообмінного, припливно-витяжного). Штучна вентиляція застосовується, оскільки в цеху існує надлишок явного тепла та задимленості робочої зони, які не можуть бути усунені шляхом природної вентиляції. Витяжні пристрої служать для відведення продуктів горіння безпосередньо від печей через систему кнурів та димові труби.

У печі можна використовувати зонт, з витяжною трубою, з'єднаною з колектором для збору димових газів і випуску їх в атмосферу. КГШП оснащений місцевими установками для видалення випарів із зони розташування марок.

Заходи щодо зменшення нагріву обладнання та нагріву заготовок:

- Теплоізоляція обладнання, опалювальних установок і труб;
- Обладнання опломбовано.

Якщо працівники перебувають у місцях з високою температурою протягом тривалого часу, передбачається, що:

- Водно-повітряний душ;
- Холодне екранування;
- Місце для відпочинку співробітників.

Внаслідок неправильної установки обладнання, розбалансування механізмів, зносу або поломки машин шкідливий вплив шуму та вібрації на організм людини в цеху перевищує допустимі норми. Крім того, з технічними процесами пов'язано багато шуму та вібрації. Тому в кузні вони з'являються при куванні молотом. Для запобігання імпульсним шумам, основним джерелом яких є кувально-пробивні молоти, в ковальських цехах обладнання встановлюють на спеціальні фундаменти, обладнані амортизаторами. При проектуванні цеху було вжито всіх заходів щодо зниження рівня шуму та вібрації у робочій зоні відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 «Національний гігієнічний стандарт вібрацій та локалізованих вібрацій» та ДСТУ 12.1.003 – 83 ССБТ «Шум». Загальні вимоги безпеки» до допустимих меж.

Залежно від умов генерального плану, відстань між цехом та іншими виробничими об'єктами, наприклад інструментальним цехом, де розташоване чутливе обладнання, є максимальною.

Категорія роботи – Тяжка робота, пов'язана із системними фізичними навантаженнями та безперервним переміщенням та маніпуляціями з важкими предметами масою понад 10 кг. Витрати енергії понад 1047 кДж/год (250 ккал/год) [17].

У ковальсько-штампових цехах працює двозмінний режим, а в деяких теплотехнічних цехах — тризмінний режим. Неможливо забезпечити достатнє природне освітлення в робочий час. Необхідно штучне освітлення. Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд». «Освітлення природне та штучне», штучне освітлення забезпечує освітлення цеху протягом будь-якої зміни, дозволяючи проводити технічні операції та налагодження обладнання без створення дефектів виробництва та шкоди.

Штучне освітлення здійснюється системами загального або місцевого освітлення. Загальне освітлення забезпечується рівномірним розміщенням світильників усередині кімнати або прибудинкової території.

Штучне освітлення поділяється на робоче та аварійне. Робоче освітлення покликане забезпечити нормальну роботу цеху в темний час доби, а аварійне освітлення вмикається, коли раптово вимикається робоче освітлення і людям необхідно покинути цех або продовжити роботу в цеху.

Світильники місцевого освітлення мають відбивачі, зроблені з матеріалу, що не просвічує, із захисним кутом не менше 300.

При проектуванні цеху необхідно враховувати вимоги будівельних і правил. Санітарно-побутові приміщення мають проектуватися відповідно до вимог СНіП 2.09.04 – 87 «Санітарно-побутові приміщення».

Ковальсько-штампувальний цех, що виділяє в процесі роботи шкідливі та забруднюючі речовини, не допускається розміщувати з підвітряного боку до житлового району.

Між довгими сторонами та торцями будівель з віконними отворами передбачаються санітарні розриви не менше ніж 12 м.

Санітарно-побутові та обслуговуючого персоналу проектують відповідно до групи Па – виробничі процеси, що здійснюються за несприятливих метеорологічних умов, при значних виділеннях вологи, пилу, особливо забруднюючих речовин, при значних (понад 23 кДж/(м куб.*с)) надлишках явного тепла, переважно конвекційного.

4.3 Заходи щодо забезпечення пожежної та техногенної безпеки

Пожежна безпека забезпечується за допомогою проведення організаційних заходів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних втрат та зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення. Створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж.

Пожежна безпека регламентується вимогами стандарту ДБН В.1.1.7. – 2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва".[17]

Категорія з вибухо- та пожежної безпеки цеху – Г, комора ПММ – Б/В – Іа, комора АХЧ, механіка, архіви – В/П – Па.

Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки:

- місця куріння, застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);
- місця для зберігання та допустима кількість заготовок, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть одночасно перебувати на виробничих ділянках;
- порядок збирання горючих відходів, зберігання спеціального одягу та ганчірки;
- відключення електрообладнання у випадку пожежі;
- організація експлуатації обслуговування наявних технічних засобів, протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, установок пожежної сигналізації, вогнегасників);
- проводити планово-попереджувальні роботи та огляд електроустановок, технічного та іншого інженерного обладнання.
- заходи щодо забезпечення пожежної безпеки в технологічних процесах:
- виробничий корпус ковальського цеху одноповерховий і відповідає вимогам ОНТП-01-82;
- технічне обладнання є пожежобезпечним у нормальному режимі роботи та у разі виникнення небезпечної несправності

передбачає захисні заходи для обмеження масштабів та наслідків пожежі;

- обробку титанових і алюмінієвих сплавів тиском слід проводити в окремому приміщенні, яке відповідає вимогам пожежної безпеки та бути обладнане первинними засобами пожежогасіння;
- підлогу біля нагрівальної печі та ковальсько-штампувального устаткування вимощують гофрованими металевими плитами;
- використовуйте негорючі та вогнестійкі матеріали для змащування ущільнення під час гарячого тиснення;
- не допускається одночасний нагрів в печі заготовок з алюмінієвих і титанових сплавів і заготовок з чорних металів, якщо в печі нагрівають сталеві заготовки і чорні метали, перед завантаженням виготовлених заготовок необхідно усунути окислення в печі. з титанового сплаву і алюмінієвих сплавів, шкір і шлаків;
- перед завантаженням в піч очистити заготовку від тирси,пилу і масла;
- регулярно видаляйте накип і шлак зсередини топки;
- нагрівальна піч має пристрої контролю та регулювання температури;
- не допускається проведення виробничих операцій на устаткуванні, машинах і обладнанні, які можуть призвести до таких несправностей, як загоряння і пожежа, а також відключення контрольно-вимірювальних приладів;
- кожна посудина в цеху працює під тиском і оснащена запобіжним клапаном, щоб запобігти підвищенню тиску понад допустимий рівень. Цільове значення тиску в ємності при спрацьовуванні запобіжного клапана становить $6,5 \text{ кг/см}^2$;

- у цеху є схеми трубопроводів магістрального та кожної печі із зазначенням вентилів та засувок, а також місць їх розташування;
- забороняється на всіх операціях ковальсько-штампувального виробництва змішувати відходи (обріз, облій, стружка) з титанових алюмінієвих та інших сплавів.

Проведення вогневих робіт, тобто електрогазозварювання, спалювання вентиляції, спалювання сміття та відходів дозволяється після проведення заходів, що виключають можливість виникнення пожежі. При зварюванні використання як зворотного провідника внутрішніх залізничних колій мереж заземлення та занулення, а також металевих конструкцій будівель комунікацій та технологічного обладнання забороняється.

У приміщенні ПММ – заземлення робочих майданчиків використанням заземлювальних пристроїв перед входом у приміщення, виконуємо роботи на столах, покритих металами.

Електроустановки відповідають вимогам ПУЕ ПТЕ та ПТБ. Електричні машини, апарати, обладнання, електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають ПУЕ, мають апаратуру захисту від струмів короткого замикання та аварійних режимів.

Проїзди та шляхи до будівлі, джерела пожежної води, доступ до зовнішніх стаціонарних пожежних сходів, пожежне обладнання та засоби пожежогасіння повинні бути вільними від перешкод і підтримуватися в належному стані. Стаціонарні зовнішні пожежні сходи з перепадом висоти та огорожі на даху будівлі повинні утримуватись у справному стані, шляхи евакуації та виходи мають бути чистими та чистими, а у разі пожежі повинна бути забезпечена безпечна евакуація персоналу. Евакуаційні двері повинні вільно відкриватися і освітлюватися.

При зберіганні на складах різних речовин і матеріалів враховують їх пожежну небезпеку та фізико-хімічні властивості (окислювальна здатність, самонагрівання, займання при дії вологи, взаємодія з повітрям), сумісність.

Не допускається зберігання в одному приміщенні з ЗІЗ і ГР гуми, автомобільної гуми та інших товарів і матеріалів.

Балони з горючими газами ємності (пляшки, пляшки) з ЛЗР та ГР, аерозольні упаковки захищені від сонячного та іншого теплового впливу.

У складських приміщеннях всі операції, пов'язані з розтином тари, розфасовуванням продукції, перевіркою справності дрібним ремонтом, приготуванням робочих сумішей вогненебезпечних рідин здійснюється в ізольованих приміщеннях. На речовини та матеріали (лаки, фарби, розчинники), балони з газом є інформаційна картка, що характеризує пожежну небезпеку товарів, що зберігаються в приміщенні, їх кількість і заходи, які слід застосовувати при гасінні пожежі.

Щоб уникнути пожеж у складських приміщеннях, не дозволяється:

- зберігання продукції навалом у щільну до приладів та труб опалення;
- зберігання аерозольних упаковок в одному приміщенні з окислювачами горючими газами, ЛЗР та ГР;
- зберігання кислот у місцях, де можливе їх зіткнення з деревиною, соломною та іншими речовинами органічного походження;
- зберігання рослинних олій разом з будь-якими горючими матеріалами.

Майстерні не повинні допускати розливу палива на підлогу. Якщо ГН потрапить на підлогу, обладнання та арматуру, негайно приберіть ганчірками, водою, тирсою та іншими матеріалами залежно від природи розлитого матеріалу. Підлягає прийому та транспортуванню на склади та на робочі місця в герметичній тарі з попереджувальними знаками та етикетками. Використані рідини (відходи) зливають у спеціальні ємності з герметизуючими кришками та позначають знаками небезпеки та маркуванням.

При зливі ПММ зніміть накопичену в обладнанні статичну електрику, заземливши металеву конструкцію гумовим шлангом, обмотаним мідним дротом з металевим наконечником.

При утриманні засобів пожежогасіння, автоматичних установок обов'язково враховується:

- всі пожежні установки перебувають у справному стані та утримуються у постійній готовності;
- Пожежні сповіщувачі функціонують цілодобово до них забезпечений вільний доступ;
- пожежні крани справні та доступні для застосування, кожен пожежний кран укомплектований пожежним рукавом одного з ним діаметром та стовбуром, а також важелем для полегшення відкриття вентиля, вогнегасники встановлені у легкодоступних та помітних місцях вони мають пломби на ручці ручного пуску та червоне сигнальне забарвлення.

У разі виникнення пожежі необхідно:

- повідомити пожежну охорону про місце виникнення та обстановку на пожежі;
- вжити заходів щодо евакуації людей гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- припинити роботи у приміщенні (якщо це допускається технологічним процесом);
- зробити відключення електроенергії за виключення систем протипожежного захисту, зупинку транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, зупинку систем вентиляції (за винятком пристроїв протипожежного захисту);

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію та захист матеріальних цінностей (насамперед виносити в безпечне місце дороге обладнання, зокрема комп'ютери)
- При використанні засобів пожежогасіння необхідно:
- гасіння робити з навітряного боку;
- залишати вільними шляхи евакуації;
- при гасінні електрообладнання відстань від обладнання до розтруба вогнегасника, що знаходиться під напругу, повинна бути не менше 1 м;
- не проходити в безвихідь повз пожежу;
- при загорянні електрообладнання допускається гасити вогонь тільки вуглекислотним вогнегасником, при цьому струмінь вуглекислоти повинен прямувати до джерела полум'я;
- не допускати напрямку струменя двоокису вуглецю в упор на поверхню рідини, що горить, щоб уникнути розбризкування і збільшення пожежі.

У разі виникнення пожежі необхідно відключити живлення обладнання. Якщо електрообладнання не можна вимкнути, для гасіння пожежі використовуйте вуглекислотний порошковий вогнегасник.

Застосування водяних форсунок і пінних вогнегасників в електроустановках під напругою не допускається. Якщо виникла пожежа, використовуйте пісок, щоб загасити вогонь.

Передбачувані заходи, такі як охорона праці, промислова гігієна, гігієна праці, пожежна безпека забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підводячи підсумок можна зрозуміти, що при виконанні гарячого штампування температура заготовки змінюється від стану просто нагрітої поверхні до стану кування. У деяких випадках виготовлення готових виробів за технологією гарячого штампування може виконуватися з цільного металевго прута. Суть процесу гарячого штампування полягає в тому, що з нагрітої до певної температури заготовки, чинячи на неї тиск, отримують готовий металевий виріб, для чого використовують спеціальний штамп.

Як висновок, також, можна сказати, що тут визначено наближену аналітичну залежність для визначення межі плинності сталі залежно від температури деформації та швидкості деформування. Встановлено критерій з метою оцінки ступеня зниження температури заготівлі всіх етапах технологічного процесу штампування – критерій конфігурації. Визначено середні величини зниження температури заготовки при її перенесенні між позиціями та на штампувальних переходах, а також аналітична залежність для визначення температури поковки на кожному переході штампування. Отримані результати можуть використовуватися як перше наближення при ручному та автоматизованому проектуванні технологічного процесу гарячого об'ємного штампування на КГШП.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. В. В. Попович, В. В. Попович. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : Львів: навч. посіб./ Світ, 2006. 624 с.
2. Математична модель розрахунку розкрою листових заготовок складного контуру. Лепіна Я., Явтушенко О. В.. Збірник наукових праць студентів, 75 аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019». Т. V. Запоріжжя, ЗНУ. 2019. 97с.
3. Посібник по САПР / Під ред. Скурихіна В. И. Київ: Техніка, 1988. 528 с.
4. Стоян Ю. Г., Панасенко А. А. Періодичне розміщення геометричних об'єктів. Київ : Наук. думка, 1978. 176 с.
5. Бучинський М. Я. , Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин. Харків : «НТМТ», 2017. 448 с.
6. Смирнов В. О., Білецький В. С. Фізичні та хімічні основи виробництва. Донецьк : Східний видавничий дім, 2005. 148 с.
7. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М. ,Грицай І. Є. Технологія машинобудування. Навч. посіб. / Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
8. Сторож Б. Д., Мазур М. П., Карпик Р. Т., Каразей В. Д. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. Івано-Франківськ:ТУП, 2003. 153 с.
9. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2007. 275 с.
10. В. С. Білецького. Мала гірнича енциклопедія : Донбас, 2007. 670 с.
11. С. М. Черствий. Системи технологій. Курс лекцій для студентів базової вищої освіти з аграрного менеджменту. Чернігів, 2003. 143 с.
12. Пістун І. П та ін. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): навчальний посібник / Пістун І. П., Березовецька О. Г., Трунова І. О. Львів: Тріада плюс, 2010. 648 с.

13. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підруч. В. Ц. Жидецький. 3-тє вид., перероб. і доп. Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. 336 с.
14. Основи охорони праці в підрозділах МНС України : навч. посіб. / В. А. Батлук, Б. О. Білінський, В. В. Ковалишин, О. Л. Мірус; М-во освіти і науки, молоді та спорту України. Львів : Афіша, 2011. 505 с.
15. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та контрольні завдання з дисципліни "Термічна обробка при ОМТ" : для студ. спец. "Металургія" (Обробка металів тиском) І. В. Кругляк, Ю. О. Белоконь, Д. О. Кругляк ; Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 52 с.
16. Обробка металів тиском: Методичні вказівки для проведення практичних занять та виконання контрольних робіт : / Б. П. Середа, І. В. Кругляк, О. А. Жеребцов ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 70 с.
17. Обробка металів тиском : метод. вказівки до лабораторного практикуму для студ. ЗДІА спец. 6.090401 "МЧМ", спеціалізації "Охорона праці та екологія металург. виробництва", 6.090402 "МКМ", 6.090404 "ОМТ", 6.090218 "МО" ден. та заоч. форм навчання / Б. П. Середа, І.В. Кругляк, О. Г. Васильєв ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 69 с.
18. Розливання сталі на машинах безперервного лиття заготовок конвертерного цеху” технологічна інструкція. к-т "Азовсталь", Маріуполь 1993р. 278 с.
19. Alfred Herbert Fritz, Günter Schulze (Hrsg.): Fertigungstechnik, 2010, S. 411, 458.
20. Precision Hot Forging Archived 2008-10-20 at the Wayback Machine. Samtech. Retrieved 22 November 2007.

ДОДАТКИ

1. Креслення Деталь «втулка».
2. Креслення Поковка «втулка».
3. Креслення Деталь «опора».
4. Креслення Поковка «опора».

ДОДАТОК А

Обробка металів тиском (прокатка, кування, штампування) широко застосовується в багатьох галузях промисловості. Це зумовлено якістю одержуваної продукції, високою продуктивністю, високою продуктивністю та економічністю виробництва.

Гаряче штампування деталей машин та інших металевих виробів — древній процес металообробки, який на сьогодні набув найбільшого поширення завдяки високій продуктивності, економічності та якості продукції. Вважається, що виготовлення деталей методом різання металу має незаперечні переваги перед штампуванням металу з точки зору точності розмірів та якості поверхні. Однак економне використання металів при виготовленні поковок закладено в концепції пластичної обробки металів тиском, що полягає у перетворенні заготовлі простої форми на складнішу поковку. Форми того самого обсягу. Відходи, що утворюються під час виробництва поковок, характеризують технічну складність цього способу виробництва.

Можливість використання високої швидкості деформації, високошвидкісних кувальних пресів та невеликої кількості необхідних, порівняно простих технологічних операцій визначає короткий робочий цикл та високу продуктивність ковальсько-штампувального виробництва.

Штамповані вироби характеризуються високими механічними властивостями, а найкращими металами є ті, що пройшли деформацію та термічну обробку.

Сутність процесу гарячого штампування полягає в тому, що готове виріб з металу отримують з нагрітої до певної температури заготовки, впливаючи на неї тиском, для чого використовується спеціальний штамп.

При виконанні гарячої штампування температура заготовки змінюється від стану просто нагрітої поверхні до кувальної. Щоб обмежити протягом

нагрітого металу в непотрібному напрямку, на окремих ділянках внутрішньої поверхні штампа виконують спеціальні порожнини і виступи. Таким чином, внутрішня поверхня штампа формує замкнуту порожнину (струмок), конфігурація якої повністю відповідає формі готового виробу.

Гаряча об'ємна штампування виконується на металевих брусках різного профілю – квадратного, прямокутного, круглого або періодичного. В окремих випадках виробництво готових виробів за технологією гарячого штампування може виконуватися з суцільного металевого прутка. Спочатку його частина формується в поковку з необхідними геометричними параметрами, а потім її відокремлюють за допомогою різання.