

ТЕМА 7.2

СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ, ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

План лекції

1. Особливості ковальсько-штампувального виробництва.
 2. Класифікація технологічних процесів і виробів ковальсько-штампувального виробництва, застосоване обладнання.
 3. Вихідні заготовки у ковальсько-штампувальному виробництві та способи їх обробки.
 4. Характеристики точності та металоємності у ковальсько-штампувальному виробництві.
- Контрольні питання.

1. Особливості ковальсько-штампувального виробництва

Ковальсько-штампувальне виробництво (КШВ) призначене для виготовлення заготовок і деталей машинобудівного виробництва. Виготовлення виробів у КШВ здійснюється в основному пластичною деформацією. Це приводить до зменшення відходів при обробці різанням, поліпшення механічних властивостей матеріалу заготовок із чорних і кольорових металів і їхніх сплавів.

Устаткування для деформування вихідних заготовок продуктивніше, ніж у ливарному виробництві.

Тип КШВ залежить від програми виготовлення поковок на 1 рік, маси та кількості типів заготовок, закріплених за обладнанням (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Ознаки типів ковальсько-штампувального виробництва

Параметри		Виробництво		
		Одиничне, дрібносерійне	Серійне	Великосерійне, масове
Річний випуск поковок, шт./рік	Дрібні (до 1 кг)	Менше 50 тис.	50–500	Понад 500 тис.
	Середні (1–10 кг)	Менше 10 тис.	10–100	Понад 100 тис.
	Важкі (10–150 кг)	Менше 2 тис.	2–10 тис.	Понад 10 тис.
Число типів заготовок, закріплених за обладнанням, шт.		13 та більше	6–12	1–5

2. Класифікація технологічних процесів і виробів ковальсько-штампувального виробництва, застосовне обладнання

Основні технологічні процеси КШВ: кування, штампування, спеціальні способи. Вироби, виготовлені куванням або об'ємним штампуванням, називають відповідно кованими або штампованими, а вироби листового штампування – деталями, оскільки вони віддаються у складальні цехи без обробки різанням. У процесах КШВ пластична деформація може бути холодною, гарячою та проміжною, неповною холодною або неповною гарячою. Отримують вироби зі зміцнювальними або знеміцнювальними ефектами.

Холодна пластична деформація супроводжується явищем повернення (з повним зміцненням). Рекристалізація відсутня. Температура деформації $T < 0,3T_{пл}$, де $T_{пл}$ – абсолютна температура плавлення деформованого металу. Забезпечуються високі міцнісні властивості виробу.

При неповній холодній пластичній деформації рекристалізація (процес росту одних кристалічних зерен полікристала за рахунок інших) відсутня. У металі з'являється смужкувата структура або текстура. Деформація здійснюється в інтервалі температур $T = (0,3-0,5) \cdot T_{пл}$.

При гарячій пластичній деформації (із повним знеміцненням) рекристалізація відбувається повністю. Температура гарячої пластичної деформації $T = 0,7T_{пл}$.

Неповну гарячу пластичну деформацію (неповне зміцнення) при температурі $T = (0,5-0,7) \cdot T_{пл}$ застосовують рідко, оскільки отримують знеміцнення металу.

Описані види пластичної деформації справедливі для кування на традиційному ковальсько-штампувальному обладнанні (рис. 7.1).

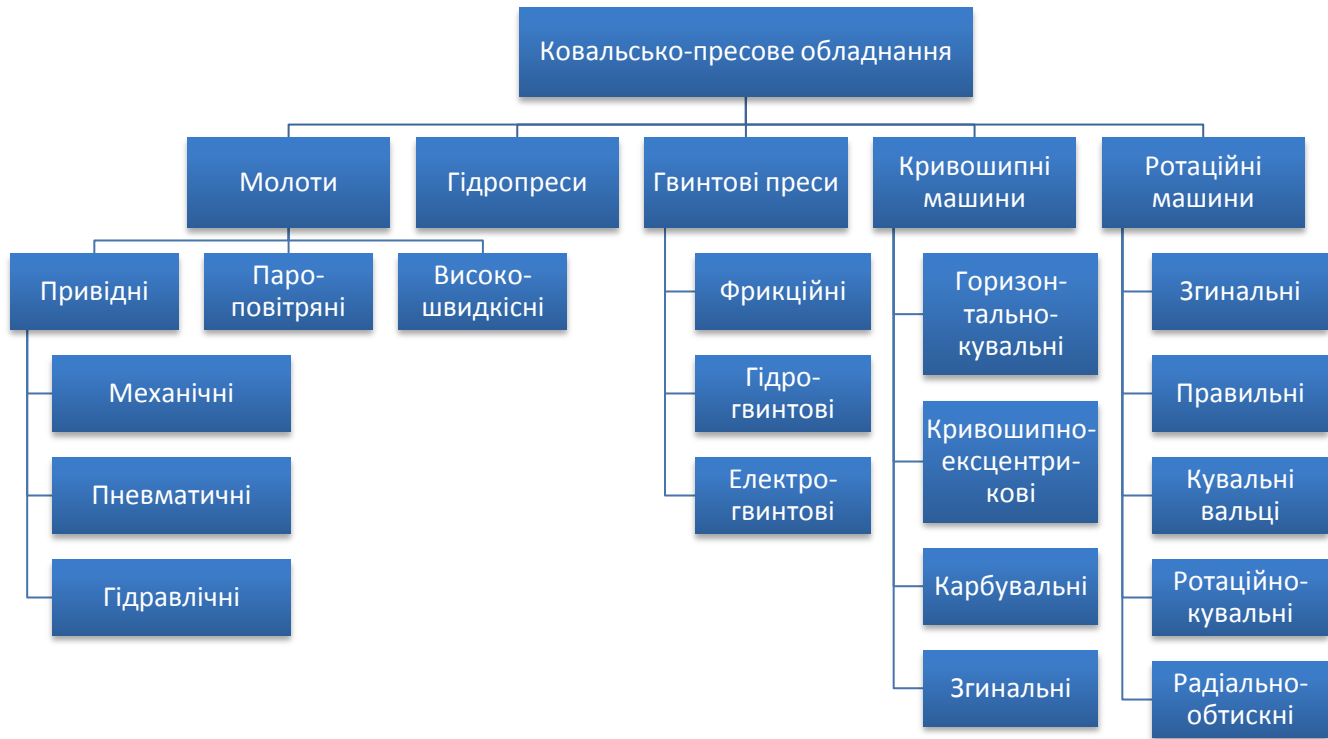


Рисунок 7.1 – Класифікація ковальсько-пресових машин

3. Вихідні заготовки у ковальсько-штампувальному виробництві та способи їх обробки

Вихідними заготовками для виготовлення поковок на молотах та пресах і іншого виду устаткування є: злитки, цвітіння (сталеві заготовки квадратного перерізу, прокатана на блюмінгу або отримана з рідкого металу безперервним литтям), заготовки, отримані відцентровим литтям і зварені, товарні заготовки, сортові й фасонні профілі загального, галузевого і спеціального призначення, трубний прокат, гнуті, гарячепресовані періодичні профілі.

Кольоровий метал надходить у ковальські цехи у вигляді злитків або катаних прутків.

При виготовленні деталей пластичній деформації піддають трохи більше половини сортового прокату. В інших випадках деталі отримують обробкою різанням.

Способи обробки вихідних заготовок поділяють на 2 групи: без відходів; з відходами (рис. 7.2).

Найбільш грубий спосіб обробки – газове різання. Точність ручного різання $\pm 4\text{--}10$ мм, машинного – $\pm 1\text{--}2$ мм. Максимальна товщина листового прокату при різанні – до 200 мм, із зовнішнім діаметром – до 200 мм. Найбільш точний показник різання на абразивно-відрізних, анодно-механічних верстатах – $\pm 0,15\text{--}0,3$ мм, на лазерних – $\pm 0,001\text{--}0,05$ мм. Для різання високоміцних і твердих матеріалів використовуються електромеханічне та електроіскрове різання. Точність і якість поверхні при обробці іншими способами наведені в табл. 5.2.

без відходів

- **Пластичне деформування**
 - відрубання
 - обкат клиновим інструментом
- **Руйнування**
 - обкат клиновим інструментом
 - холодне ламання
 - різання (у штампах на ножицях; крученням)
- **Пластичний зсув**
 - різання (у штампах на ножицях; крученням)

з відходами

- **Різання**
 - різання зубчастими пилами (дисковими, стрічковими, ножівковими)
 - розрізування різцями
 - різання абразивними кругами
- **Плавлення, випаровування, спалювання металу**
 - різання фрикційними пилами
 - різання електромеханічними пилами
 - різання електроерозійне
 - різання анодно-механічне
 - різання газополум'яне
 - різання повітряно-дугове
 - різання полум'яно-дугове
 - різання лазерне

Рисунок 7.2 – Способи обробки вихідних заготовок

Таблиця 7.2 – Точність і якість поверхні при обробці різними способами

Спосіб відрубання	Квалітет	Rz + h, мкм
На ножицях	17	300
Привідними ножівками, дисковими фрезами на верстатах	14	200
Відрізними різцями на токарних верстатах	13	200
Відрубання на пресах	17	Rz 150–300 h 1000–1600
Примітка. h – глибина дефектного шару		

4. Характеристики точності та металомісткосту ковальсько-штампувальному виробництві

Клас точності кування встановлюється залежно від технологічного процесу та устаткування. Допускаються різні класи точності для різних розмірів одного й того самого кування. Клас точності визначається за переважним числом розмірів одного класу точності креслення кування та в технічних вимогах.

Характеристиками точності та металомісткості у КШВ є:

- коефіцієнт використання металу (КВМ);
- коефіцієнт виходу придатного (КВП);
- коефіцієнт масової точності (КМТ).

Із трьох коефіцієнтів для оцінки точності поковок та металомісткості в КШВ використовується КВМ. Для його підвищення потрібна спільна робота технологів з обробки металів тиском, термообробки та обробки різанням.

Установлено, що для цехів масового та великосерійного виробництва величини зазначених коефіцієнтів залежать від маси поковок. Зі збільшенням маси кування числові значення зростають. Наприклад, для поковок від 1 кг і понад 40 кг: КВМ = 0,45–0,62; КВП = 0,75–0,89; КМТ = 0,6–0,7.

Відходи: відсоток від загальних витрат металу на розкрій 2,5–3,1; вигар при індукційному нагріванні 1–0,9;

облой 21,5–8,5; стружка 30–25,5. КВП у КШВ зростає зі збільшенням маси штампованих деталей у дрібно- та середньосерійному виробництвах.

Контрольні питання

1. Основні параметри, що характеризують КШВ.
2. Види деформації металу в КШВ.
3. Основні 5 типів обладнання в КШВ.
4. Типи вихідних заготовок у КШВ.
5. Способи обробки вихідних заготовок у КШВ. Якість заготовок.
6. Характеристики точності і металомісткості в КШВ.

ТЕМА 6 ОБ'ЄМНЕ ГАРЯЧЕ ШТАМПУВАННЯ

План лекції

- 6.1. Сутність процесу, застосоване обладнання, інструмент, показники якості заготовок.
- 6.2. Правила вибору площини розняття матриць штампа.
- 6.3. Проектування порожнин у поковках.
- 6.4. Визначення маси та розмірів заготовки для штампування. Контрольні питання.

6.1. Сутність процесу, застосовуване обладнання, інструмент, показники якості заготовок

Сутність процесу гарячого об'ємного штампування (ГОШ) полягає в тому, що заготовці надають необхідної форми, заповнюючи металом порожнину штампа, в результаті чого його течія відбувається в осях X , Y , Z на відміну від кування.

Порожнину штампа, що заповнюється металом при штампуванні, називають канавкою.

Канавки ділять на:

- заготовочні;
- штампувальні;
- відрубні (ножі).

Штампкування заготовок виконують на молотах і пресах, горизонтально-кувальних машинах і на спеціальному устаткуванні.

Інструментом для штампування заготовок є штампи, які класифікують на:

- відкриті;
- закриті;
- для видавлювання;
- для висадки;
- інші.

Штампкування у відкритих штампах застосовують для заготовок будь-якої конфігурації, закритих – лише для тіл

обертання. Комбінована схема штампів для відкритого й закритого штампування наведена на рис. 6.1.

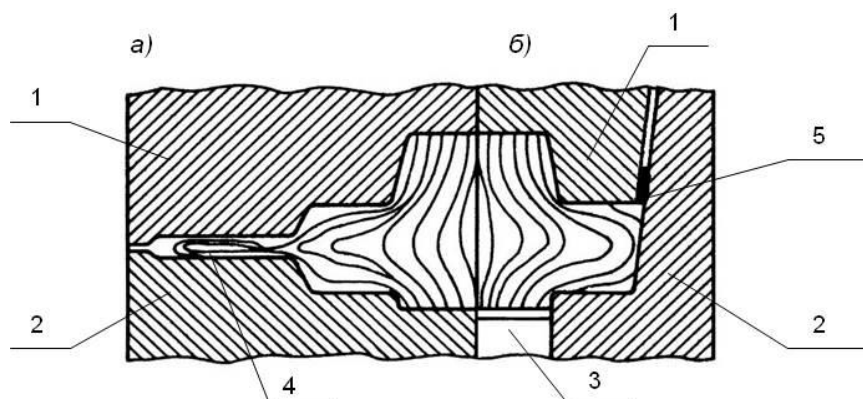


Рисунок 6.1 – Комбінована схема штампів для відкритого (а) й закритого (б) штампування:

1 – верхня матриця штампа; 2 – нижня матриця штампа;
3 – виштовхувач; 4 – облой; 5 – задирка

Кування без підкладних штампів застосовується для одержання заготовок простої форми масою до 250 т. Підкладні штампи дозволяють отримати заготовку дещо складної форми.

При штампуванні у відкритих штампах надлишок металу на заготовку витісняється в облойну канавку, утворюючи облой, у закритих штампах – у щілину, утворюючи задирку. Облой гальмує переміщення металу з порожнини штампа, забезпечуючи її заповнення кутів. Основна маса поковок виготовляється у відкритих штампах, незважаючи на те, що КВМ вище у закритих штампах.

Якість поверхні заготовок характеризують параметром шорсткості R_z (R_a) та глибиною дефектного шару h (табл. 6.1).

Основні показники якості заготовок, отриманих способами гарячого об'ємного штампування, наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.1 – Якість поверхні заготовок, отриманих гарячим об'ємним штампуванням

Маса штампованої поковки, кг	Rz, мкм	h, мкм
До 0,25	60	150
0,25–4,0	100	200
4,0–25	240	250
25–40	320	300
40–100	350	350
100–200	400	400

Таблиця 6.2 – Показники якості заготовок

Спосіб гарячого об'ємного штампування	Допуск на основний розмір, мм, або квалітет, IT	Шорсткість Rz або Ra, мкм
На молотах, пресах	0,7–11,0	Rz 20–160
Із наступним калібруванням	IT8–IT12	Ra 0,03–2,5
Із висаджуванням на горизонтально-кувальних машинах	0,7–3,4	Rz 20–160
Видавлюванням	0,2–0,5	Rz 20–80
На карбувальних пресах	IT8–IT14	Rz 20–80

КВП для дрібно- та середньосерійного виробництва 0,5–0,85, великосерійного – 0,65–0,92.

КВМ для цехів масового та великосерійного виробництв залежать від маси та знаходяться у діапазоні 0,45–0,62; КВП – 0,75–0,89; КМТ – 0,6–0,7 при індукційному нагріванні заготовок.

6.2. Правила вибору площини рознімання матриць штампа

Рознімання в штампі необхідне для розміщення вихідної заготовки у канавку, а також безперешкодного вилучення заготовки.

Вимоги, що визначають положення площин рознімання штампа:

- поковка повинна вільно вилучатися зі штампа;
- площа рознімання повинна збігатися із площиною найбільших габаритних розмірів кування;
- повинна забезпечуватися мінімальна кількість переходів;
- перевагу необхідно віддавати прямій площині рознімання та забезпечувати зручний контроль переміщення матриць штампа.

Можливі три варіанти рознімання (рис. 6.2). Залежно від співвідношення висоти H_0 і діаметра D_0 вибирають варіанти рознімання 1–3-го штампів.

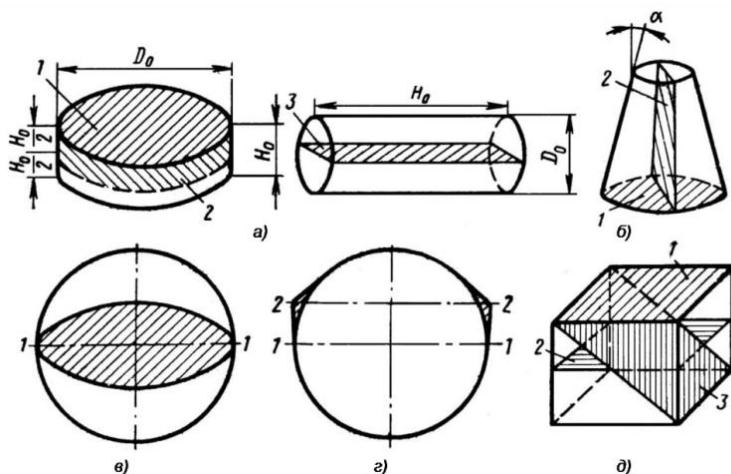


Рисунок 6.2 – Можливі положення площин рознімання штампів для простих геометричних фігур

Циліндр. Для циліндра (рис. 6.2 а) великої довжини доцільніше застосовувати варіант 3, при якому заготовку штампують уздовж осі, оскільки напуски від штампувальних уклонів у цьому випадку будуть тільки у торців; для циліндрів невеликої довжини, які штампують у торець, раціональним є варіант 2.

Зрізаний конус. Для зрізаного конуса можливі два варіанти рознімання (рис. 6.2 б). Варіант 1 використовується у випадку, коли величина кута конуса α достатня для вилучення поковки із канавки без використання значних зусиль. Поковки великої довжини, як правило, штампують за варіантом 2 із напусками від штампувальних уклонів лише на торцях.

Сфера. Для сфери (рис. 6.2 в, г) оптимальна площина рознімання – варіант 1.

Куб. Для куба (рис. 6.2 д) оптимальним є варіант 3.

Реальні можливі площини можна розглядати як складні геометричні фігури, що складаються з елементарних фігур. Якщо площину рознімання штампів вибирають за максимальними розмірами кування, то порожнини штампів виходять не глибокими, полегшується їх заповнення, але збільшуються периметр і обсяг задирка, а також площа дзеркала штампа, зайнята канавками.

Розглянемо приклади. Потрібно виготовити деталь типу шків, втулки, шестірні тощо (рис. 6.3 а). Вибираючи різні площини рознімання штампів, отримуємо поковки різної форми (рис. 6.3 б, в). При положенні рознімання, показаному на рис. 6.3 б, застосовують торцеве штампування. Рознімання на рис. 6.3 в називається поперечним штампуванням. Розташування та величина напусків залежать від співвідношення розмірів елементів поковки. При торцевому штампуванні при співвідношенні розмірів $H_d \leq D_d$ (рис. 6.3 б) вдається зробити намітки отворів, збільшується КВМ, знижується трудомісткість механічної обробки.

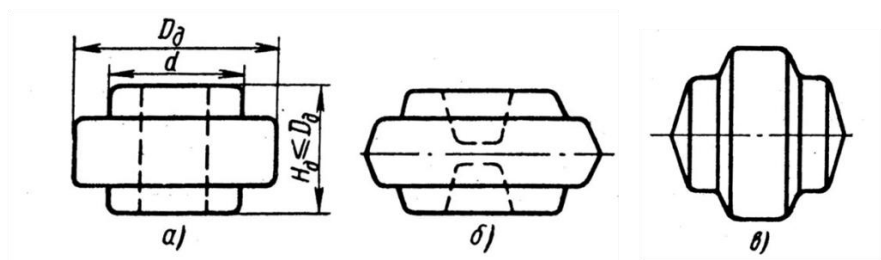


Рисунок 6.3 – Можливі положення площини рознімання відкритих штампів для кування деталей типу тіла обертання

При штампуванні шестерні, незалежно від співвідношень, доцільним є торцеве штампування. Макроструктура виходить однаковою у всіх зубів, забезпечуючи їх високу міцність.

6.3. Проектування порожнин у поковках

За наявності у деталі отворів у заготовці передбачають порожнину з одного або двох боків. Різновиди порожнин у заготовках наведені на рис. 6.4.

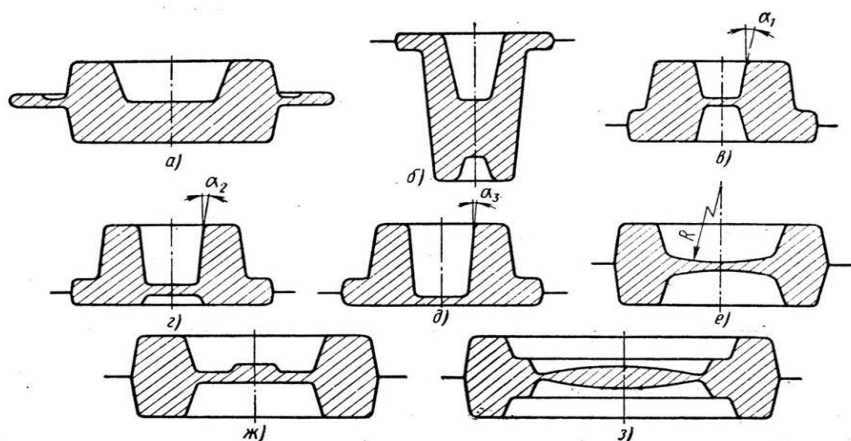


Рисунок 6.4 – Типи поковок із порожнинами:

а – одностороннє розташування порожнини; б – двостороннє розташування глухих порожнин для штамповок великої висоти;

в – рівностороннє розташування порожнини із двох боків заготовки; г – близькі до збігу вершин порожнин до площини рознімання; д – допустимий варіант розташування порожнини;

е – порожнина з тонкою перемичкою; ж – попередньо порожнини отримують у чорновій, а остаточно – у чистовій канавці з обробкою кишені та стоншеними стінками перемички;

з – порожнина при великому діаметрі кування, але невеликої маси

Ковальські напуски утворюються штампувальними ухилами, радіусами заокруглень, перемичкою в отворах.

Штампувальні уклони $1-10^\circ$ виключають застрявання поковок на канавках.

6.4. Визначення маси та розмірів заготовки для штампування

Згідно з ГОСТ 7505-89 попередньо визначається розрахункова маса штампування номінального розміру деталі за формулою (6.1):

$$m_{ш} = m_d k_p, \quad (6.1)$$

де m_d – маса деталі;

k_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі ($k_p = 1,3-2,2$).

Визначають ступінь складності штампування за формулою (6.2):

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{\phi}}, \quad (6.2)$$

де m_{ϕ} – маса (об'єм) геометричної фігури, в яку вписується форма кування (рис. 6.5).

Установлені ступені складності: C1; C2; C3; C4 і відповідні їм числові значення відношення $m_{ш} / m_{\phi}$:

- C1: більше 0,63;
- C2: 0,32–0,63;
- C3: 0,16–0,32;
- C4: до 0,16.

Визначають групу сталі (M1; M2; M3) залежності від їх хімічного складу (табл. 6.3) і класу точності штампування (T1; T2; T3; T4; T5).

Припуски та відхилення, що беруться для штамповок, визначаються за вихідним індексом (табл. 6.3) і розмірами штамповок.

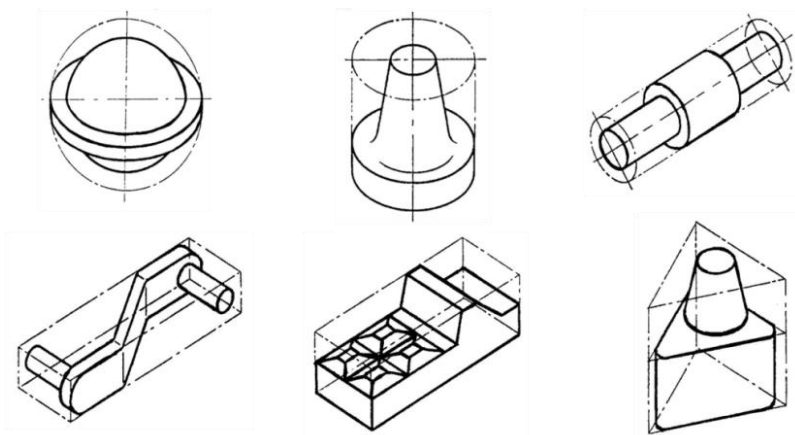


Рисунок 6.5 – Геометричні фігури, в які може вписуватися поковка

Таблиця 6.3 – Класи точності поковок

Обладнання, технологічний процес		Клас точності				
		T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипні гаряче- штампувальні преси	Відкрите штампування				+	+
	Закрите штампування		+	+		
	Видавлювання			+	+	
Горизонтально-кувальні машини					+	+
Преси гвинтові, гідравлічні					+	+
Гарячештампувальні автомати			+	+		
Штампувальні молоти					+	+
Калібрування об'ємне		+	+			
Прецизійне штампування		+				

Маса металу заготовки, необхідної для отримання штампованого кування на молоті або пресі, розраховується за формулою (6.3):

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{пок}} + G_{\text{обл}} + G_{\text{уг}} , \quad (6.3)$$

де $G_{пок}$ – маса поковки;

$G_{обл}$ – маса відходів (враховується лише при штампуванні у відкритому штампі);

$G_{уг}$ – маса відходження металу на вигорання.

Масу облою можна орієнтовно розрахувати за формулою (6.4):

$$G_{обл} = 0,5 - 0,8 \cdot \rho \cdot F_{обл} \cdot L, \quad (6.4)$$

де ρ – густина металу;

$F_{обл}$ – площа поперечного перерізу канавки для облою;

L – периметр кування по лінії рознімання.

Орієнтовні площі поперечного перерізу канавки для облою $F_{обл}$ залежно від маси кування наведені у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Орієнтовні площі поперечного перерізу канавки для облою

$G_{пок},$ кг	Менше 0,5	0,5–1,5	1,5–5	5–12	12–25	25–40	40–100	Понад 100
$F_{обл},$ см ²	1,1	1,6	2,4	3,2	4,2	5,3	11,2	19,5

Маса відходів металу на угар при нагріванні в полум'яній печі береться такою, що дорівнює 1,5–3 % маси поковки з облоєм і кліщовиною, а при електронагріванні – 0,5–1 %.

Площа поперечного перерізу заготовки для штампування поперечно до осі визначається за формулою (6.5):

$$F_{заг} = \frac{KV_{заг}}{L_{пок}}, \quad (6.5)$$

де K – коефіцієнт, що враховує переміщення металу заготовкою уздовж її осі;

$V_{заг}$ – об'єм заготовки без ризини;

$L_{пок}$ – довжина кування без ризини.

Значення коефіцієнта:

- 1,02–1,05 – за відсутності заготівельних канавок;
- 1,3 – при перетиск ній канавці;
- 1,05 – при формувальній канавці;
- 1,05–1,2 – при підкатній канавці;
- 1,05–1,1 – при згинальній канавці ($L_{пок}$ у цьому випадку береться за середню лінію розгортки).

Якщо застосовується одна протяжна канавка без інших заготівельних канавок (за винятком згинального або формувального), площу поперечного перерізу заготовки беруть такою, що дорівнює максимальній площі поперечного перерізу поковки з облоєм.

Довжина заготовки визначається за формулою (6.6):

$$L_{заг} = \frac{V_{заг}}{F_{заг}} . \quad (6.6)$$

При штампуванні із кліщовиною до довжини заготовки додають довжину кліщового кінця. Довжина кліщовини повинна бути не меншою 25 мм і становить 0,6–1 діаметра або сторони квадрата заготовки.

При виготовленні поковок осадкою в торець відношення T довжини заготовки $L_{заг}$ до її діаметра $d_{заг}$ (або сторони A квадратної заготовки) повинна становити 1,25–2,8 (найчастіше беруть $T = 2$).

Задаючись значенням коефіцієнта T , знаходять:

1) діаметр заготовки за формулою (6.7):

$$d_{заг} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}} ; \quad (6.7)$$

2) довжину заготовки за формулою (6.8):

$$L_{заг} = 4 \frac{V_{заг}}{\pi d_{заг}^2} ; \quad (6.8)$$

3) сторону квадратної заготовки за формулою (6.9):

$$A = \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}} ; \quad (6.9)$$

4) довжину квадратної заготовки за формулою (6.10):

$$L_{заг} = \frac{V_{заг}}{A^2} . \quad (6.10)$$

Контрольні питання

1. Сутність процесу ГОШ. Обладнання та інструмент.
2. Показники якості заготовок ГОШ.
3. Правила вибору рознімання матриць штампа.
4. Призначення порожнин у поковках.
5. Визначення маси металу та розмірів заготовки для штампування.

ТЕМА 7

ШТАМПУВАННЯ ЗАГОТОВОК НА МОЛОТАХ І ПРЕСАХ

План лекції

- 7.1. Обладнання та інструмент, що застосовуються при штампуванні на молотах.
- 7.2. Класифікація поковок, отриманих на молотах, та струмків при штампуванні.
- 7.3. Визначення розмірів вихідної заготовки, кількості переходів при штампуванні на молотах.
- 7.4. Рекомендації з розроблення креслень штамповки.
- 7.5. Сутність процесу кування, застосоване обладнання.
- 7.6. Класифікація кованих поковок, основні технологічні операції.
- 7.7. Розроблення креслень кованої поковки.
Контрольні питання.

7.1. Обладнання та інструмент, що застосовуються при штампуванні на молотах

Молоти є універсальним обладнанням для гарячого об'ємного штампування переважно у відкритих штампах. Їх ККД становить близько 3 %.

Основні типи молотів:

- пароповітряний;
- механічний;
- гідравлічний;
- високошвидкісний;
- інші.

У пароповітряних молотах енергоносієм є пара або повітря для переміщення баби молота.

Механічні молоти. Робоче переміщення баби молота здійснюється під дією сили ваги на відміну від гідравлічних, де енергоносієм є рідина високого тиску (до 18 МПа).

Високошвидкісні молоти застосовуються для штампування поковок із важкодеформованих матеріалів

(титанові сплави), а також із кольорових і чорних металів і сплавів. Швидкість деформування заготовки перевищує 7 м/с. Як енергоносіє використовується газ високого тиску, процес деформування відбувається за частки секунди. Цей спосіб штампування порівняно з описаними вище на 30–40 % знижує витрати металу і в 2–3 рази підвищує КВМ. Точність поковок підвищується. Для виготовлення поковок використовуються штампи, що складаються з двох матриць.

Верхню матрицю штампа (рис. 7.1) кріплять до баби молота, нижню – до штампотримача, який закріплюється на шаботі.

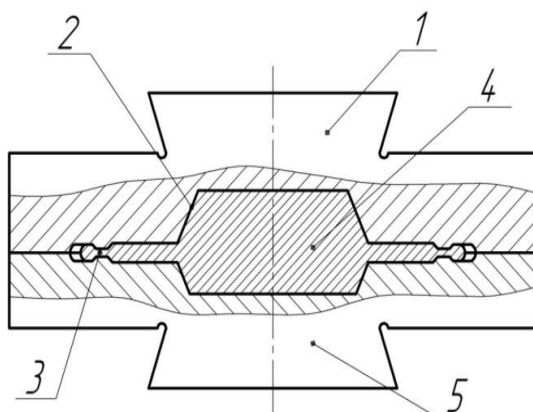


Рисунок 7.1 – Схема молотового відкритого штампа:

1 – верхня матриця; 2 – стінка канавки (порожнини);

3 – облой; 4 – поковка; 5 – нижня матриця

Вибір молота здійснюють, визначивши масу падаючих частин для штампування у закритих штампах за формулою (7.1):

$$G_{п.ч.} = 3,5 - 5 \cdot F_{п.ч.}, \quad (7.1)$$

де $F_{п.ч.}$ – площа проекції поковки в плані, см².

7.2. Класифікація поковок, отриманих на молотах, та канавок при штампуванні

Кування класифікують за рядом ознак, наприклад, за способом штампування: плиском або осадженням в торець тощо.

Їх поділяють на групи I і II, у кожній з яких є дві підгрупи (геометрична характеристика кування й технологічні особливості при штампуванні щодо канавок). Типові представники групи I – шатуни, колінчасті вали й інші, II групи – стакани, хрестовини, шестерні й інші.

Типи канавок: заготівельні, штампувальні.

7.3. Визначення розмірів вихідної заготовки, кількості переходів при штампуванні на молотах

Розміри вихідної заготовки визначають виходячи з розрахункової заготовки та прийнятої комбінації переходів штампування.

Розрахункова заготовка – умовна заготовка з круглими поперечними перерізами, площі яких дорівнюють сумарній площі відповідних перерізів кування та відходів.

Площа поперечного перерізу розрахункової заготовки в довільному місці визначається за формулою (7.2):

$$S_{\text{з}} = S_n + 2S_o = S_n + 2\xi S_{\text{об.к.}}, \quad (7.2)$$

де S_n – площа поперечного перерізу кування в довільному місці, розрахована за номінальними розмірами з додаванням до вертикальних розмірів половини додатного відхилення;

S_o – площа перерізу відходів;

$S_{\text{об.к.}}$ – площа перерізу облойної канавки;

ξ – коефіцієнт заповнення канавки.

Для побудови креслення розрахункової заготовки розраховують ряд значень для характерних поперечних

перерізів кування та відкладають отримані діаметри по лініях площин цих перерізів, а потім з'єднують характерні точки прямими та плавними кривими лініями (рис. 7.2).

Зображення розрахункової заготовки рекомендується виконувати в масштабі 1:1. Якщо за ординатою відкласти в масштабі M величини площ характерних перерізів S_e у вигляді відрізків, що дорівнюють $h_e = \frac{S_e}{M}$, то, з'єднавши кінці цих відрізків, отримаємо епюру поперечних перерізів розрахункової заготовки.

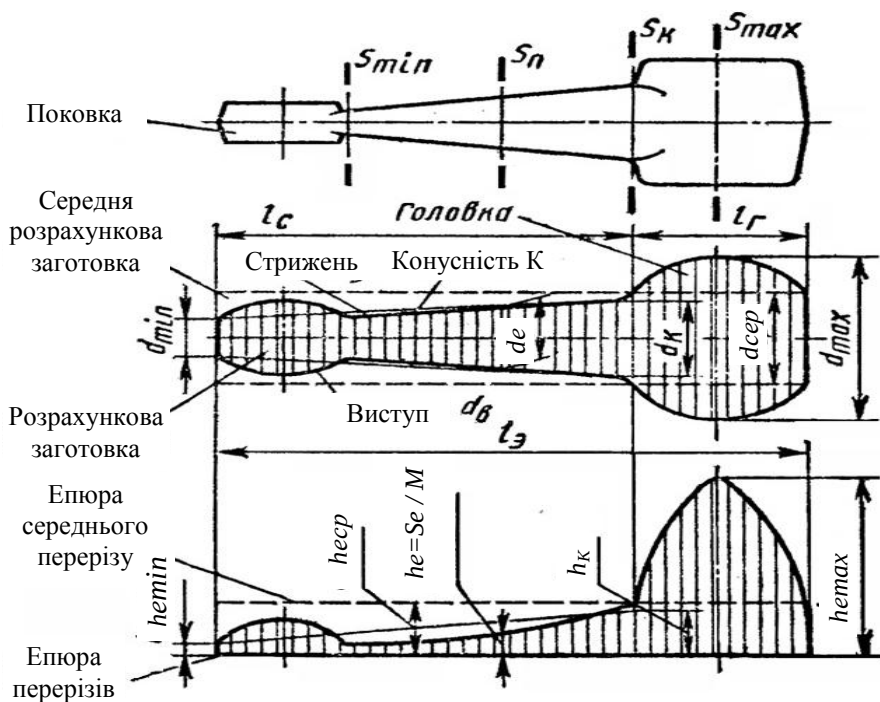


Рисунок 7.2 – Елементарна розрахункова заготовка та епюра перерізів

Діаметр розрахункової заготовки d_e у довільному перетині визначається за формулою (7.3):

$$d_e = \frac{\overline{4S_e}}{\pi}. \quad (7.3)$$

Середньою розрахунковою заготовкою називають циліндр діаметром d_{cep} , довжиною, що дорівнює довжині кування ($l_3 = l_n$), і об'ємом $V_{n.o}$, що дорівнює сумі об'ємів поковки V_n і облою V_o , який розраховується за формулою (7.4):

$$V_{n.o} = V_n + V_o. \quad (7.4)$$

Площа перерізу середньої розрахункової заготовки визначається за формулою (7.5):

$$S_{cep} = \frac{V_{n.o}}{l_n}. \quad (7.5)$$

Діаметр середньої розрахункової заготовки визначається за формулою (7.6):

$$d_{cep} = \frac{\overline{4S_{cep}}}{\pi}. \quad (7.6)$$

Частина розрахункової заготовки, в межах якої $d_e > d_{e.cep}$ (і відповідна частина епюри перерізів), називають головою. Частину розрахункової заготовки, в межах якої $d_e < d_{e.cep}$ (і відповідна частина епюри перерізів) називають стрижнем.

Конусність стрижня визначається за формулою (7.7):

$$K = \frac{d_\kappa - d_{\min}}{l_c}, \quad (7.7)$$

де d_κ - діаметр переходу стрижня в головку;

l_c - довжина стрижня.

Розрахункову заготовку з однією головкою та односторонньо розташованим стрижнем називають елементарною розрахунковою заготовкою. Їй буде відповідати елементарна епюра перерізів. Складна розрахункова заготовка складається з однієї головки та двостороннього стрижня або двох і більше головок. Складну розрахункову заготовку та відповідно складну епюру перерізів можна подати у вигляді ряду елементарних.

Об'єм заготовки на одну поковку V_{zag} розраховується за формулою (7.8):

$$V_{zag} = S_{zag} \cdot l_{zag}, \quad (7.8)$$

де S_{zag} – площа перерізу;
 l_{zag} – довжина заготовки.

Об'єм заготовки з урахуванням втрат (без рицини) визначають за формулою (7.9):

$$V_{zag} = V_{n.o} (100 + \delta) / 100, \quad (7.9)$$

де δ – угар металу, % .

Потім за ГОСТ підбирають квадратний або круглий профіль із найближчою більшою площею поперечного перерізу. Потім розраховують діаметр D_{zag} або сторону квадрата A_{zag} вихідної заготовки.

Для того щоб визначити, які заготівельні канавки використовувати при штампуванні, необхідно з'ясувати, до якої групи, підгрупи та типу належить поковка, що штампується. Потім будують епюру перерізів розрахункової заготовки та визначають коефіцієнт підкочування.

Загальний коефіцієнт підкочування визначається за формулою (7.10):

$$K_{\Pi} = \frac{S_{\max}}{S_{\text{сер}}} = \frac{d_{\max}^2}{d_{\text{сер}}^2}, \quad (7.10)$$

де $S_{\max}$ – найбільша площа перерізу;

$d_{\max}$ – діаметр розрахункової заготовки.

У табл. 7.1 наведені значення коефіцієнта підкочування канавок K_n .

Таблиця 7.1 – Коефіцієнт підкочування

Канавка	Коефіцієнт підкочування K_n
Майданчик для розплющування	1
Нережимний	1,2
Формувальний	1,2
Підкочувальний відкритий	1,3
Підкочувальний закритий	1,6
Гнучкий	1,2
Чорновий	1,1
Чистовий	1,05

На підставі рекомендацій для вибору послідовності канавок при штампуванні визначають комбінацію переходів і канавок так, щоб $K_n \leq K_{np}$ (K_{np} дорівнює добутку K_n вибраних канавок). Наприклад, якщо вибрано канавки: підкочувальну закриту, чорнову і чистову (значення K_n див. табл. 7.1), то $K_{np} = 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \approx 1,8$.

7.4. Рекомендації з розроблення креслень поковки

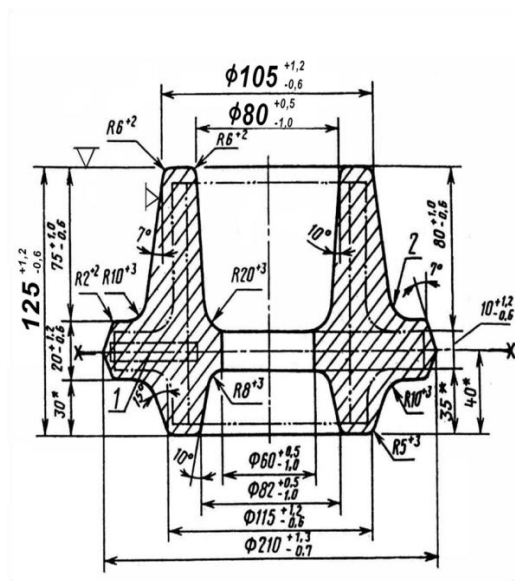
Вихідними даними є креслення деталі та тип виробництва.

Згідно з ГОСТ 7505-89, визначивши положення площини рознімання, призначають припуски, допуски, штампувальні уклони, радіуси заокруглень, порожнини (за необхідності).

Креслення поковки рекомендується виконувати в масштабі 1:1, 2:1 залежно від розмірів заготовки (не більше 750 мм).

Контури деталі на кресленні поковки зображують суцільною тонкою лінією. Поверхню рознімання штампа зображують тонкою штрихпунктирною лінією. Вона позначається на кінцях знаком Х.

Рекомендується уникати проставлення розмірів від лінії рознімання, якщо вона не збігається з осью. На кресленні поковки вказують схему базування на першій операції та оброблювану поверхню. Розмірні лінії для нанесення розмірів поверхонь з уклонами проводять від їх вершин. Розміри поковки проставляють з урахуванням: зручної перевірки шаблонами розмірів і форми поковки; простоти розмітки поковки під час контролю; зручної перевірки припуску на кресленні. У рамці креслення після назви деталі під рискою в дужках зазначається вид заготовки, тобто – поковка. Приклад графічного виконання кування втулки зі сталі 65 наведено на рис. 7.3.



$\sqrt{Rz\ 20}$

Технічні умови

1. НВ 229.
2. Зсув штампів не більше 0,2 мм.
3. Клас точності Т5, група сталі МЗ, ступінь складності СЗ, вихідний індекс 13 ГОСТ 7505-89.
4. Місце відбору зразка для випробування – 1; місце маркування – 2.

Рисунок 7.3 – Поковка втулки

7.5. Сутність процесу кування, застосоване обладнання

Сутність процесу полягає у формоутворенні вихідної заготовки вздовж однієї (вертикальної) або двох осей (вертикальної та горизонтальної). Коефіцієнт масової точності у діапазоні 0,3–0,4.

Застосоване обладнання – молоти й преси.

Інструменти:

- бойки, плити для осадження, прошивки, кільця, розкочування, тискачі, обтискачі, сокири, накладні штампи (основний);
- кліщі, стійки, патрони (підтримувальний);
- кронциркулі, косинці, нутроміри, лінійки, калібри, шаблони (вимірювальні).

Кування без підкладних штамтів застосовується для одержання заготовок простої форми масою до 250 т. Підкладні штампи дозволяють отримати заготовку дещо складної форми, рис. 7.4.

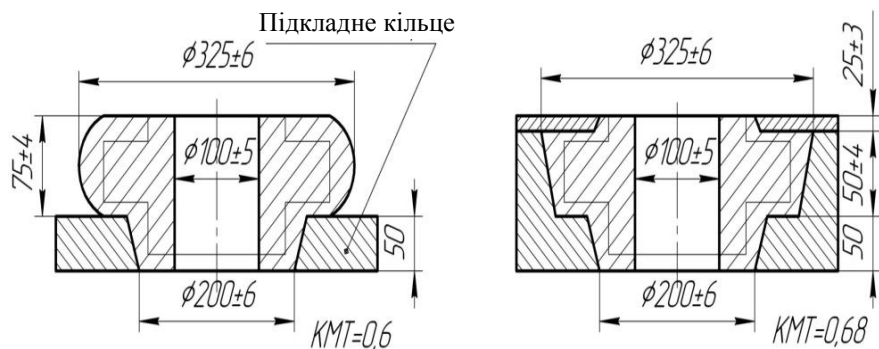


Рисунок 7.4 – Поковки, одержувані без і в підкладних штампах

Фасонні поковки понад 100 кг та прості масою понад 750 кг переважно виготовляються на гідропресах. Основні показники якості поковок та типи виробництв наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Основні показники якості поковок та типи виробництв

Спосіб кування	Розмір, маса	Допуск основного розміру, мм	Шорсткість Rz, мкм	Тип виробництва
На молотах і пресах	менше 250 т	3,0–30,0	80–320	Одиничне, дрібно-серійне
На молотах у підкладних кільцях і штампах	більше 10 кг	1,0–2,5	40–80	Дрібно-серійне
На радіально-кувальних машинах: – холодне; – гаряче	Ø150 мм (пруток, труба)	0,04–0,4 0,1–0,6	до 40	Серійне

Переваги кування:

- можливість виготовлення великогабаритних деталей;
- застосування універсального обладнання, оснащення;
- підвищення пластичності та ударної в'язкості металу.

Недоліки кування:

- малий ККД (для молотів пароповітряних – 2–3 %, молотів пневматичних – 6–7 %; гідравлічних пресів – 6–8 %);
- низька продуктивність і велика трудомісткість;
- великий обсяг механічної обробки.

Завдяки отриманню високої пластичності матеріалу, міцності, кування рекомендується для заготовок високонавантажених деталей: роторів гідротурбін, валів, дисків турбін, коліс тощо. Виготовляють також заготовки із титанових сплавів на пресах з зусиллям до 3000 т.

Для вибору молота визначають масу падаючих частин молота, необхідну для осадження, за формулою (7.11):

$$G = 0,17 \left(1 + 0,17 \frac{D_{\text{пок}}}{H_{\text{пок}}} \right) \sigma_T \varepsilon_K V_{\text{заг}}, \quad (7.11)$$

де $D_{\text{пок}}$ – діаметр заготовки після осадження, мм;
 $H_{\text{пок}}$ – висота заготовки після осадження, мм;
 σ_T – напруга плинності металу при температурі осадження, що дорівнює межі міцності при тій самій температурі, МПа;
 ε_K – ступінь деформації під час останнього удару ($\varepsilon_K = 0,025 - 0,060$);
 $V_{\text{заг}}$ – об'єм заготовки, см^3 .

Орієнтовно масу падаючих частин молота знаходять за довідковими даними залежно від розмірів заготовки (діаметр, сторона квадрата) і розмірів злитка.

Для вибору преса визначають зусилля преса, необхідне для осадження за формулою (7.12):

$$P = M \sigma_{S(\tau)} \left(1 + 0,17 \frac{D_{\text{пок}}}{H_{\text{пок}}} \right) F_K \cdot 10^{-5}, \quad (7.12)$$

де $\sigma_{S(\tau)}$ – напруга течії сталі при температурі кінця кування, МПа;
 $D_{\text{пок}}$ – відповідно діаметр заготовки після осадження, мм;
 $H_{\text{пок}}$ – висота заготовки після осадження, мм;
 M – масштабний коефіцієнт, що залежить від маси злитка;
 F_K – площа поперечного перерізу кування після осадження, мм^2 .

Кінцева висота осадженої заготовки розраховується за формулою (7.13):

$$H_K = (D_0^2 / D_K^2) H_0, \quad (7.13)$$

де H_0 – початкова висота заготовки;

D_0 – вихідний діаметр заготовки.

Розрахунковий діаметр заготовки після осадження розраховується за формулою (7.14):

$$D_K = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_K}}. \quad (7.14)$$

Площа поперечного перерізу кування після осадження розраховується за формулою (7.15):

$$F_K = \frac{\pi}{4} D_K^2. \quad (7.15)$$

Орієнтовно прес можна вибрати за довідковими даними залежно від маси та розмірів злитка.

7.6. Класифікація кованих поковок, основні технологічні операції

Уся різноманітність поковок поділена на групи I–VII і 24 підгрупи. Конфігурації заготовок від простої циліндричної форми до складної – колінчастий вал, бугель, гак. Для кожної групи передбачений типовий технологічний процес та основні інструменти.

Попередні операції: обкочування злитка, вирубування, розрубання.

Основні операції: осадження, прошивка, розгін, передача, надрубання, скручування, протягання, розкочування, гнуття, ковальське зварювання.

Оздоблювальні операції: редагування, клеймування.

7.7 Розроблення креслень кованої поковки

Вихідними даними є креслення деталі. Припуски та допуски на поковки із вуглецевої та легованої сталі при куванні

на молотах встановлюють згідно з ГОСТ 7829-70, на пресах – із ГОСТ 7062-90.

Визначають виконавчі розміри поковки та викреслюють контурною лінією, а контур деталі зображують штрихпунктирною лінією.

Розміри поковок типу валів, кілець проставляють від базового перерізу. Над розмірною лінією зазначають розміри поковки, під розмірною лінією – розміри деталі (номінальні). У правому верхньому куті зазначається знак шорсткості (рис. 7.5).

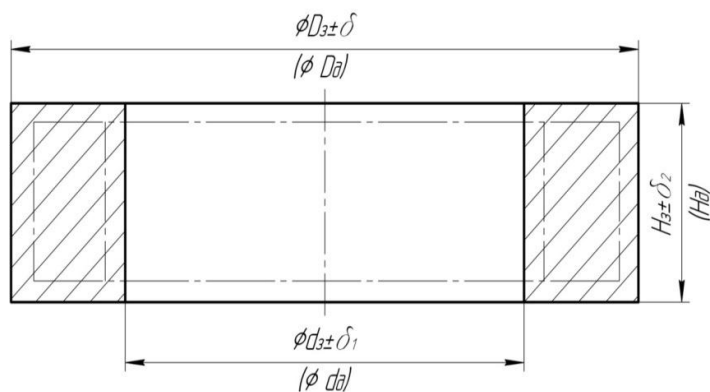


Рисунок 7.5 – Креслення кованої деталі «Кільце»

У технічних вимогах до креслення зазначаються: твердість заготовки, допустимі відхилення форми та розмірів поковки, вимоги до мікро- та макроструктури.

При куванні заготовок із прокату маса вихідної заготовки розраховується за формулою (7.16):

$$G_{зат} = G_{п} + G_{вт} + G_{от} , \quad (7.16)$$

де $G_{п}$ – маса поковки за кресленням;

$G_{вт}$ – відхід металу на вигар (2–2,5 %);

$G_{от}$ – відходи металу на відрубання (1–5 %).

Для наближеного розрахунку відходів G_{OT} при куванні з прокату можна скористатися коефіцієнтом виходу придатного (табл. 7.3). При виготовленні поковок осадом розміри вихідної заготовки (d_{zag} – діаметр заготовки або a_{zag} – сторона квадрата) визначаються виходячи з об'єму заготовки V_{zag} за формулами (7.16, 7.17):

$$d_{zag} = 0,8 - 1,0 \cdot \sqrt[3]{V_{zag}}, \quad (7.16)$$

$$a_{zag} = 0,75 - 0,9 \cdot \sqrt[3]{V_{zag}}. \quad (7.17)$$

Відповідно до сортаменту за Державними стандартами знаходять найближчі розміри перерізу заготовки. Довжина чи висота заготовки розраховується за формулою (7.18):

$$h_{zag} = \frac{V_{zag}}{F_{zag}}, \quad (7.18)$$

де F_{zag} – площа заготовки.

При куванні заготовок із злитків маса вихідної заготовки визначається за формулою (7.19):

$$G_{сл} = G_{п} + G_{уг} + G_{от} + G_{дн} + G_{пр}, \quad (7.19)$$

де $G_{п}$ – маса поковки за кресленням, визначається за номінальним розмірами;

$G_{уг}$ – маса відходження на вигар;

$G_{от}$ – маса технологічних відходів;

$G_{дн}, G_{пр}$ – маса відходів при відрубуванні відповідно до даної та прибуткової частин злитка.

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнта виходу придатного для різних способів виготовлення поковок

Група поковки	Технологія виготовлення	Види поковок	Коефіцієнт виходу придатного
1	Без обсікання	фланці гладкі, круглі, овальні пластини, кубики	0,98–0,97
2	Протягування із подальшим гнуттям	скоби, вилки	0,97
3	Осадом із подальшим розгоном полотна	шестерні, фланці, муфти, кришки	0,97
4	За допомогою клинових накладок	клини, шпонки	0,95–0,92
5	Протягуванням	гладкі вали, бруски, планки, стрижні	0,94–0,92
6	Протягуванням із односторонніми уступами	двоступінчасті вали, вали із фланцями, болти	0,93–0,92
7	Протягуванням із двосторонніми уступами	багатоступінчасті вали, прямокутні бруски із уступами	0,92–0,91
8	Осадом із наступним прошиванням, розкочуванням, протягуванням на оправці	Кільця, втулки, обичайки	0,9–0,8
9	Із обсіканням країв	Сектори, державки, куліски, собачки	0,92–0,8