



**Кафедра «Рухомий склад залізниць»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**і завдання до контрольної (лабораторної, практичної) роботи**  
**з курсу «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І**  
**ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»**  
**розділу «Обробка металу тиском»**  
**для студентів механічних спеціальностей**  
**усіх форм навчання**

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Рухомий склад залізниць» (протокол № 9 від 29.05.2002 року) та на засіданні методичної ради факультету ІРСЗТ (протокол №9 від 05.06.02 року).

Призначені для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання та відповідають робочій програмі курсу «Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів».

**Укладачі:** канд. техн. наук, доц. Даніленко Т.П.  
канд. техн. наук, доц. Гарнець В.М.

**Рецензенти:** д-р техн. наук, проф. Ловейкін В.С.  
канд. техн. наук, доц. Черних Ю.М.

## Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання контрольної (лабораторної, практичної) роботи для студентів заочної і денної форм навчання, що вивчають дисципліну «Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів». Основна мета роботи - закріплення і поглиблення знань, отриманих студентами при вивченні розділу «Обробка металу тиском».

У методичних вказівках наводяться варіанти завдань, порядок і приклад виконання роботи, а також довідкові матеріали, необхідні для вирішення поставлених завдань.

### 1 Загальні методичні вказівки до виконання роботи

Студент виконує свій варіант контрольної роботи, який визначається за *таблицею 1*. Номер варіанту співпадає з **двома останніми цифрами** навчального шифру (заочна форма навчання) чи з порядковим номером у груповому журналі (денна форма навчання), наприклад, якщо дві останні цифри навчального шифру студента 64, то він виконує варіант № 64 контрольної роботи, тобто відповідає на запитання за номерами 4 і 34. Заміна варіанту завдання на інший може здійснюватися тільки з дозволу викладача.

*Таблиця 1*

Варіант роботи (за двома останніми цифрами навчального шифру)	Номери запитань до контрольної (лабораторної, практичної) роботи	Варіант роботи (за двома останніми цифрами навчального шифру)	Номери запитань до контрольної (лабораторної, практичної) роботи
01, 31, 61, 91	1, 31	16, 46, 76	16, 46
02, 32, 62, 92	2, 32	17, 47, 77	17, 47
03, 33, 63, 93	3, 33	18, 48, 78	18, 48
04, 34, 64, 94	4, 34	19, 49, 79	19, 49
05, 35, 65, 95	5, 35	20, 50, 80	20, 50
06, 36, 66, 96	6, 36	21, 51, 81	21, 51
07, 37, 67, 97	7, 37	22, 52, 82	22, 52
08, 38, 68, 98	8, 38	23, 53, 83	23, 53
09, 39, 69, 99	9, 39	24, 54, 84	24, 54
10, 40, 70, 00	10, 40	25, 55, 85	25, 55
11, 41, 71	11, 41	26, 56, 86	26, 56
12, 42, 72	12, 42	27, 57, 87	27, 57
13, 43, 73	13, 43	28, 58, 88	28, 58
14, 44, 74	14, 44	29, 59, 89	29, 59
15, 45, 75	15, 45	30, 60, 90	30, 60

До контрольної (лабораторної, практичної) роботи входить теоретичне питання і технологічна задача. Робота повинна являти собою **коротку змістовну відповідь** на запитання і **розв'язання технологічної задачі**.

Роботу треба оформити на **аркушах формату А4**. У пояснювальній записці повинні бути титульний лист, завдання, відповідь на запитання,

рішення технологічної задачі, список використаної літератури. Титульний лист оформлюється креслярським шрифтом за зразком з *додатку А*.

Відповідь на *запитання* повинна бути точною і по суті. Якість відповіді визначається не її обсягом, а конкретністю, чіткістю і ясністю викладу. При необхідності, у тексті варто наводити схеми, що пояснюють відповідь, ескізи або креслення. При використанні літератури потрібно обов'язково вказати джерело. На запитання необхідно відповідати самостійно, користуючись конспектом лекцій, підручниками, довідниками, посібниками.

Рішення *технологічної задачі* потрібно супроводжувати відповідними поясненнями. Розрахункова частина повинна виконуватися в послідовності, яка рекомендується у даних методичних вказівках. Креслення або ескізи при розв'язанні технологічної задачі необхідно виконувати теж на аркушах формату А4 і оформити з урахуванням вимог ЄСКД. Всі написи на кресленнях виконуються *креслярським шрифтом*.

При оформленні контрольної (лабораторної, практичної) роботи слід керуватися методичними вказівками [1].

Перед відповіддю на запитання і перед виконанням технологічної задачі наводять повний текст запитання і задачі.

## **2 Запитання і завдання до контрольної (лабораторної, практичної) роботи**

**1** Поясніть, на якій властивості металів зоснована їх обробка тиском і назвіть основні способи цієї обробки.

**2** Дайте визначення деформації, поясніть механізм пружної і пластичної деформації металевих виробів. Поясніть зміни структури і механічних властивостей металу в результаті пластичної деформації.

**3** Поясніть явище наклепу і зміни зернової структури при пластичній деформації металу.

**4** Опишіть фактори, які впливають на пластичність металу.

**5** Поясніть сутність холодної і гарячої пластичної деформації, які явища супроводжують ці процеси, що таке холодний і гарячий наклеп.

**6** Поясніть, яку роль відіграє явище рекристалізації при гарячій пластичній деформації. Який вид термічної обробки дозволяє усунути наклеп, що отримує метал при холодній пластичній деформації.

**7** Опишіть негативні явища, які можуть супроводжувати нагрівання металу під обробку тиском, що запроваджується для їх усунення.

**8** Поясніть принцип визначення температурного інтервалу гарячої обробки тиском для основних класів металевих сплавів. Охарактеризуйте коротко основні пристрої для нагрівання металу під деформацію.

**9** Опишіть сутність процесу прокатки і її трьох основних видів. Наведіть приклади використання цих видів прокатки для виготовлення основних профілів прокатки, в тому числі прокатної продукції, що застосовується на залізничному транспорті.

**10** Опишіть сутність поздовжньої прокатки і дайте визначення зони деформації, відносного обтиснення, коефіцієнта витяжки. Продукція і обладнання поздовжньої прокатки.

**11** Опишіть прокатні валки, їх види, призначення, калібри валків. Що таке сортамент і профіль прокату?

**12** Наведіть профілі прокату, які відносяться до сортового прокату, їхню класифікацію за призначенням, обладнання для виготовлення сортового прокату.

**13** Опишіть загальну схему виготовлення безшовних труб, яке обладнання для цього застосовують.

**14** Опишіть загальну схему виготовлення зварних труб, яке обладнання для цього застосовують.

**15** Яка продукція відноситься до спеціальних видів прокату, що таке періодичний прокат? Які операції включає технологічний процес їх виготовлення і на якому обладнанні?

**16** Охарактеризуйте процес пресування, його види, продукцію. Охарактеризуйте схему напруженого стану металу при пресуванні. Переваги і недоліки пресування. Обладнання для пресування.

**17** Охарактеризуйте процес волочіння, його види, продукцію. Охарактеризуйте схему напруженого стану металу при волочінні. Переваги і недоліки волочіння. Обладнання для волочіння.

**18** На прикладі схеми волочіння прутка опишіть зони отвору волочильної матриці і їхнє призначення, дайте визначення ступеню обтиснення.

- 19** Охарактеризуйте процес кування, види операцій кування, продукцію, обладнання; охарактеризуйте деформацію металу при куванні на ковочних молотах і гідравлічних пресах.
- 20** Поясніть, як розробляється технологічний процес кування, від чого залежить вибір операцій кування, обладнання. Що таке поковка?
- 21** Опишіть сутність процесу гарячого об'ємного штампування, чим відрізняється відкритий штамп від закритого.
- 22** Поясніть, що таке струм штампа. Види струмів і їх призначення в багатострумних штампах для гарячого об'ємного штампування. Яке обладнання застосовують для цього процесу?
- 23** Опишіть основні технологічні операції процесу гарячого об'ємного штампування і правила конструювання поковок.
- 24** Поясніть, як вибирають обладнання і розробляють технологічну схему гарячого об'ємного штампування.
- 25** Опишіть технологічні операції обробки поковок, отриманих гарячим об'ємним штампуванням, і призначення цих операцій.
- 26** Охарактеризуйте процес холодного об'ємного штампування, його види, обладнання, яке застосовують для цього процесу.
- 27** Опишіть процес холодного видавлювання, його види, обладнання для нього, продукцію. До якого виду обробки металу тиском відноситься холодне видавлювання?
- 28** Опишіть процеси холодної висадки і холодного формування, обладнання для цих операцій, яку продукцію отримують цими методами?
- 29** Опишіть такі технологічні операції листового штампування: відрізання, вирубання, пробивання; обладнання для цих операцій.
- 30** Опишіть такі технологічні операції листового штампування: згинання, витягування, формування; продукція і обладнання для цих операцій.

### 31-60 Технологічна задача

Згідно варіанту завдання, визначеного за таблицями 1 і 2, розробити технологічний процес виготовлення поковки на молоті у відкритому штампі за заданим ескізом деталі, наведеним у додатку Б.

*Розміри деталей наведені поряд з їхніми ескізами у додатку Б.*

Таблиця 2

Номер запитання	Номер рисунку	Варіант деталі	Назва деталі	Марка сталі	Температурний інтервал ОМТ; °С	Границя міцності $\sigma_b$ при розтягненні; МПа	Маса; кг
31	Б-1	А	Фланець	45	1250-750	598	11,4
32		Б					2,8
33		В					6,4
34	Б-2	А	Втулка зубчаста	40	1250-800	568	11,0
35		Б					21,5
36		В					41,5
37	Б-3	А	Шестерня	18ХГТ	1200-800	1127	10,0
38		Б					9,7
39		В					12,9
40	Б-4	А	Фланець	45	1250-750	598	2,6
41		Б					1,3
42		В					3,6
43	Б-5	А	Шестерня редуктора	20ХНЗА	1220-800	931	4,0
44		Б					8,7
45		В					6,1
46	Б-6	А	Вал редуктора	40Х	1250-800	980	5,0
47		Б					4,0
48		В					8,1
49	Б-7	А	Обойма підшипника	20	1280-750	412	9,6
50		Б					5,0
51		В					5,4
52	Б-8	А	Ступиця редуктора	Ст5	1260-750	539	7,2
53		Б					9,3
54		В					11,2
55	Б-9	А	Обойма	Ст5	1260-750	539	9,4
56		Б					11,7
57		В					11,2
58	Б-10	А	Ступиця редуктора	45	1250-750	598	7,7
59		Б					9,7
60		В					9,0

### 3 Методичні вказівки до виконання контрольної (лабораторної, практичної) роботи

У цьому розділі даються загальні вказівки, який теоретичний матеріал необхідно засвоїти, щоб виконати роботу.

#### 3.1 Методичні вказівки до запитань 1-30

Відповідаючи на ці запитання, треба засвоїти, що обробка металу тиском зоснована на одній з основних властивостей металу - **здатності пластично деформуватися**.

**Пластична деформація** – це незворотна зміна форми і розмірів тіла під дією зовнішніх сил. Ці зміни є незворотними тому, що вони залишаються в деформованому тілі і після припинення дії сил і таким чином через пластичне деформування тілові поступово надається форма того виробу, який виготовляють. Пластична деформація здійснюється завдяки рухові дислокацій (лінійних дефектів кристалічної будови), внаслідок чого йде поступове переміщення одних частин зерен-кристалів відносно інших, результатом чого у масштабі всього тіла є зміна його форми і розмірів.

Пластична деформація призводить до певних **структурних змін**: форма зерен стає *витагнутою* в напрямку зміщення металу під дією прикладених сил; формується так звана *волокниста структура*, яку складають витягнуті при деформації зони структурної і хімічної неоднорідності. Під час пластичної деформації на декілька порядків *зростає кількість дефектів кристалічної будови*, що ускладнює подальший рух дислокацій, тобто, чим більше метал деформують, тим більше він втрачає свою пластичність, при цьому характеристики його міцності (границя міцності, границя текучості) зростають. Це явище зростання міцності при пластичній деформації зветься **наклепом**.

Якщо є необхідність у подальшій пластичній деформації виробу, треба відновити його пластичність, інакше деформація призведе до руйнування виробу. Пластичність відновлюється завдяки рекристалізаційному відпалу, коли метал нагрівають і витримують певний час при температурах, вищих так званої температури рекристалізації. При цьому йде **рекристалізація** зернової структури: в деформованих витягнутих зернах з великою кількістю дефектів кристалічної будови зароджуються і ростуть нові зерна рівноосної форми з меншою кількістю дефектів, ці нові зерна поступово повністю замінюють собою старі зерна. Така відновлена рекристалізована структура стає здатною для подальшого пластичного деформування.

Засвоєння вище наведеного матеріалу допоможе зрозуміти різницю між **холодною і гарячою обробкою металу тиском (ОМТ)**:

- **холодну ОМТ** здійснюють при температурах нижче температури рекристалізації, тобто вона супроводжується явищем наклепу і певними змінами структури;



- **гарячу ОМТ** здійснюють при температурах вище температури рекристалізації, ця деформація теж супроводжується зміцненням металу (гарячий наклеп), але паралельно з цим йде і рекристалізація, яка знімає цей наклеп, тому пластичність металу набагато вище при гарячій деформації, ніж при холодній.

Необхідно з'ясувати, що **факторами, які впливають на пластичність** металевих матеріалів під час деформації, є:

- 1) їхній хімічний склад;
- 2) температура, в загальному випадку з підвищенням температури підвищується пластичність металу;
- 3) швидкість деформації, в загальному випадку з підвищенням швидкості деформації знижується пластичність;
- 4) схема напруженого стану при деформації, пластичність тим вище, чим більше стискаючі і менше розтягуючі напруження.

Необхідно вміти пояснити саме такий вплив названих факторів на пластичність металевих матеріалів і зрозуміти, що найбільш дієвим інструментом впливу на пластичність є саме **температура** металу.

Перед гарячою ОМТ метал **нагрівають** до певної температури, яка має бути якомога більш високою, але нагрівання до цієї температури не повинно призводити до таких негативних явищ, як перегрівання (ріст зерна до великих розмірів) і перепал (окислення границь зерен), треба також запобігати інтенсивного окислення металу, яке веде до втрат металу. Слід також мати на увазі що нагрівання сталей до високих температур може привести до зниження вмісту вуглецю в поверхневих шарах сталевого виробу. Треба зрозуміти сутність явищ, що супроводжують нагрівання металу під обробку тиском.

У процесі деформації метал охолоджується, але кінцева температура деформації повинна бути вище температури рекристалізації і фазових перетворень. Виходячи з цих положень, встановлюють **температурний інтервал** гарячої ОМТ. Слід з'ясувати, які нагрівальні печі і пристрої використовують для нагрівання під ОМТ.

Засвоївши ці основні теоретичні відомості про пластичність і деформацію, слід вивчити **основні види** гарячої і холодної **ОМТ**: прокатку, пресування, волочіння, кування, штампування; з'ясувати схему напруженого стану при цих видах деформування.

При **прокатці** метал деформується (обжимається) між **прокатними валками**, які є робочим інструментом станів і можуть мати гладку або калібровану робочу поверхню (з канавками), в залежності від профілю виробу, який катають. **Профілем** виробу зветься форма його поперечного перерізу. Необхідно засвоїти основні види прокатки – **поздовжню, поперечну, і поперечно-звинтову**, засвоїти класифікацію прокатної продукції за сортаментом (сортовий, листовий прокат, труби, спеціальний і періодичний прокат), з'ясувати, який вид прокатки застосовується для певної продукції. Прокатка буває холодною і гарячою.

При **пресуванні** метал видавлюється на гідравлічному пресі пуансоном з замкнутого об'єму (контейнера) через отвір певної форми у матриці, форма отвору співпадає з профілем виробу, який пресується. Пресування буває *пряме* і *зворотне*, необхідно засвоїти їхні особливості, а також особливості пресування труб. Схема напруженого стану при пресуванні – всебічне нерівномірне стиснення, що забезпечує високу пластичність металу, але процес має і певні недоліки.

**Волочіння** здійснюється протягненням (частіше в холодному стані) прокатаних або пресованих заготовок через отвір певної форми у волочильній матриці, яку називають *волокою* і яка є робочим інструментом волочильних станів. Отвір волоки (очко) звичайно має декілька зон: змазочну воронку, робочий конус, калібруючий пояс, вихідний конус, призначення яких треба засвоїти.

**Кування** – це процес деформування нагрітої заготовки між верхнім і нижнім бійками молота або преса. Бійки можуть бути плоскими або фігурними, метал при пресуванні вільно тече в сторони. Треба засвоїти сутність основних операцій кування: протяжку, осадку, прошивку, згинання, закручування, рубку, послідовною комбінацією яких можна отримати складну поковку. **Поковка** – це кована або штампована заготовка, наступною механічною обробкою якої отримують готовий виріб.

**Штампуння** підрозділяється на об'ємне, яке може бути гарячим і холодним, і листове (холодне).

При **гарячому об'ємному штампунні** метал деформується в робочій порожнині *штампа*, і теча металу в сторони при деформуванні стримується поверхнями цієї робочої порожнини, внаслідок чого метал отримує її форму. Робоча порожнина зветься **струмом штампа**.

Штампи бувають *однострумні* і *багатострумні*, в яких струми розділяються на *заготівельні* і *штампунвальні* (ці у свою чергу діляться на чорнові і чистові). Кількість струмів залежить від ступеню складності конфігурації поковки. Поковки простої конфігурації звичайно штампують безпосередньо з мірних прокатаних заготовок у штампах з однією порожниною, тобто в однострумних штампах, а поковки складної конфігурації - спочатку в заготівельних струмах багатострумних штамів, при штампунванні в яких форма заготовки поступово наближається до форми поковки, а потім уже отриману фасонну заготовку остаточно штампують у штампунвальних струмах.

Треба з'ясувати для себе особливості штамів і їхнє призначення. Штампи розділяються на *закриті*, в них деформування металу здійснюється в закритій робочій порожнині, і *відкриті*, в яких між рухомою і нерухомою частинами штампу є зазор – **облойна канавка**, куди виходить залишковий об'єм металу заготовки, який утворює так званий **заусенець (облой)**, і який після штампунвання обрізається. Необхідно засвоїти переваги і недоліки штампунвання у відкритих і закритих штампах; принципи роботи

штампувального обладнання (молотів, пресів, горизонтально-кувальних машин); правила конструювання поковок, операції обробки поковок (правка, термообробка, очищення від окалини, колібровка).

Далі слід засвоїти сутність основних видів **холодного об'ємного штампування** (холодне видавлення, висадка, формування) і **холодного листового штампування** (відрізання, вирубування, пробивання, згинання, витягування, формування), яку продукцію отримують цими методами і на якому обладнанні.

Методи обробки металу тиском широко застосовують для виготовлення продукції залізничного профілю: металевих рейок і рейкових закріплень залізничної колії, металевих частин рухомого складу (колеса, вісі, корпуси і кришки букс буксових вузлів, елементи візків вагонів тощо).

**Після засвоєння наведеного матеріалу за конспектом лекцій і підручником необхідно приступити до відповіді на конкретне запитання і вирішення технологічної задачі контрольної роботи.**

## **3.2 Методичні вказівки до вирішення технологічної задачі (запитання 31-60)**

### **3.2.1 Теоретичні відомості**

У результаті **гарячого об'ємного штампування** отримують заготовку, яку називають **поковкою** і механічною обробкою якої потім отримують деталь. У свою чергу **заготовкою для поковки** звичайно служить прокат круглого, квадратного, прямокутного профілів певних розмірів (діаметру, довжини та ін.). У технологічній задачі треба розробити технологічний процес виготовлення поковки на молоті у відкритому штампі за заданим ескізом деталі, наведеним у **додатку Б**, вибрати профіль прокату під заготовку і розрахувати розміри заготовки під поковку певної деталі.

При гарячому об'ємному штампуванні формостворення поковки з нагрітої заготовки здійснюється за допомогою спеціального інструменту – **штампу**. Штамп є головним конструкційним елементом штампувального обладнання, а саме – штампувального молота (для цієї задачі). Заготовка розташовується в робочій порожнині штампу, яка утворюється окремими його частинами. Нижня частина штампу є нерухомою, а верхня поєднується з масивними падаючими частинами молота, які при падінні створюють динамічні деформуючі зусилля у штампі. Ці зусилля і деформують заготовку. Штампування поковок на молоті відбувається звичайно за 3-5 ударів молоту. У кінцевий момент деформування, при останньому ударі, частини штампу змикаються між собою і утворюють замкнуту порожнину, **струм штампу**, конфігурація якої відповідає формі поковки, а заготовка таким чином теж набуває форми поковки, яку й треба отримати.

**Технологічний процес** об'ємного штампування у **відкритому штампі** складається з таких операцій:

- 1) отримання заготовки під поковку;
- 2) нагрівання заготовки;
- 3) штампування поковки;
- 4) обрізання облою;
- 5) обробка поковки.

**Заготовкою** під поковку є штучна заготовка певних розмірів з прокату. Для деталей, заданих у технологічній задачі, найбільш гідним є прокат круглого профілю. Об'єм і масу заготовки під поковку вираховують за кресленням поковки з урахуванням облою і угару.

**Нагрівання заготовки** під штампування проводиться в камерних або методичних печах або на електричних нагрівальних пристроях (індукційних, електроконтактних) до температури, яка відповідає температурі початку штампування. Окрім цієї температури встановлюють також і температуру кінця штампування. Ці температури залежать від матеріалу поковки. Для сталей температура початку штампування призначається за діаграмою стану залізо-вуглець на  $50-100^{\circ}\text{C}$  нижче лінії солідуса, а кінця штампування – на  $30-70^{\circ}\text{C}$  вище лінії PSK. Так температурний інтервал штампування для вуглецевих сталей з  $0,2-0,7\% \text{C}$  становитиме  $1280-800^{\circ}\text{C}$ , з  $0,8-1,3\% \text{C}$  –  $1100-760^{\circ}\text{C}$ .

Технологічна підготовка виготовлення поковки починається з **конструювання і виготовлення її креслення** за такими **правилами**:

\* *Форму і розміри поковки* визначають за кресленням деталі, обравши площину рознімання штампу, призначивши за ГОСТ 7505-85 припуски на механічну обробку, допуски на штампування, напуски, штампувальні ухили і радіуси заокруглень переходів від однієї площини до іншої.

\* *Площиною рознімання штампу* зветься та поверхня, по якій змикаються рухома і нерухома частини штампу. Площину рознімання штампу призначають так, щоб струм штампу мав мінімальну глибину і максимальну ширину, тобто поковку конструюють у такому положенні в штампі, щоб її висота була мінімальною, ширина максимальною. Геометрична форма поковки повинна забезпечувати її **вільне видалення зі струму** штампа, тому звичайно площину рознімання штампу вибирають у місці найбільшого горизонтального перерізу поковки в положенні її у струмі штампу.

\* *Контури струму штампу по площині рознімання* у верхній і нижній частинах штампу мають бути однаковими, що спрощує виявлення зсуву частин штампу відносно одна одної.

\* Оскільки при штампуванні на молоті верхня частина штампувального струму заповнюється видавленням легше, ніж нижня, для формування у *верхній частині штампу* слід планувати більш високу частину поковки, ніж у нижній.

\* Слід прагнути до *симетричності* поковки відносно площини рознімання штампу.

**Припуски на механічну обробку** – це додаткові шари металу на поверхні поковки, що потім видаляються в процесі механічної обробки для забезпечення заданих розмірів виробу і певної якості поверхні. Припуски включають шари металу, на яких можливе утворення різних дефектів (окалина, вмятини від окалини, викривлення поверхні, зменшення кількості вуглецю в металі та ін.) і які видаляються при наступній механічній обробці.

Припуски призначають в залежності від маси поковки, її розмірів і чистоти обробки поверхні. Поковка може мати відхилення від номінальних розмірів у межах **допуску**.

Припуски і допуски в даній роботі призначають відповідно за таблицями **3** і **4** на кожний розмір. Допуски на внутрішні поверхні приймають з протилежними знаками.

**Таблиця 3 - Припуски на сторону поковки**

Маса поковки (більше - до), кг	Товщина, висота, довжина або ширина поковок (більше - до), мм				
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360
	1,0-1,6	2,3	2,4	2,5	2,7
1,6-2,5	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0
2,5-4,0	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
4,0-6,3	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4
6,3-10	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7
10-16	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0
16-25	3,9	4,2	4,3	4,4	4,5
25-40	4,2	4,6	4,8	5,0	5,1
40-63	4,7	5,2	5,4	5,5	5,6

**Таблиця 4 - Допуски на розміри поковки**

Маса поковки (більше - до), кг	Для розміру в мм (більше - до), мм				
	до 50	50-120	120-180	180-260	260-360
	1,0-1,6	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8
1,6-2,5	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,7 -0,9
2,5-4,0	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,7 -0,9	+1,9 -1,0
4,0-6,3	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,7 -0,9	+1,9 -1,0	+2,0 -1,2
6,3-10	+1,6 -0,8	+1,7 -0,9	+1,9 -1,0	+2,1 -1,1	+2,2 -1,4
10-16	+1,7 -0,9	+1,9 -1,0	+2,1 -1,1	+2,4 -1,2	+2,5 -1,5
16-25	+1,9 -1,0	+2,1 -1,1	+2,4 -1,2	+2,5 -1,5	+3,0 -1,5

25-40	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0
	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-2,0
40-63	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5
	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0

**Напуски** призначають на ті елементи поковки, які не можуть бути виконані штампуванням, наприклад зубці шестерень, шпоночні канавки, фаски, **отвори діаметром менше 30 мм**. При штампуванні у відкритому штампі взагалі неможливо прошити наскрізний отвір, якщо його діаметр і більше 30мм, в цьому випадку виконують тільки **наметку отвору** із внутрішнім облоєм-перемичкою. Кінцеву прошивку (видалення перемички) здійснюють у спеціальних штампах.

Для кращого заповнення порожнини штампі і полегшення видалення поковки зі штампі на бокові поверхні поковок призначають **ухили**, які в залежності від висоти вертикальної поверхні становлять 5-7° для зовнішніх стінок і 7-10° для внутрішніх.

Для кращого заповнення порожнини штампі, запобігання його передчасних пошкоджень та зменшення концентрації напружень, у поковці і штампі переходи від однієї площини поковки до іншої мають бути заокругленими. **Радіус заокруглення** зовнішніх поверхонь приймається на 0,5 мм більшим від прийнятого припуску на механічну обробку, а внутрішніх – на 1 мм більшим від припуску.

Після вирішення всіх питань конструювання поковки виконують її креслення і розраховують її об'єм, а потім - масу  $G_{пок}$ . Розраховують масу облою  $G_{обл}$  і угару  $G_{уг}$ . Розраховують розміри облойної канавки, виконують її креслення (див. розділ 3.2.2). Загальна маса заготовки складатиметься із суми мас:

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{обл} + G_{уг} .$$

Після цього, задаючись співвідношенням довжини заготовки і діаметру, визначають її розміри (див. розділ 3.2.2), виходячи з маси заготовки.

Розраховують масу падаючих частин молота і по ній вибирають модель штампувального молота за **таблицею 5**.

**Таблиця 5 - Молоти штампувальні пароповітряні подвійної дії для об'ємного гарячого штампування**

Основні параметри і розміри	Модель				
	М 210	М 211	М 212	М 213	17 КП
Номінальна маса падаючих частин, кг	630	1000	2000	3150	500
Найбільше число ударів за хвилину	85	80	70	60	50
Найбільший хід баби, мм	1000	1200	1200	1250	1300
Габарити молота в плані, мм	200·1280	2380·1390	2960·1660	3400·1900	3700·2000
Висота над рівнем столу, мм	4380	5085	5310	5780	6645
Маса молота без шаботу, т	7,36	10,54	18,3	25,79	40,71

Маса шаботу, <i>m</i>	12,6	20,0	40,0	63,0	100
-----------------------	------	------	------	------	-----

Розраховують зусилля обрізного пресу, на якому обрізають облой, і вибирають модель цього преса за *таблицею 6*.

*Таблиця 6 - Преси обрізальні*

Основні параметри	Модель				
	K2130A	K9532	КБ9534	K9536	K9538
Номінальне зусилля, <i>m</i>	100	160	250	400	630
Хід повзуна, <i>мм</i>	130	220	280	360	420
Число ходів повзуна за хвилину	40	37	32	25	20
Розміри столу, <i>мм</i>	560·850	710·710	850·850	1000·1000	1250·1250
Потужність електродвигуна, <i>кВт</i>	10,5	10	28	40	55
Габарити преса в плані, <i>мм</i>	1430·1850	2110·1680	2890·2870	3000·3120	3200·3470
Висота над рівнем підлоги, <i>мм</i>	2725	3610	4950	5800	6100
Маса, <i>m</i>	6,93	10,33	25,74	32	49,3

### 3.2.2 Послідовність рішення технологічної задачі

**1** При рішенні технологічної задачі спочатку необхідно вивчити з відповідних літературних джерел і даних методичних вказівок загальні принципи виготовлення поковок методом гарячого об'ємного штампування, потім на конкретному прикладі, наведеному в методичних вказівках у розділі 3.2.3, уважно розібрати технологічний процес виготовлення поковки.

При рішенні задачі необхідно дати пояснювальний текст, дати короткі *обґрунтування прийняття відповідних рішень по конструюванню поковки конкретної деталі вашого завдання*, а саме, треба пояснити, як вибрана площина рознімання, де призначені напуски, чи виконується отвір у деталі, які призначені припуски тощо.

**2** Виконати креслення свого варіанту деталі у масштабі.

**3** Навести *основні операції* технологічного процесу отримання поковки:

- а) розрізання заготовки на пресножницях;
- б) нагрівання заготовки в печі;
- в) чорнове і чистове штампування на штампувальному молоті;
- г) обрізання облою в холодному стані на механічному обрізному пресі;
- д) контроль якості поковки ВТК (відділенням технічного контролю).

**4** Призначити *температурний інтервал* штампування за *таблицею 2*.

**5** Вибрати *положення поковки* у штампі і площину рознімання штампі, виходячи з рекомендацій розділу 3.2.1 про правила конструювання поковки.

6 При необхідності призначити **напуски** в місцях розташування отворів  $\varnothing < 30$  мм, або інших елементів поковки, які неможливо виконувати штампуванням (зубці шестерень, шпоночні канавки, фаски тощо).

Якщо деталь має отвір  $\varnothing > 30$  мм, то слід запроектувати **намітку отвору** з внутрішнім облоєм-перемичкою, товщину облою-перемички прийняти  $\sim 0,1D$ , але не менше 4 мм, де  $D$  - діаметр отвору.

7 За таблицями 3 і 4 призначити **припуски і допуски** на номінальні розміри, виходячи з маси деталі, наведеній у таблиці 2. При цьому, якщо маса деталі близька до верхньої границі певного діапазону мас (наприклад маса деталі 9 кг попадає в діапазон мас 6,3-10 кг, але вона наближається до верхньої границі цього інтервалу - 10 кг), то можна зразу зробити висновок, що розрахована далі маса поковки попаде в наступний діапазон (тобто буде більша 10 кг) і зразу призначити їй припуски з цього наступного діапазону.

8 Скласти таблицю розмірів поковки за зразком:

Таблиця 7 - Розміри поковки

Розмір деталі	Припуск	Допуск на розмір	Розмір поковки

9 На вертикальній поверхні призначити **ухили**  $5-7^{\circ}$  для зовнішніх поверхонь і  $7-10^{\circ}$  для внутрішніх.

10 Призначити **радіуси заокруглень** на переходи від однієї поверхні до іншої. Радіус заокруглення зовнішніх поверхонь приймається на 0,5 мм більшим від прийнятого припуску на механічну обробку, а внутрішніх – на 1 мм більшим від припуску.

11 За розрахованими розмірами, з урахуванням прийнятих ухилів і радіусів заокруглень переходів від одних поверхонь до інших, виконати **креслення поковки**. Всі креслення виконувати відповідно вимогам ЄСКД.

12 Розрахувати масу поковки. Маса визначається за формулою

$$G_{пок} = V_{пок} \cdot \rho,$$

де  $G_{пок}$  - маса поковки, г;

$V_{пок}$  - об'єм поковки,  $см^3$ ;

$\rho$  - щільність сталі,  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>.

Для спрощення визначення об'єму поковки її умовно поділяють на декілька простих тіл (циліндри, зсічені конуси, призми тощо), визначають об'єми цих тіл і знаходять їхню суму, яка й дорівнюватиме об'ємові поковки.



У цих розрахунках можна *знехтувати* впливом на значення об'єму поковки її ухилів і заокруглень переходів від вертикальних до горизонтальних поверхонь.

Якщо розрахована маса поковки з певними призначеними припусками перевищить значення того діапазону мас, по якому призначалися ці припуски, то треба призначити *нові припуски* з відповідного наступного діапазону мас, розрахувати нові розміри поковки, перерахувати об'єм і масу поковки з новими припусками.

На кресленні поковки в цьому разі проставляють *остаточні її розміри*.

### 13 Розрахувати *розміри облойної канавки*.

Висоту *перемички* мостика облойної канавки  $h_3$  приблизно визначають за формулами

а) для поковки круглої в плані

$$h_3 = 0,0133 D_{пок}, \text{ мм},$$

де  $D_{пок}$  - діаметр поковки в площині рознімання штампу, мм;

б) для поковки не круглої форми в плані

$$h_3 = 0,015 \sqrt{F}_{пок}, \text{ мм},$$

де  $F_{пок}$  - площа проекції поковки на площину рознімання штампу, мм<sup>2</sup>.

Інші розміри канавки і площу перерізу облойної канавки  $S_3$  визначають, виходячи з величини  $h_3$  за *таблицею 8*.

*Таблиця 8 - Розміри облойної канавки*

$h_3, \text{ мм}$	$h_1, \text{ мм}$	$R, \text{ мм}$	$b_3, \text{ мм}$	$b_1, \text{ мм}$	$S_3, \text{ мм}^2$
0,6	3	1	6	18	52
0,8	3	1	6	20	69
1	3	1	7	22	80
1,6	3,5	1	8	22	102
2	4	1,5	9	25	136
3	5	1,5	10	28	201
4	6	2	11	30	268
5	7	2	12	32	343
6	8	2,5	13	35	435
8	10	3	14	38	601
10	12	3	15	40	768

### 14 Розрахувати приблизну масу облою за формулою

$$G_{обл} = \frac{0,7 S_3 \Pi_0 \rho}{10^3}, \text{ г}.$$

де  $S_3$  - площа поперечного перерізу канавки, яку визначають за *табл. 8*, мм

$\rho$  - щільність сталі,  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$P_0$  - периметр по центру облойної канавки в площині рознімання штампу в мм, тобто для круглих поковок

$$P_0 = \pi d_0 = 3,14(D_{\text{нок}} + 2b_3 + 2\frac{b_1}{2}), \text{ мм},$$

де  $D_{\text{нок}}$  - діаметр поковки в площині рознімання штампу, мм.

**15** Розрахувати величину угару  $G_{\text{уг}}$ , приймаючи угар в печах 3%, тоді

$$G_{\text{уг}} = (G_{\text{нок}} + G_{\text{обл}})0,03, \text{ г}.$$

**16** Розрахувати масу заготовки

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{нок}} + G_{\text{обл}} + G_{\text{уг}}, \text{ г}.$$

**17** Розрахувати об'єм заготовки

$$V_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{заг}}}{\rho}, \text{ см}^3.$$

**18** Розрахувати діаметр заготовки за формулою

$$D_{\text{заг}} = 1,08\sqrt{\frac{G_{\text{заг}}}{\rho t}} \cdot 10, \text{ мм}.$$

де  $t = \frac{l_{\text{заг}}}{D_{\text{заг}}}$ , приймаємо конкретне значення з діапазону  $t=1,5...2,5$ ;

$$\rho - \text{щільність сталі, } \rho = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Виходячи з розрахованого  $D_{\text{заг}}$ , приймаємо  $D_{\text{заг}}$  за сортаментом:

60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210.

**19** Розрахувати довжину заготовки  $l_{\text{заг}}$  за формулою

$$l_{\text{заг}} = 1,24 \frac{G_{\text{заг}}}{\rho D_{\text{заг}}^2} 10, \text{ мм},$$

де  $D_{\text{заг}}$  необхідно взяти в см.

**20** Розрахувати номінальну масу падаючих частин молота за формулою

$$G = \alpha F,$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, який дорівнює  $8 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ,

$F$  - площа в  $\text{см}^2$  проєкції поковки на площину рознімання штампу, включаючи площу мостика канавки, тобто

$$G = 8 \frac{\pi}{4} (D_{\text{нок}} + 2b_3)^2, \text{ кг}.$$

За розрахованою масою вибрати по таблиці 5 модель штампувального молота.

**21** Розрахувати зусилля  $P$  обрізального преса за формулою

$$P \geq 1,7 \Pi H \sigma_{зр} \approx \frac{1,4 \Pi H \sigma_{\sigma}}{9,8 \cdot 10^3} ; m,$$

де  $\Pi$  - периметр різку, мм; тобто  $\Pi = \pi D_{нок}$ ;

$H$  - товщина різку, мм;  $S = 1,5 h_3$  ( $h_3$  - висота перемички мостика облою, (див. таблицю 8);

1,5 - коефіцієнт, який ураховує зрізання по тілу поковки і недоштампування;

$\sigma_{зр}$  - границя міцності при зрізанні,  $\sigma_{зр} = 0,8 \sigma_{\sigma}$  ( $\sigma_{\sigma}$  див. по таблиці 2)

За розрахованим зусиллям  $P$  обрізального пресу по таблиці 6 вибираємо відповідну модель преса.

22 Виконати ескіз облойної канавки за розрахованими розмірами.

23 Виконати ескіз чистового струму штампа.

### 3.2.3 Приклад рішення технологічної задачі

**Задача:** розробити технологічний процес виготовлення поковки на молоті у відкритому штампі за заданим ескізом.

Деталь - втулка.

Матеріал деталі - сталь 40.

Маса - 6,0 кг.

Границя міцності -  $\sigma_{\sigma} = 568 \text{ МПа}$ .

1 Виконуємо креслення деталі у масштабі (Рисунок 1).

2 Для виготовлення поковки деталі вибираємо штучну заготовку з круглого прокату.

Технологічний процес складається з таких операцій:

- а) розрізання заготовки на пресножницях;
- б) нагрівання заготовки в печі;
- в) чорнове і чистове штампування на штампувальному молоті;
- г) обрізання облою в холодному стані на механічному обрізному пресі;
- д) контроль якості поковки ВТК (відділенням технічного контролю).

3 За таблицею 2 призначаємо температурний інтервал штампування: 1250-800 °С.

4 Площину рознімання штампу вибираємо, виходячи з правил конструювання поковки, **по найбільшому діаметру деталі** ( рисунок 1). У цьому положенні струм штампу матиме мінімальну глибину і максимальну ширину; контури

струму штампу по площині рознімання у верхній і нижній частинах штампу будуть однаковими; плануємо більш високу площину поковки у верхній частині штампу.

**5** Оскільки деталь має отвір  $\varnothing 40$  мм, плануємо *наметку отвору* з внутрішнім облоєм-перемичкою товщиною  $0,1D = 0,1 \cdot 40 = 4$  мм.

**6** За таблицями 3 і 4 призначаємо припуски на сторону поковки і допуски, виходячи з її маси. Оскільки маса деталі становить 6,0 кг, тобто її значення близьке до верхньої границі діапазону маси (4,0-6,3) кг, то зразу припускаємо, що маса поковки із припусками перевищить значення 6,3 кг, і тому припуски і допуски призначаємо з діапазону (6,3-10) кг.

**7** Складаємо таблицю розмірів поковки:

*Таблиця 9 - Розміри поковки під втулку*

Розмір деталі	Припуск	Допуск на розмір	Розмір поковки
190	3,6	+1,9 -1,0	197,2
80	3,3	+1,7 -0,9	86,6
23	3,2	+1,6 -0,8	29,4
63	3,3	+1,7 -0,9	69,6
40	3,2	+1,6 -0,8	33,6

**8** На зовнішні вертикальні поверхні призначаємо ухили  $5^\circ$ , на внутрішні поверхні -  $8^\circ$ .

**9** Призначаємо радіуси заокруглень на зовнішні переходи від вертикальної поверхні до горизонтальної  $R=3,7$  мм (на 0,5 мм більше від призначеного припуску), і на внутрішні  $R=4,2$  мм (що на 1 мм більше від призначеного припуску).

**10** За розрахованими розмірами, з урахуванням прийнятих ухилів і радіусів заокруглень, виконуємо креслення поковки (*Рисунок 2*).

**11** Розраховуємо масу поковки, для чого спочатку вираховуємо її об'єм.

Умовно поділяємо поковку на два циліндри з отворами, а перемичку в отворі розглядаємо як циліндр висотою 4 мм, тоді:

$$V_1 = \frac{\pi}{4}(19,72^2 - 8,66^2) \cdot 2,94 = 724,4 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (8,66^2 - 3,36^2) \cdot 6,96 = 348,1 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} 3,36^2 \cdot 0,4 = 3,5 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{нок}} = V_1 + V_2 + V_3 = 1076 \text{ см}^3;$$

$$G_{\text{нок}} = V_{\text{нок}} \cdot \rho = 1076 \cdot 7,8 = 8393 \text{ г}.$$

**12** Розраховуємо розміри облойної канавки. Оскільки наша поковка кругла в плані, то висота перемички мостика облойної канавки  $h_3$  становитиме:

$$h_3 = 0,0133 D_{\text{нок}} = 0,0133 \cdot 200 = 2,66 \text{ мм}.$$

Округляємо  $h_3$  до 3 мм, і за *табл.7* знаходимо інші розміри облойної канавки:

$$h_1 = 5 \text{ мм}, \quad R = 1,5 \text{ мм}, \quad b_3 = 10 \text{ мм}, \quad b_1 = 28 \text{ мм}, \quad S_3 = 201 \text{ мм}^2.$$

**13** Розраховуємо приблизну масу облою за формулою:

$$G_{\text{обл}} = \frac{0,7 S_3 \Pi_0 \rho}{1000} = \frac{0,7 \cdot 201 \cdot 174 \cdot 7,8}{1000} = 191 \text{ г}$$

$$\Pi_0 = \pi d_0 = 3,14 (D + 2b_3 + 2 \frac{b_1}{2}) = (200 + 2 \cdot 10 + 2 \frac{28}{2}) = 174 \text{ мм}.$$

**14** Розраховуємо величину угару  $G_{\text{уг}}$ :

$$G_{\text{уг}} = (G_{\text{нок}} + G_{\text{обл}}) \cdot 0,03 = (8393 + 191) \cdot 0,03 = 258 \text{ г}.$$

**15** Розраховуємо масу заготовки  $G_{\text{заг}}$ :

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{нок}} + G_{\text{обл}} + G_{\text{уг}} = 8393 + 191 + 258 = 8842 \text{ г}.$$

**16** Об'єм заготовки:

$$V_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{заг}}}{\rho} = \frac{8842}{7,8} = 1134 \text{ см}^3.$$

**17** Діаметр заготовки:

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \sqrt{\frac{G_{\text{заг}}}{\rho t}} \cdot 10 = 1,08 \sqrt{\frac{8842}{7,8 \cdot 1,5}} \cdot 10 = 98 \text{ мм}.$$

приймаємо  $t = 1,5$ .

За сортаментом приймаємо  $D_{\text{заг}} = 100 \text{ мм}$ .

**18** Довжина заготовки:

$$l_{\text{заг}} = 1,24 \frac{G_{\text{заг}}}{\rho D^2} 10 = 1,24 \frac{8842}{7,8 \cdot 100} 10 = 140 \text{ мм}.$$

**19** Розраховуємо номінальну масу падаючих частин молота, приймаючи значення  $D_{\text{нок}}$  і  $b_3$  в см:

$$G = \alpha \cdot F = 8 \frac{\pi}{4} (D_{\text{нок}} + 2b_3)^2 = 8 \cdot \frac{\pi}{4} (20 + 2 \cdot 1)^2 = 3040 \text{ кг};$$

Вибираємо по *таблиці 5* модель штампувального молоту М 213.

**20** Розраховуємо зусилля  $P$  обрізального преса:

$$P \approx \frac{1,4 \pi H \sigma_6}{9,8 \cdot 10^3} \approx \frac{1,4 \cdot 628 \cdot 4,5 \cdot 568}{9,8 \cdot 10^3} \approx 229 \text{ т};$$

$$\Pi = \pi D_{\text{нок}} = 3,14 \cdot 200 = 628 \text{ мм};$$

$$H = 1,5 h_3 = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ мм}.$$

За розрахунком  $P$  вибираємо по таблиці 6 прес обрізальний КБ9534 зусиллям 250 т.

**21** Виконуємо ескіз облойної канавки (Рисунок 3).

**22** Виконуємо ескіз чистового струму штампа (Рисунок 4).

**Список літератури для виконання контрольної (лабораторної,  
практичної) роботи**

- 1** *Технология конструкционных материалов.* - Под ред. *Прейса Г.А.* - Киев.: Вища школа, 1984.- 358 с.
- 2** *Г.П.Фетисов, М.Г.Карпман, В.М.Митюнин и др.* - *Материаловедение и технология металлов.* - М.: Высшая школа, 2002. - 637 с.
- 3** *Технология конструкционных материалов.* - Под ред. *Дальского А.М.* - М.: Высшая школа, 1985. - 448 с.
- 4** *Технология металлов и других конструкционных материалов.* - Под ред. *Дубинина Н.П.* - М.: Высшая школа, 1969. - 430 с.

## **Список використаної літератури**

*1 Панов С.Л., Хілько В.С., Белевцова Н.Л.* Методичні вказівки з оформлення графічних та текстових документів для студентів всіх спеціальностей та форм навчання. Київ: КІЗТ, 2000. (№645).