

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний морський технічний університет
імені адмірала Макарова

Є.Д. ГАВРИЛЕНКО, Н.Ю. ЛЕБЕДЄВА,
В.О. РЕПІН

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
"Технологія конструкційних матеріалів"

Рекомендовано Методичною радою УДМТУ

Миколаїв 2004

Гавриленко Є.Д., Лебедєва Н.Ю., Репін В.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Технологія конструкційних матеріалів". – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 36 с.

Кафедра матеріалознавства і технології металів

Подано основні теоретичні відомості про технологію виготовлення ливарних форм, різновиди ливарних форм, призначення інструменту для ручного формування і спеціальних способів лиття. Розглянуто технологічні фактори та параметри, які впливають на якість одержуваних виливків та визначені переваги та недоліки наведених способів виготовлення виливків.

У методичних вказівках висвітлені сучасні методи формоутворення виробів при обробці металів тиском. Розглянута технологія прокатування, штампування та кування виробів різної форми. Надана методика виконання лабораторних робіт. Дана загальна характеристика технологічних операцій кування та штампування, а також наведена схема розробки креслення поковок і штампувань для деталей різної форми.

Призначено для студентів всіх спеціальностей, які вивчають дисципліну "Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів".

Рецензент канд. хім. наук, доц. Шкурат С.І.

Лабораторна робота № 1

СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ РАЗОВИХ ПІЩАНО-ГЛИНИСТИХ ФОРМ

Мета роботи: ознайомитися з технологією ручного формування, виготовити піщано-глинисту форму.

1.1. Загальні відомості

Технологія виготовлення виливка у разовій піщаній формі складається з таких послідовних операцій: виготовлення модельних комплектів; приготування формових і стрижневих сумішей; формування ливарних форм і стрижнів; сушіння стрижнів, а іноді і форм; вибивання виливка з форм і стрижнів з виливка; обрубкування ливникової системи й очищення виливка; механічна і термічна обробка виливка; контроль і виправлення дефектів готового виливка.

Переважну кількість виливків виготовляють у піщано-глинистих формах. На рис. 1.1,*а* наведено виливок, а на рис. 1.1,*б* – разову ливарну форму. Форму виготовляють у рамках 1, які називають опоками. Нижня і верхня опоки з'єднуються між собою центрувальними штирями 7. Форма складається з таких елементів: ливникової системи 5, верхньої 6 і нижньої 8 півформ з вентиляційними каналами 9, порожнини 2, стрижня 3, випорів 4.

Ливникова система – це сума каналів, якими рідкий метал надходить у ливарну форму. Вона має забезпечити швидке заповнення форми рідким металом, правильне його твердіння у формі, мати якомога меншу масу і легко відокремлюватися від виливка. Скла-

дається ливникова система (рис. 1.2) з ливникової чаші 1, стояка 2, шлаковловлювача 3 і живильників 4. Ливникова чаша не допускає розливання рідкого металу при заливанні його з ковша. По стояку конічної форми метал надходить у трапецієдний в перерізі шлаковловлювач, який розміщено у верхній половині ливарної форми. Він призначений для затримування шлакових та земляних вкраплень, які спливають на поверхню металу внаслідок зниження швидкості його струменя у шлаковловлювачі. Живильники підводять рідкий метал безпосередньо в порожнину ливарної форми. Випор установлюють у найвищій точці виливка, тому рідкий метал заповнює випор останнім, що дає змогу контролювати заливання форми. Крім того, у випор при заповненні форми металом

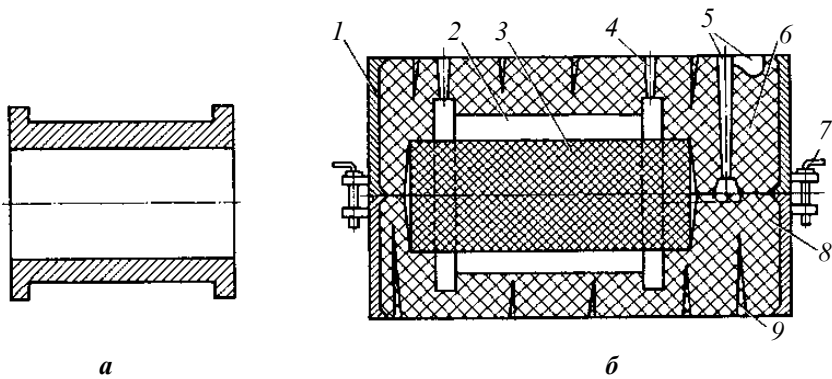


Рис. 1.1. Виливок (а) і складена форма (б)

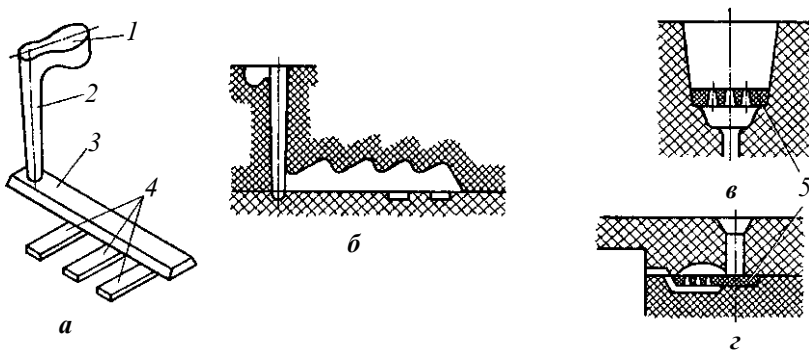


Рис. 1.2. Конструкція ливникової системи та її складових елементів

виходить повітря. При машинному формуванні використовують вогнетривку сітку 5.

Формувальні інструменти для виготовлення разової форми вручну можна поділити на дві групи: 1) інструменти, що використовують для наповнення опок формовою сумішшю, ущільнення її та видалення моделей з форми; 2) інструменти для обробки форм. Інструменти, які використовують при виготовленні разової ливарної форми вручну, подані на рис. 1.3. Ущільнюють суміш пневматичними (рис. 1.3,*а*) або ручними (рис. 1.3,*б*) трамбівками. Щоб легше виходили гази із форми, її наколюють душником (рис. 1.3,*в*). Видаляють моделі із форми за допомогою підіймача (рис. 1.3,*г*) з гострим кінцем (для дерев'яних моделей), або з різьбою на кінці (для металевих моделей).

До обробних інструментів належать: гладилки прямокутні (рис. 1.3,*р*) та торцеві (рис. 1.3,*д*); ложки (рис. 1.3,*е*) для обробки криволінійних поверхонь і вирізування ливникової чаші; гачки

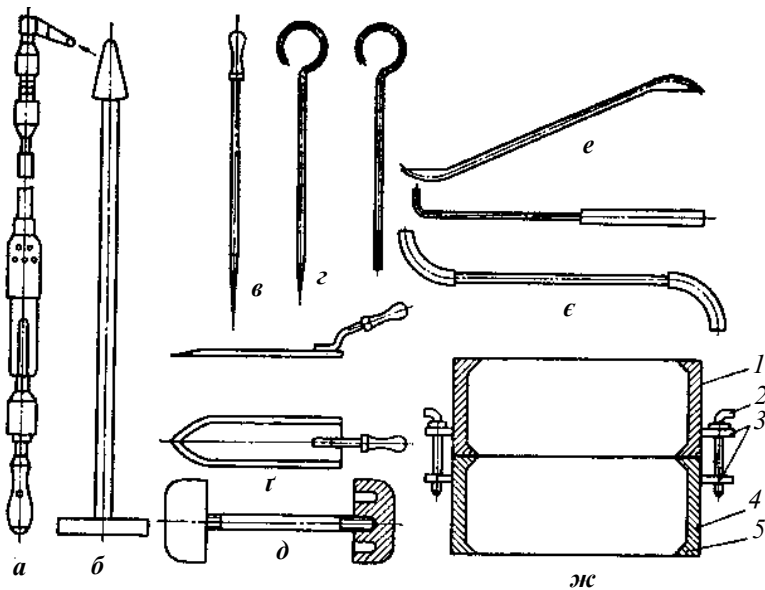


Рис. 1.3. Формувальний інструмент

(рис. 1.3,є) для видалення залишків суміші з глибоких і вузьких заглибин форми.

Модельний комплект для ручного формування в одиничному і малосерійному виробництві виготовляють з деревини. До модельного комплекту входять: модель майбутнього виливка, моделі ливникової системи, один або кілька стрижневих ящиків, підмодельна дошка (для ручного формування) або модельна плита (для машинного формування), опоки (рис. 1,3,ж). Елементи комплексу не повинні змінювати своїх розмірів з часом і при багаторазовому використанні, мають бути зручними та легкими.

Моделі – це пристосування для одержання у формувальній суміші відбитків (порожнини), що відповідають формі виливків. Отвори і порожнини всередині виливків одержують за допомогою стрижнів з піску, встановлених у форми під час їх монтування. Розмір моделей, порівняно з розміром виливка, збільшують на величину лінійної усадки металу і припусків на механічну обробку. Для виливків простої конфігурації використовують нерознімні моделі, для складних виливків моделі виготовляють рознімними, що дає можливість видаляти їх, не руйнуючи форми. З цією ж метою вертикальні стінки моделі (перпендикулярні до площини розніму форми) виготовляють з ухилом 0,5...3,0 % залежно від висоти моделі. На відміну від виливка модель має замість отворів виступи (стрижневі знаки), що утворюють у формі відповідні відбитки – заглиблення. В них вкладають стрижень, виготовлений з використанням стрижневого ящика.

Стрижневі ящики (стрижневі форми), подібно до моделей, мають ливарний ухил, можуть бути рознімними і нерознімними, виготовляються з тих самих матеріалів. Вони повинні забезпечувати рівномірне ущільнення суміші й швидке видалення стрижня.

1.2. Технологія ручного формування

При виготовленні виливків значних розмірів і маси, а також в індивідуальному виробництві дрібних і середніх виливків формування виконують вручну, оскільки машинне формування було б економічно невигідним.

Найбільш поширене ручне формування у двох опоках за рознімною моделлю. Формування починають виготовленням нижньої півформи і виконують у такій послідовності (рис. 1.4): на

підмодельну дошку 3 площиною розняття укладають нижню половину моделі 2 і накривають опокою 1 (рис. 1.4,*а*). На модель наносять шар облицьовувальної, а потім наповнювальної суміші. Трамбівкою ущільнюють формову суміш, а надлишок суміші зрізують лінійкою на рівні верхньої кромки опоки і для збільшення газопроникності форму наколюють вентиляційними голками 4 (рис. 1.4,*б*). Виготовлену півформу разом з підмодельною дошкою перевертають на 180° і на нижню половину моделі встановлюють верхню 7. Накривають нижню півформу верхньою опокою, опоки з'єднують між собою за допомогою штирів 8. Установлюють моделі ливникової системи 5, а поверхню розняття посипають роздільним піском (рис. 1.4,*в*). Заповнюють верхню опоку сумішшю 9, ущільнюють її, після чого витягують модель ливникової системи (рис. 1.4,*з*). Знімають верхню півформу з нижньої і також перевертають її на 180° площиною розняття догори (рис. 1.4,*д*). Формову суміш навколо моделей злегка зволожують водою, моделі розштовхують і за допомогою підіймача 10 виймають із форми. Виправляють і загладжують зруйновані частини форми обро-

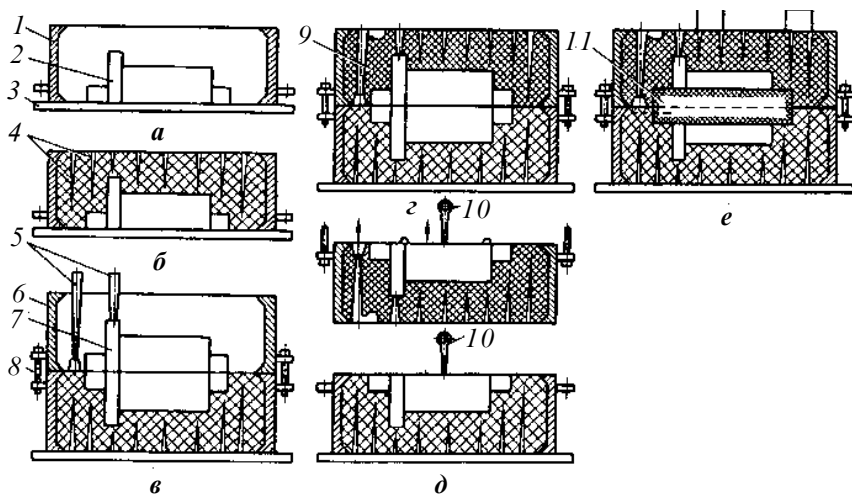


Рис. 1.4. Формування у двох опоках за розрізною моделлю

бним інструментом. Останніми операціями є укладання стрижня *II* у форму, складання форми, скріплення опок (рис. 1.4,*е*).

Цей спосіб лиття дозволяє виготовляти виливки без обмежень щодо маси виливків і видів ливарних сплавів при невисоких витратах на матеріали та обладнання. Але неможливість автоматизації всього процесу в цілому приводить до великої трудомісткості і низької продуктивності процесу. Крім того, чистота поверхні виливків низька, що потребує великих припусків на механічну обробку і як наслідок приводить до зниження коефіцієнту використання металу, який складає 45...70 %.

1.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з пристосуванням та інструментами для виготовлення разової піщаної форми вручну.

2. Виготовити разову піщано-глинисту форму за технологією згідно пункту 1.2.

1.4. Матеріали, інструменти, прилади

Модельний комплект для ручного формування, формувальний інструмент, формові та стрижневі піщано-глинисті суміші.

1.5. Порядок оформлення звіту

Подати схему і описати технологічний процес виготовлення разової піщано-глинистої форми.

1.6. Контрольні питання

1. Наведіть і дайте характеристику складовим модельного комплекту.

2. Що таке ливникова система?

3. Яке призначення елементів ливникової системи?

4. Що таке модель? Які матеріали використовують для виготовлення моделей?

5. З якою метою використовують стрижні? Назвіть матеріали, з яких вони виготовляються?

6. Що таке стрижневі знаки?

7. Наведіть коефіцієнт використання металу і фактори, що його змінюють.

8. Які переваги та недоліки лиття в разові піщано-глинисті форми?

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОРМОВОЇ СУМІШІ

Мета роботи: ознайомитися з видами, складом і властивостями формових сумішей; визначити газопроникність та вологість формової суміші.

2.1. Загальні відомості

Формові та стрижневі піщано-глинисті суміші повинні мати такі властивості: вогнетривкість, пластичність, газопроникність, піддатливість, міцність, непригарність.

Вогнетривкість – здатність суміші не плавитися та не розм'якчати під дією розплавленого металу.

Пластичність – здатність суміші набирати форму, яку їй надають (без руйнування), і давати точні відбитки моделі або стрижневого ящика.

Газопроникність – властивість суміші пропускати з певною швидкістю газу, які утворюються у формі і які виділяє метал при охолодженні.

Піддатливість – властивість суміші не чинити значного опору усадці металу при охолодженні виливка у формі (особливо це важливо для стрижневих сумішей).

Міцність – здатність ущільненої суміші не розмиватися рідким металом, який заповнює форму.

Непригарність – здатність суміші не вступати в хімічну взаємодію з металом і не пригорати до поверхні виливка.

До складу формових і стрижневих сумішей входять: кварцовий пісок, глина, вода та спеціальні добавки. Пісок забезпечує суміші вогнетривкість та газопроникність, глина – пластичність і міцність, але знижує газопроникність і піддатливість, а також утруднює вибивання стрижнів з виливка. Тому в стрижневі суміші замість глини як скріплювача додають різні органічні та неорганічні речовини: смоли, декстрин, рідке скло, патоку, каніфоль тощо. У формових сумішах вміст глини обмежують до 8...12 %. Для зменшення пригорання до виливків, а також для підвищення піддатливості й газопроникності у формові та стрижневі суміші вводять також спеціальні добавки (кам'яновугільний пил, мазут, тирсу тощо).

Найбільш широко використовують облицьовувальні, наповнювальні та єдині формові суміші.

Облицьовувальною сумішшю виготовляють робочу поверхню ливарної форми, яка контактує з рідким металом. При формуванні її наносять на модель завтовшки 15...20 мм і виготовляють зі свіжих піску та глини з добавкою протипригарних матеріалів.

Наповнювальну суміш насипають зверху облицьовувальної, заповнюючи остаточно ливарну форму. Цю суміш виготовляють із оборотної, переробленої після вибивання опок суміші з добавкою 5...10 % свіжих піску та глини.

Єдині суміші використовують у масовому ливарному виробництві при машинному формуванні для заповнення всього об'єму ливарної форми. Виготовляють їх з оборотної суміші з добавкою до 50 % свіжих піску та глини.

2.2. Визначення вологості формової суміші

Вологість формової суміші розраховується за формулою

$$W = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100 \%, \quad (2.1)$$

де G – вага вологої суміші, г; G_1 – вага суміші після висушування, г.

2.3. Визначення газопроникності формової суміші

Газопроникність формової суміші розраховується за формулою

$$K = \frac{Vh}{fht}, \quad (3.2)$$

де V – об'єм повітря, який проходить крізь зразок; h – висота зразка; f – площа поперечного перерізу зразка; t – час проходження повітря крізь зразок.

Газопроникність умовно вважають величиною безрозмірною, хоча фізичне значення цієї характеристики відповідає швидкості проходження повітря. Газопроникність формової суміші регламентується держстандартом і для піщано-глинистих сумішей складає 30...120 одиниць.

2.4. Порядок виконання роботи

1. На лабораторних терезах зважити три наважки формової суміші по 10 г.

2. Чашки з наважками витримати під лампою (рис. 2.1) до постійної вологи (близько трьох хвилин).

3. Зважити суміш після висушування і розрахувати вологість за формулою (2.1).

4. Визначити середнє значення вологості.

Для визначення газопроникності формової суміші використати прискорений метод за допомогою приладу, який наведено на рис. 2.2:

1) 170 г формової суміші помістити у гільзу, яка має знімне днище;

2) гільзу разом із днищем установити на станину лаборатор-

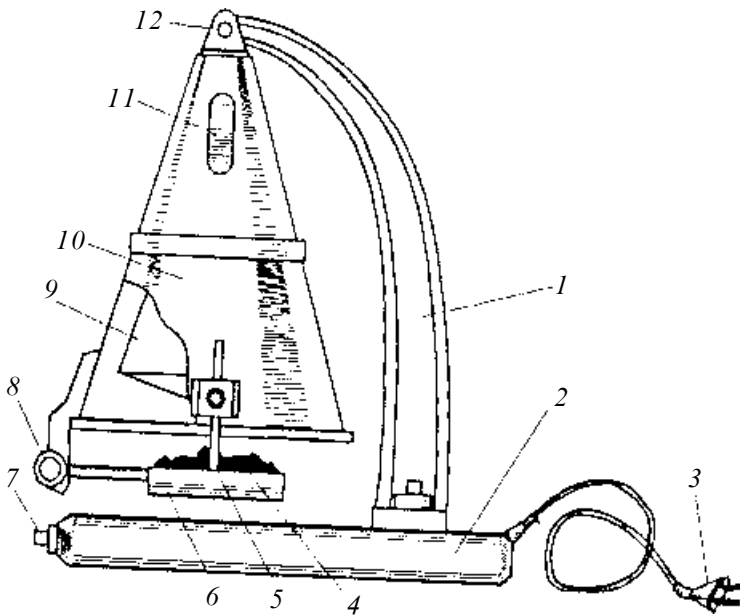


Рис. 2.1. Прилад для сушіння формової суміші:

1 – ламповий стояк; 2 – основа; 3 – штепсельна вилка; 4 – зразок; 5 – чашка; 6 – столик; 7 – тумблер; 8 – рукоятка; 9 – лампа; 10 – захисний кожух; 11 – вікна; 12 – пристрій для повороту

ного копра (рис. 2.3), опустити бойок і трьома ударами ущільнити формову суміш; риска на штоці повинна співпадати з рисою на рамі копра або знаходитися між двома рисками;

3) гільзу зі зразком ущільненої суміші установити на гумову прокладку; днище з гільзи акуратно зняти;

4) дзвін приладу підняти вгору, а триходовий кран встановити у положення, яке забезпечує тиск повітря у системі: дзвін під дією своєї ваги опускається і повітря переходить у простір під зразком; зразок формової суміші чинить опір для повітря; протиопір фіксує манометр у сантиметрах водяного стовпа;

5) величину газопроникності визначити за табл. 2.1 у залежності від показань манометра;

6) залишковий результат визначити як середнє з трьох значень.

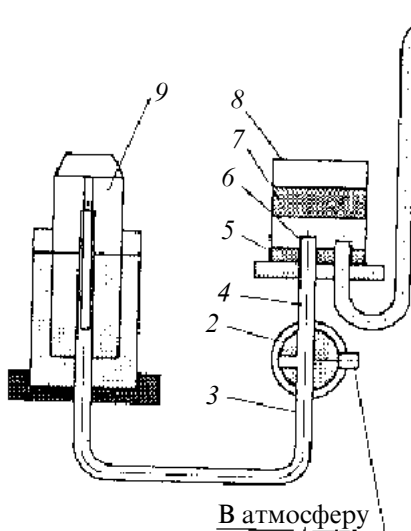


Рис. 2.2. Прилад для прискореного визначення газопроникності:

1 – манометр; 2 – триходовий кран; 3, 4 – трубка підводу повітря під зразок; 5 – гумове кільце; 6 – ніпель з калібровим отвором; 7 – гільза із зразком; 8 – гільза; 9 – дзвін

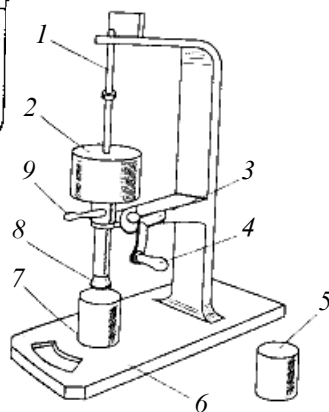


Рис. 2.3. Лабораторний копер:

1 – направляючий стрижень; 2 – вантаж; 3 – ексцентрик; 4 – рукоятка ексцентрика; 5 – гільза; 6 – станина; 7 – днище гільзи; 8 – бойок; 9 – рукоятка

Таблиця 2.1

Тиск по манометру, см вод. ст. (Па)	Газопроникність		Тиск по манометру, см вод. ст. (Па)	Газопроникність	
	при малому отворі (0,5 мм)	при великому отворі (1,5 мм)		при малому отворі (0,5 мм)	при великому отворі (1,5 мм)
0,1 (9,8)	—	—	3,1 (304,1)	29,0	264
0,2 (19,6)	—	—	3,2 (313,9)	28,0	253
0,3 (29,4)	—	—	3,3 (323,7)	27,0	243
0,4 (39,2)	—	2450	3,4 (333,5)	25,8	235
0,5 (49,0)	—	2000	3,5 (343,3)	24,2	226
0,6 (58,8)	—	1620	3,6 (353,1)	23,4	219
0,7 (68,6)	—	1350	3,7 (362,9)	22,7	212
0,8 (78,4)	—	1200	3,8 (372,7)	21,8	205
0,9(88,2)	—	1060	3,9 (382,5)	21,0	198
1,0 (98,1)	—	950	4,0 (392,4)	20,0	193
1,1 (107,9)	—	850	4,1 (402,2)	19,5	185
1,2 (117,7)	—	780	4,2 (412,0)	19,0	178
1,3 (127,5)	—	710	4,3 (421,8)	18,4	173
1,4 (137,3)	—	650	4,4 (431,6)	17,8	167
1,5 (147,1)	—	610	4,5 (441,4)	17,3	163
1,6 (156,9)	—	550	4,6 (451,1)	16,7	156
1,7 (166,7)	—	525	4,7 (461,0)	16,2	151
1,8 (176,5)	—	492	4,8 (470,8)	15,7	146
1,9 (186,3)	—	467	4,9 (480,6)	15,2	142
2,0 (192,2)	49	440	5,0 (490,5)	14,7	138
2,1 (206,0)	47	417	5,1 (500,3)	14,3	134
2,2 (215,8)	44	398	5,2 (510,1)	13,8	128
2,3 (225,6)	42	376	5,3 (519,9)	13,4	126
2,4 (235,4)	40	358	5,4 (529,7)	13,0	122
2,5 (245,2)	38	341	5,5 (539,5)	12,6	119
2,6 (255,0)	36	326	5,6 (549,3)	12,2	115
2,7 (264,8)	34	313	5,7 (559,1)	11,8	112
2,8 (274,6)	33	300	5,8 (568,9)	11,4	108
2,9 (284,4)	31	287	5,9 (587,7)	11,0	105
3,0 (294,3)	30	275	6,0 (588,6)	10,7	102

2.5. Матеріали, інструменти, прилади

Лабораторні терези, прилад для сушіння формової суміші, лабораторний копер, прилад для прискороного визначення газопроникності, формова суміш.

2.6. Порядок оформлення звіту

1. Коротко описати властивості та види формових сумішей.
2. Представити схему приладу для прискороного визначення газопроникності.
3. Подати результати розрахунків.

2.7. Контрольні питання

1. Наведіть і проаналізуйте властивості, які повинні мати формові суміші?
2. Як впливає газопроникність формової суміші на якість виливка?
3. Назвіть склад формових сумішей.
4. Як визначається вологість формової суміші? Назвіть фактори, що впливають на її зміну.
5. Які інструменти і прилади використовують для визначення газопроникності.

Лабораторна робота № 3

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ ВИЛИВАННЯМ ЗА ВИТОПЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

Мета роботи: ознайомитися з технологією лиття за витоплюваними моделями; виготовити легкоплавку модель турбінної лопатки.

3.1. Загальні відомості

Суть цього способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавною моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

У виготовлених виливків немає формувальних уклонів, оскільки форма нерознімна. Для формування використовують кварцову пудру (маршаліт), тому виливки мають точні розміри і велику чистоту поверхонь. Обсяг механічної обробки зменшується на 80...100 % і в 1,5...2 рази скорочуються витрати металу на ливникову систему, бо в одній формі виготовляють декілька виливків. Цим способом мож-

на виготовляти виливки складної конфігурації зі сплавів з будь-якою температурою плавлення, а також важкооброблюваних різанням і тиском (жароміцні, жаростійкі, різальний інструмент із швидкорізальної сталі тощо). Маса виливків може бути від 0,02 до 100 кг з товщиною стінок до 0,5 мм і отворами діаметром до 2 мм. Висока розмірна точність і чистота поверхні сприяє підвищенню коефіцієнта застосування металу, який складає 80...95 %. Недоліком цього способу є дуже велика кількість дорогих допоміжних матеріалів і відносно тривалий цикл отримання заготовок (до 24 годин).

3.2. Технологічний процес виготовлення виливків

Технологічний процес складається з таких операцій: виготов-

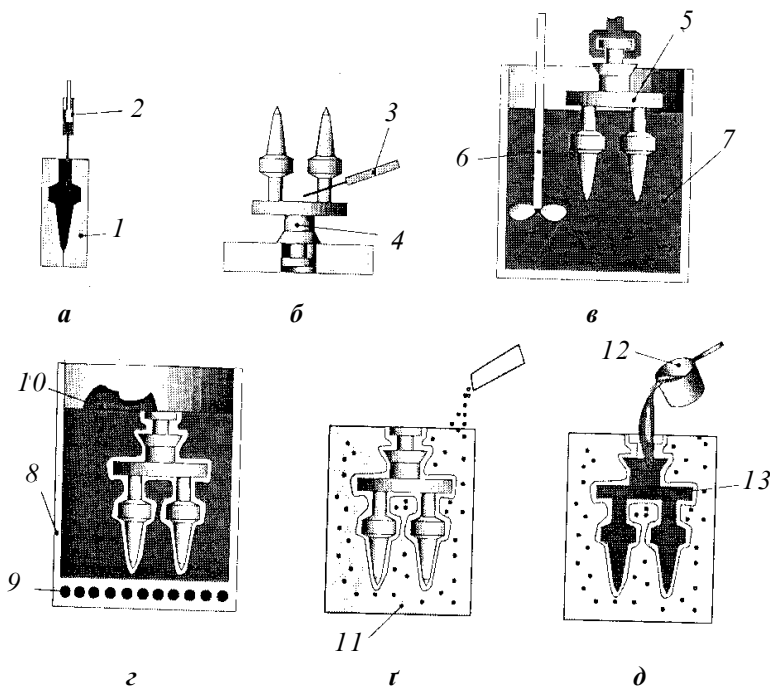


Рис. 3.1. Схема технологічного процесу виготовлення виливків за витоплюваними моделями:

1 – рознімна прес-форма; 2 – шприц з модельною сумішшю; 3 – паяльник; 4 – ливникова система; 5 – блок моделей; 6 – мішалка; 7 – вогнетривка суміш; 8 – бак з гарячою водою; 9 – електропідігрів; 10 – зливна модельна маса; 11 – контейнер з піском; 12 – ківш з рідким металом; 13 – виливоч

лення у прес-формі елементів легкоплавкої моделі (рис. 3.1,*а*); складання елементів у блок (рис. 3.1,*б*); виготовлення суміші для утворення форми і занурення моделі у цю суміш з наступним просушенням форми (рис. 3.1,*в*); виплавлення із форми легкоплавкої маси у баці з гарячою водою (рис. 3.1,*г*); засипання контейнера з керамічною формою піском (рис. 3.1,*р*); заливання керамічної форми рідким металом (рис. 3.1,*д*).

Легкоплавкі моделі виготовляють з модельної маси, до складу якої входять різні легкоплавкі матеріали, наприклад: парафін, стеарин, віск, церезин, каніфоль. Від вибору легкоплавкої суміші залежать точність і якість литих деталей, трудомісткість процесу виготовлення виливків і їх вартість. Легкоплавкі суміші повинні мати невисоку температуру плавлення (60...100 °С), мінімальну усадку, добру текучість, мінімальний час затвердіння, повинні бути тверді та міцні в твердому стані. Вони мають бути придатними для регенерації та повторного використання та не виділяти шкідливих парів і газів.

Для виготовлення моделі доведено до тістоподібного стану модельну масу шприцом запресовують у металеву рознімну форму, яка дає точний відбиток і точні розміри майбутнього виливка з усіма внутрішніми порожнинами. Моделі стояка та живильників також виготовляють з модельної маси. Легкоплавкі моделі (кілька штук або кілька десятків) припаюють до загального стояка, утворюючи блок моделей.

Ливарну форму виготовляють нанесенням вогнетривкого покриття, занурюючи блок легкоплавких моделей у суміш з 60...70 % маршаліту і 30...40 % гідролізованого етил силікату. На моделях утворюється тонкий шар вогнетривкої суміші. Для укріплення цього шару блок посипають кварцовим піском і дають покриттю висохнути на повітрі протягом 2...4 годин; занурення повторюють ще 3...8 разів із сушінням після кожного разу. Наступна операція – витоплювання легкоплавких моделей з вогнетривкої оболонки (форми). Для цього блок моделей з оболонкою занурюють у гарячу воду (90 °С) або ставлять його в сушильну шафу. Моделі та елементи ливникової системи витоплюють із форми. Оскільки оболонка ще не досить міцна, її наформовують у металеві ящики сухим піском і поміщають у термічну піч, де і випалюють при температурі 800...900 °С.

Заливають рідкий метал у гарячу форму відразу після випалення оболонки, що дає можливість виготовляти тонкостінне лит-

во. Виливки вибивають з форм і відокремлюють від ливникової системи на вібраційних машинах. Вогнетривку масу видалити з порожнин дуже важко, тому заключною операцією є вилуговування залишків оболонки при температурі близько 120 °С у ванні з лужним розчином і наступним промиванням виливків у воді.

3.3. Порядок виконання роботи

1. Модельну масу, яка складається з 50 % парафіну і 50 % стеарину помістити в термічну піч для розплавлення.
2. Підготувати прес-форму. Для цього на її внутрішню порожнину нанести мастило, після чого її зібрати.
3. Розплавлену модельну масу залити у прес-форму і через декілька хвилин розібрати форму і вийняти готову модель.

3.4. Матеріали, інструменти, прилади

Термічна піч, модельна маса, прес-форма, мастило.

3.5. Порядок оформлення звіту

Подати схему і коротко описати технологічний процес виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями.

3.6. Контрольні питання

1. Назвіть матеріали, з яких виготовляються легкоплавкі моделі, та вимоги, що до них пред'являються.
2. Які технологічні можливості має спосіб лиття за витоплюваними моделями?
3. Назвіть основні етапи технологічного процесу виготовлення виливків за витоплювальними моделями.
4. Наведіть переваги та недоліки даного способу меття.

Лабораторна робота № 4

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ У КОКІЛЯХ

Мета роботи: ознайомитися з особливостями технології виготовлення виливків у кокілях; виготовити виливок із силуміну.

4.1. Загальні відомості

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної фо-

рми використовують багаторазову металеву (кокіль). Для утворення внутрішніх порожнин у виливку або отворів стрижні часто роблять також металевими. У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Стійкість кокілю – найважливіший фактор, який визначає рентабельність в галузі застосування цього засобу лиття.

Стійкість форм при виготовленні виливків із кольорових металів та сплавів вимірюється сотнями тисяч штук, для чавуна – 1500–5000 шт. (середня виливка), для сталі – дрібні (600–700 шт.), середні (150–200 шт.), великі (20–25 шт.). З метою підвищення стійкості металевих форм та для запобігання відбілювання виробів з чавуну, внутрішню поверхню форми покривають вогнетривкими захисними сумішами або спеціальними фарбами, які уповільнюють швидкість відведення тепла від залитого металу. Якщо для кольорових сплавів вигідно виготовляти металеві форми складної конфігурації, то для виливків з чавуну та сталі слід обмежуватися вибором нескладних деталей, оскільки значні витрати та невисока стійкість кокілів призводять до нерентабельності.

Матеріал кокілю повинен мати високу жаростійкість, малий коефіцієнт лінійного розширювання, високу оброблюваність і механічні властивості, а також невисоку вартість. Для чавунних та сталених виливків більш надійним виявляється легований чавун, а також сірий чавун з перлітною основою. (3,3–3,6 % вуглецю). Кокілі виготовлені з вуглецевих сталей через їх значне жолоблення застосовуються тільки для отримання виливків із кольорових металів.

За конструкцією кокілі можуть бути нерознімними витрушуваними (рис. 4.1,*а*) або рознімними з горизонтальною (рис. 4.1,*б*) чи вертикальною (рис. 4.1,*в*) площиною розняття.

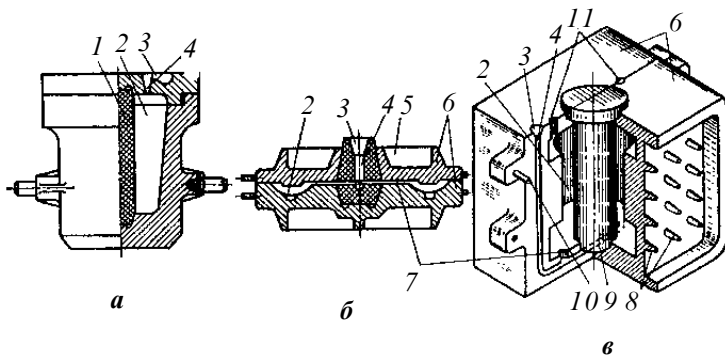


Рис. 4.1. Кокілі

Рознімний кокіль складається з двох половин 6 з напрямними штирями 10. Щоб уникнути жолоблення, кокіль має ребра жорсткості 5 або йому надають коробчатої форми (рис. 4.1, в). Для прискорення охолодження кокілю іноді на зовнішній поверхні стінки відливають пальці 8. Отвір (або внутрішню порожнину) у виливку утворює піщаний 1 або металевий 9 стрижень. Метал заливають у ливникову чашу 3 і по стояку 4 та живильникам 7 він заповнює порожнину форми 2. Оскільки металеві стрижні невіддатливі, їх видаляють із форми до початку усадки металу. Якщо внутрішня конфігурація виливка дуже складна, то металеві стрижні виконують із кількох частин (рознімними) або заміняють піщаними. Ливникову систему розміщують у площині розняття кокілю. Для виходу повітря із форми в момент заливання, крім випорів 11 у площині розняття по всій висоті кокілю прорізують щілини завглибшки 0,3...0,5 мм. При виборі положення виливку у формі слід передбачати спокійне заповнювання металом ливникової системи та робочої порожнини кокілю, вихід газів та повітря. В кокілі можна розміщувати один або декілька виливків в залежності від розмірів та конфігурації. Витрушні кокілі застосовують для виготовлення виливків без виступів та заглиблень на зовнішній поверхні з ухилами у напрямку витягнення виливків. Розкривають кокіль і виштовхують готовий виливок вручну або механізованим способом.

При використанні металевих форм зникає потреба у модельно-опоківому обладнанні, формових і стрижневих сумішах. Це значно покращує санітарно-гігієнічні умови праці, підвищує точність виготовлення та чистоту поверхні виробів. Порівняно з піщано-глинистими формами, металеві мають значно кращу (приблизно у 60 разів) теплопровідність, що забезпечує отримання дрібнозернистої структури виливків і підвищення властивостей металу. З цієї ж причини розчинені в металі гази не встигають повністю виділятися, залишаються в розчиненому стані і менш шкідливо впливають на щільність металу виливків.

До недоліків металевих форм відносять досить високу вартість і трудомісткість виготовлення складних кокілів, можливість утворення тріщин у виливках, вибілення поверхні чавунних виливків.

4.2 Особливості технології виготовлення виливків у кокілях

При виготовленні виливків у кокілях перед заливанням внутрішню поверхню кокілю покривають вогнетривкою фарбою для ізолю-

вання форми від стикання з рідким металом, щоб збільшити термін служби його і зменшити швидкість охолодження виливка. Вибілюванню чавунних виливків у кокілі запобігають підбиранням хімічного складу чавуну, нагріванням кокілю до 250...300 °С перед заливанням і зменшенням до мінімуму витримування виливка в кокілі. При виготовленні виливків із силуміну в кокілі відпадає потреба у модифікуванні його солями натрію, оскільки швидке охолодження здрибнює силіцій в евтектиці. Виливання у кокілі мідних сплавів потребує покриття форми жирними фарбами для утворення між металом і кокілем газового прошарку, що усуває можливість виникнення пригару і сприяє утворенню гладенької поверхні виливка.

4.3. Порядок виконання роботи

4. Підготувати внутрішню поверхню кокілю та зібрати його.
5. Тигель з ливарним сплавом помістити в термопід.
6. Залити метал в підготовлену форму.
7. Розкрити кокіль і виштовхнути готовий виливок.

4.4. Матеріали, інструменти, прилади

Термічна піч, тигель з ливарним сплавом, кокіль.

4.5. Порядок оформлення звіту

1. Описати технологічний процес виготовлення виливків у кокілях.
2. Навести класифікацію кокілів за конструкцією; накреслити схеми.
3. Відмітити переваги та недоліки цього способу лиття.

4.6. Контрольні питання

1. З яких матеріалів виготовляють кокілі?
2. Які бувають кокілі за конструкцією?
3. У якому виробництві застосовується цей спосіб лиття і чому?
4. Назвіть переваги та недоліки кокільного лиття.

ОСНОВИ КУВАННЯ

Мета роботи: вивчити суть і технологію процесу кування; ознайомитися з принципами розробки креслення поковки.

5.1. Загальні відомості

Кування – це деформування нагрітої заготовки між верхнім і нижнім бойками молота або преса за допомогою універсального інструменту.

Ручне кування (за допомогою кувалд) застосовується в основному в ремонтній справі для дрібних робіт. Ковані заготовки для наступної обробки називають *поковками*, маса яких становить від 0,1 кг до 300 т. Великі поковки (масою понад 1,5 т) виготовляють зі зливків тільки куванням. Менші поковки можна виготовляти також штампуванням.

З метою підвищення пластичності й зменшення опору деформуванню метали та сплави перед куванням нагрівають до певної температури. Для кожного металу або сплаву існує свій температурний інтервал, який забезпечує оптимальні умови кування. У разі обробки сталі тиском температурний інтервал кування залежить від вмісту вуглецю, структури і результатів технологічних випробувань на якість. При нагріванні сталі до температури, близької до температури плавлення, відбувається інтенсивна дифузія кисню в глиб металу, утворення оксидів на границях зерен та розплавлення легкоплавких дрібнозернистих прошарків, що спричиняє появу тріщин і втрату пластичності. Це явище називають *переплавленням*. Погіршення механічних властивостей металів або сплавів, які обробляються, також може спричинити перегрівання, тобто інтенсивне зростання зерна. Температурний інтервал гарячої обробки тиском вуглецевих сталей з 0,2...0,7 % вуглецю становить 800...1300 °С. У разі обробки мідних сплавів температурний інтервал складає 700...900 °С, а для алюмінієвих сплавів температура нагріву повинна не перевищувати 350...470 °С.

Види операцій кування та інструмент

Найбільш складну поковку можна виготовити, виконуючи в певній послідовності основні операції кування: протягування, осадку, прошивання, згинання, скручування, рубання.

Протягування (витягування) застосовують для подовження заготовки і зменшення її перерізу (рис. 5.1,*а*). Його можна виконувати плоскими та фігурними бойками. Кування в фігурних бойках (рис. 5.1,*б*) дає змогу уникнути тріщин при деформуванні малопластичних сталей і сплавів. Ступінь деформації характеризують відношенням вихідного поперечного перерізу до кінцевого, що називається *уковуванням*. Чим більше уковування, тим краща структура металу та вищі його механічні властивості.

Для збільшення діаметру кілець на циліндричній оправці застосовують різновид операції протягування – *розковування* (рис. 5.1,*в*).

Осадка – збільшення поперечного перерізу вихідної заготовки за рахунок зменшення її висоти. При осадці висота вихідної заготовки не повинна перевищувати трьох діаметрів, а її торці мають бути рівними та паралельними. Місцеве потовщення заготовки називається *висадкою* (рис. 5.1,*г*).

Згинання застосовують для виготовлення гаків, колінчастих валів, скоб тощо. Для згинання можуть використовуватись підкладки та спеціальні пристрої (рис. 5.1,*р*).

Закручування – поворот однієї частини заготовки щодо іншої на певний кут. Застосовується при виготовленні колінчастих валів, свердел тощо. При закручуванні застосовують воротки, вилки, хомути, лебідки (рис. 5.1,*д*).

Рубанням поділяють заготовки на частини, відокремлюють надлишок металу, утворюють в поковці уступи (надрубання). Для рубання застосовують ковальські прямі й фігурні сокири, зубила (рис. 5.1,*е*).

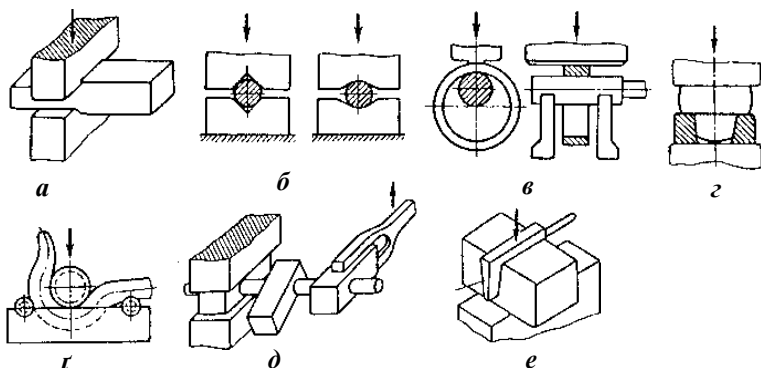


Рис. 5.1. Технологічні операції кування

5.2. Технологія кування та розробка креслення поковки

Креслення поковки розробляють на основі креслення готової деталі з урахуванням допусків на поковку, припусків на механічну обробку і напусків. Допуск зумовлюється неможливістю абсолютно точного виготовлення поковки та встановлюється на кресленні як додатковий шар металу. На розмір допуску впливають технологічні можливості обладнання, кваліфікація працюючих та інші фактори. Допуск може бути плюсовий та мінусовий (максимальний і мінімальний, або верхній та нижній) (рис. 5.2).

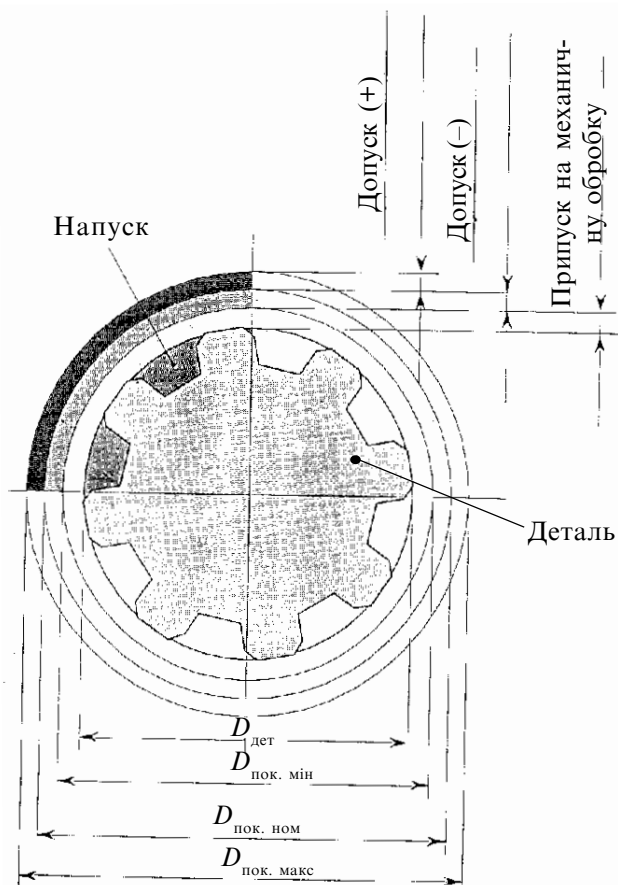


Рис. 5.2. Креслення поковки з припусками, допусками та напуском

Припуск – це шар металу, який призначається поверх розміру деталі на тих ділянках, що підлягають механічній обробці. Для деталей складної форми (з виступами, заглибленнями), якщо довжина чи діаметр виступів менші, ніж розміри суміжних частин деталі, форма поковки спрощується. Збільшений в такому випадку припуск називається *напуском* (див. рис. 5.2). В напуск входять такі ділянки поковок, як виступ, уступ, виїмка, засічка, фланець, борт.

Номінальний розмір поковки встановлюється на величину припуску з урахуванням мінімального допуску. Номінальні розміри поковки проставляються над розмірними лініями поковки, а під ними в дужки проставляються чистові розміри деталі. Плюсний допуск (він же – максимальний, верхній) проставляється зі знаком (+), а мінусовий допуск (він же – мінімальний, нижній) із знаком (–).

Величини припусків, допусків беруться згідно з державними стандартами. Контур поковки викреслюється суцільними жирними лініями, а контур готової деталі – тонкими.

Виходячи з розмірів, визначених на кресленні поковки, розраховують її об'єм і вагу. Для цього поковку розділяють на окремі елементарні об'єми (найпростіші): циліндр, конус, куля. Масу поковки визначають множенням об'ємів на щільність металу. Масу вихідної заготовки (виливка) розраховують за формулою

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{пок}} + G_{\text{дод}} + G_{\text{доп}} + G_{\text{уг}} + G_{\text{обр}},$$

де $G_{\text{пок}}$ – вага поковки; $G_{\text{дод}}$ – вага додаткової частини виливка (14...30 % ваги виливка); $G_{\text{доп}}$ – вага данної частини виливка (5...7 % ваги виливка); $G_{\text{уг}}$ – втрати на окислювання (2...3 % від ваги металу, який нагрівають); $G_{\text{обр}}$ – витрати на обрубку та залишки.

Вибір і послідовність операцій кування залежить від конфігурації поковки та технічних вимог до неї. Для суцільних деталей круглого та прямого перерізів (осі, вали, колони, бруски, пластили та ін.) загальними операціями є такі: протягування, комбінація протягування з осадкою, прошиванням, рубанням, надрубанням уступів. Для одно- та багатоколінних валів, гаків, крім цих операцій, потрібні згинання і закручування. Для порожнистих деталей невеликої висоти (банджо, диски, кільця) застосовують осадку, комбінацію осадки з протягуванням, прошиванням, рубанням, розковуванням на оправці. Подовження порожнистих деталей (циліндри, барабани, вали) виконуються протягуванням.

Вибір устаткування для кування (кувальні молоти, гідравлічні преси) виконується виходячи з необхідності забезпечення встановлених тривалості та швидкості деформування. Розрахунки виконують на основі законів пластичної деформації та сталості об'єму. Для кування найчастіше застосовують пароповітряні приводні молоти.

5.3. Порядок виконання роботи

1. Вивчити суть процесу і технологічні операції кування.
2. Встановити розміри наданої деталі та накреслити схему поковки.
3. Вказати місця напусків, розміри припусків і допусків на кресленні поковки.
4. Розрахувати об'єм і вагу поковки.
5. Визначити масу готової заготовки (виливка).

5.4. Матеріали, інструменти, прилади

Для розробки креслення поковки і типової технологічної схеми кування використовуються: деталі заданої конфігурації та вимірювальні інструменти.

5.5. Порядок оформлення звіту

1. Суть і характеристика процесу кування.
 2. Назвіть основні операції кування.
 3. Яке обладнання використовується для кування?
 4. Яким чином забезпечується технологічність форми поковки?
- Що таке напуск, припуск і допуск?
5. Дайте характеристику основним етапам розробки креслення поковки?
 6. Як розраховується вага готового вилівка?

Лабораторна робота № 6

ОСНОВИ ШТАМПУВАННЯ

Мета роботи: ознайомитися з основами об'ємного і листового штампування заготовок; проаналізувати і дати загальну характеристику головним етапам розробки креслення штамповки.

6.1. Загальні відомості

Штампуння – це процес деформування заготовок у штампах на молотах або пресах, при якому рух металу заготовки від центру в сторони обмежений бічними стінками порожнини штампу. Внаслідок дії зовнішньої сили у металі виникає напруга, яка істотно перевищує границю текучості. При цьому вихідна заготовка пластично деформується і змінює свою форму. Конфігурація та розміри отриманої деталі визначаються формою порожнини штампу. Тому кожна нова деталь потребує виготовлення одного або кількох штампів, які дорого коштують і придатні тільки для цієї деталі. Для покращення пластичності заготовки перед штампуванням нагрівають у печах або за допомогою електронагрівачів. Можливість штампування заготовок залежить від сили, тиску, розміру та товщини штампів, механічних властивостей та хімічного складу металу, що обробляється, і багатьох інших факторів.

Об'ємне штампування. Безоблойне штампування полягає у деформуванні нагрітих заготовок з використанням порожнистих штампів. Робоча порожнина штампа представляє собою відбиток форми штампівки, яку треба виготовляти (рис. 6.1,*а*). У разі деформування заготовки втягується весь об'єм металу.

При штампуванні у відкритих штампах (облойне штампування) по периметру порожнини штампа передбачається зазор між верхнім та нижнім штампом – облойна канавка. У цей зазор витікає метал та утворюється облой. Порожнина штампа повністю заповнюється металом і створює опір для основного металу. При цьому метал витрачається на виникнення облою, який обрізується у спеціальному штампі. Штампівки, які штампуються у закритих штампах (безоблойне штампування), не мають облою.

До переваг об'ємного штампування відносять: високу продуктивність; точність і однорідність штампівок; високу міцність деталей. Недоліком об'ємного штампування є обмежність маси штампівок до 5 т.

Листове штампування – це процес виготовлення на пресах деталей із тонкого листового стрічкового і штабного матеріалу (рис. 6.1,*б*). При цьому товщина одержаної листової деталі мало відрізняється від товщини вихідної заготовки, має високу міцність, жорсткість, закінченість та довершеність форми. Технологічні операції при листовому штампуванні поділяють на чотири групи:

розділювальні, формозмінні, штампоскладальні, пресові. До розділювальних операцій відносять: відрізування, вирізування, пробивання, зачищення, надрізування, обрізування. Формозмінні операції поділяють на щипання, витягування, обтискування, розборткування, формування. Для штампо-складальних операцій характерне клепання та холодне зварювання деталей, а у разі пресування деталі чеканять та клеймують. Листове штампування виконується за допомогою листозгинальних машин, пресів та молотів.

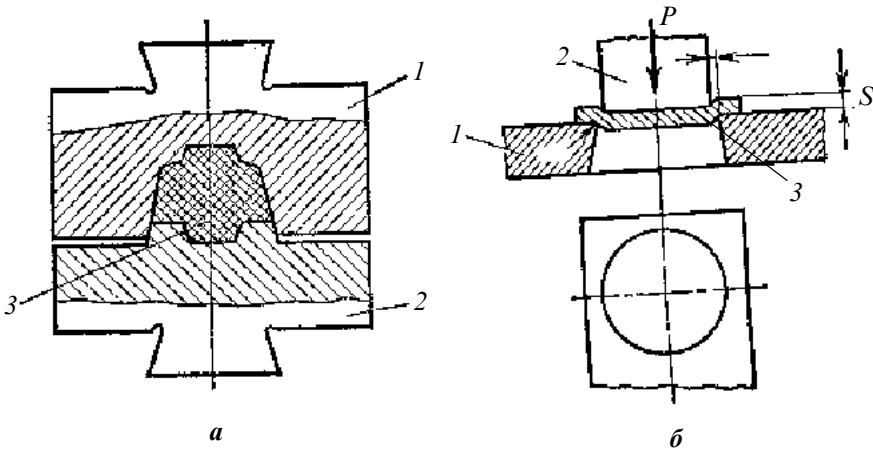


Рис. 6.1. Схема об'ємного (а) і листового штампування (б):

1 – матриці; 2 – пуансони; 3 – заготовка

До переваг листового штампування відносять: високу продуктивність (30–90 тис. деталей за зміну), можливість використання низькокваліфікованих робітників, точність та стабільність розмірів деталей і малу трудомісткість і вартість продукції, можливість автоматизації процесу. Недоліки процесу пов'язані з необхідністю використання різних штампів для нових деталей.

6.2. Технологія штампування та розробка креслення штамповки

Призначення допусків та припусків на креслення штамповки

На кресленні штамповки необхідно вказати допуски на штампування та припуски на механічну обробку. Допуски обраховують недоштамповування заготовки по висоті, стирання заглиб-

лення штампа, зсув штампів та інше. Якщо точність штампування не задовольняє вимоги, то призначають припуски на механічну обробку. До припуску належить дефективний шар металу, вм'ятини від окалини. Припуски і допуски встановлюються аналогічно кресленню поковки (рис. 5.2).

Вибір поверхні (лінії) рознімання

Поверхня рознімання – це поверхня, де штампи змикаються між собою. Лінія рознімання повинна вимірюватися у площині двох найбільш габаритних розмірів штампівки. У разі несиметричності заготовки більш складну її частину слід розміщувати у верхньому штампі.

Визначення радіусів закруглень

У місцях пересічення поверхонь штампівки лінії з'єднуються за допомогою закруглень. Якщо закруглення не задовольняють вимоги, збільшується концентрація напруги, що призводить до швидкого руйнування металу. До того ж значно утруднюється заповнення порожнини металом (рис. 6.2, де r – малий радіус закруглень; R – великий радіус закруглень; h – товщина заготовки; α – кут нахилу стінок заготовки).

Конструювання розмітки та плівки під прошивку

При штампуванні не можна одержати наскрізний отвір у штампівці. Для поліпшення наступної прошивки у штампівці роблять

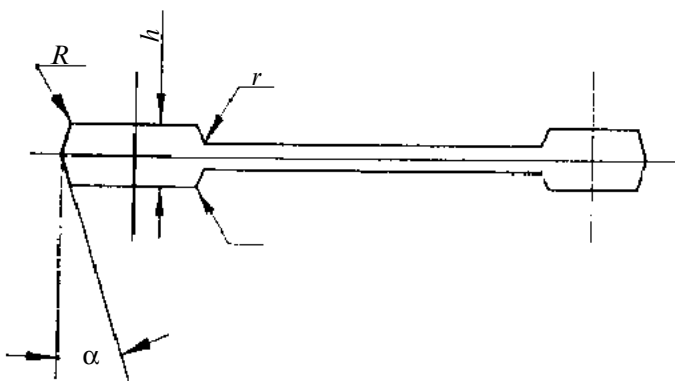


Рис. 6.2. Визначення градусів закруглень

розмітки з перемичкою у вигляді плівки невеликої товщини (рис. 6.3, де d – діаметр отвору; h – глибина прошивки; S – товщина плівки).

Вибір послідовності технологічних операцій, устаткування конструкції штампна й узгодження розмірів заготовки

Послідовність технологічних операцій залежить від методу штампування, маси та розмірів поковки, виду устаткування. Штамповки масою до 30 кг виготовляють на молотах, а до 3,5 т – на гідропресах.

Витягування – виготовлення порожнистої деталі замкнутого контуру з плоскої листової заготовки. Витягуванням можна виготовляти деталі з листа завтовшки 0,02...30,00 мм з розмірами від десятих часток міліметра до кількох метрів: кузови автомобілів, посуд, гільзи, ковпачки, коробчасті деталі тощо (рис. 6.4). При відношенні висоти деталі h до діаметра d (для циліндричних деталей) меншому ніж 0,6 можливе витягування за один перехід, при більших значеннях h/d кількість переходів зростає (при $h/d = 12$ їх потрібно 6). Відношення зовнішнього діаметра деталі 2 до діаметра заготовки 1 називається коефіцієнтом витягування k . Для першого переходу $k = 0,5...0,6$, а для наступних він стано-

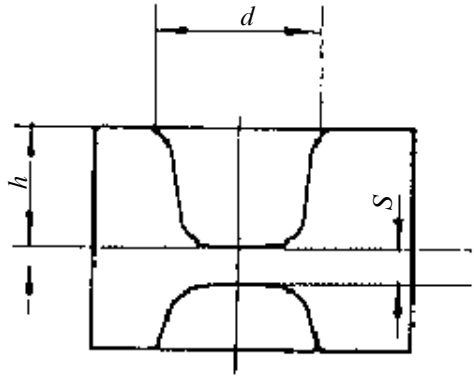


Рис. 6.3. Розмітки та плівки під прошивку

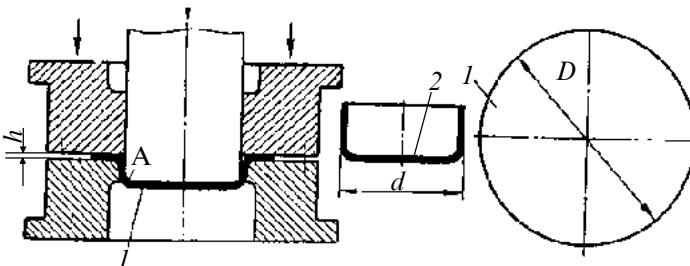


Рис. 6.4. Листове штампування витяганням:

D – діаметр заготовки; d – діаметр деталі

вить 0,6...0,7. При виготовленні деталей типу тіл обертання заготовка має форму кола, діаметр якого обчислюється за формулою

$D = 1,13\sqrt{\sum M}$, де $\sum M$ – сума елементарних поверхонь $M_1, M_2, \dots, M_n$; Δh – припуски, що встановлюються в межах 2...3 мм.

Зусилля вирубки P розраховується із формули

$$P = \pi D S \tau_{зр},$$

де D – діаметр, мм; S – товщина заготовки, мм; $\tau_{зр}$ – опір метала зрізу, МПа.

6.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з технологією об'ємного та листового штампування.

2. Накреслити схему штамповки при витягуванні листової заготовки. Розрахувати допуски і припуски, радіуси робочої грані матриці і пуансона, розміри штамповки а також зазор між пуансоном і матрицею.

3. Визначити зусилля витягування виходячи з матеріалу і розмірів листової заготовки.

4. Виконати листову штамповку заготовки та порівняти розміри отриманого ковпочка із кресленням.

6.4. Матеріали, інструменти та прилади

Листовий матеріал товщиною до 5 мм із вуглецевої або легированої сталі, електрогідроімпульсний прес моделі Т1220, штампи, вимірювальні інструменти.

6.5. Порядок оформлення звіту

Коротко розкрити сутність об'ємного та листового штампування, накреслити принципову схему штамповки і розглянути основні етапи розробки креслення штамповки.

Обґрунтувати креслення штамповки ковпачка з урахуванням технологічних вимог, навести результати розрахунків у звіті.

6.6. Контрольні питання

1. Суть і призначення штампування.

2. Як виконується об'ємне штампування? Що таке облойне і безоблойне

штампування? Які технологічні операції розрізняють при листовому штампуванні?

3. Розкрийте переваги та недоліки листового штампування.

4. Проаналізуйте основні етапи розробки креслення штамповки при виготовленні ковпачка.

5. Яка умова узгоджує розміри заготовки для ковпачка при листовому штампуванні?

Лабораторна робота № 7

ОСНОВИ ПРОКАТУВАННЯ

Мета роботи: вивчити суть і технологічні параметри процесу прокатування металу, ознайомитися з технологією прокату та розглянути будову прокатного стану.

7.1. Загальні відомості

Прокатування – це процес обробки металу тиском, в якому заготовка обтискається валками прокатного стану, що обертаються. Метал деформують у гарячому або холодному стані, а конфігурація і взаємне розташування валків (частіше двох) різні. При поздовжньому прокатуванні заготовка переміщується перпендикулярно до осі валків, що обертаються у протилежних напрямках (рис. 7.1,*а*). За цією схемою виготовляється до 90 % прокату. Під час поперечного прокатування валки з паралельними осями обертаються в одному напрямку й обертають заготовку, яка деформуючись переміщується вздовж осі валка (рис. 7.1,*б*). За

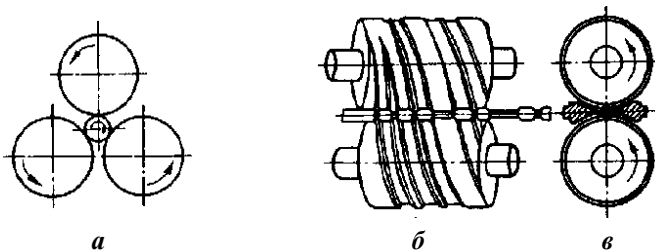


Рис. 7.1. Основні способи прокатування:

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

такою схемою частіше використовують не два, а три валки. Поперечно-гвинтові прокатування здійснюються за допомогою валків, що обертаються в одному напрямі й розташовані під кутом один до одного (рис. 7.1,б). Таке розташування валків забезпечує виникнення осьового зусилля, яке переміщує заготовку.

Є гладкі, калібровані та спеціальні валки для прокатування. Гладкі валки використовують для прокатування листа, калібровані та спеціальні валки дозволяють отримати прокат складного та спеціального профілю.

Внаслідок прокатки метал деформується й утворюється епіцентр, деформації, довжина та ширина якого визначається дугами AB , A_1B_1 та кутом захвату α (рис. 7.2). Після деформації змінюються товщина, довжина та ширина заготовки. Зміна розмірів заготовки характеризується параметрами процесу прокатування.

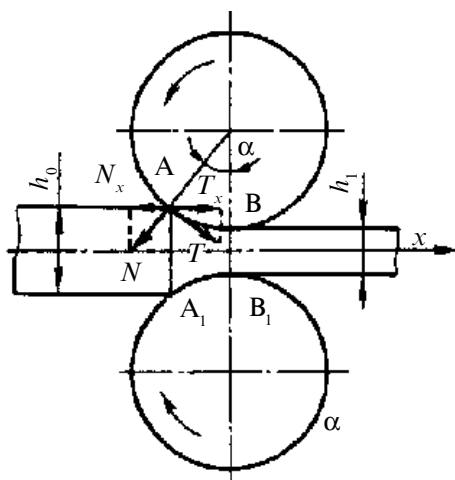


Рис. 7.2. Схема продольної прокатки

Найбільш важливою характеристикою процесу прокатування є відносне обтискування ε (або ступінь деформації), яке визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0},$$

де h_0 і h_1 – товщина заготовки відповідно до і після обтискування, яка для обтискувальних (заготовельних) прокатних станів дорівнює 0,2...0,3, а для сортових станів становить 0,5.

Крім того, визначають коефіцієнти обтискування μ , уширення β , витягування λ заготовки, а також різницю між кінцевим та початковим розміром.

Коефіцієнт обтискування визначається за співвідношенням

$$\mu = \frac{h_0}{h_1},$$

а лінійне обтискування розраховується виходячи із різниці між товщиною полоси до і після проходу, тобто $\Delta h = h_0 - h_1$.

Коефіцієнт витягування встановлюється за співвідношенням

$$\lambda = L_1 / L_0,$$

де L_1 і L_0 – довжина полоси відповідно після і до прокатування.

Коефіцієнт уширення розраховується за співвідношенням

$$\beta = B_1 / B_0,$$

де B_1 і B_0 – ширина полоси відповідно після і до прокатування.

Лінійне уширення – це різниця між кінцевою B_1 та початковою шириною, тобто $\Delta B = B_1 - B_0$.

7.2. Технологія прокатування

Прокатка сортового металу або листів виконується на прокатних станах. Прокатний стан складається з приводу та робочої машини. Привід здійснює рух валків робочої машини за допомогою електродвигуна та редукторів. Від електродвигуна до валків рух передається через проміжну шестерню кліть, шпинделі і муфти, обертання з певною частотою передається робочим валкам. Комплект валків, встановлений між парою станин, утворює робочу кліть. Робоча машина може мати одну або кілька клітей. Зазор між валками змінюється підняттям або опусканням верхнього валка разом із підшипниками, які рухаються в пазах станини. Заготовка підводиться до валків і прокатується. Якщо захвату не відбувається, змінюється зазор між валками.

Період прокатки поділяють на три етапи: перший – захват заготовки валками; другий – пластична деформація під час тиску; третій – вихід заготовки з валків. Під час руху заготовки з'являється тиск P , який перешкоджає обертанню валків, а сила тертя T втягує заготовку в зазор (рис. 7.2). Таке явище сприяє виникненню сили реакції N в напрямку протилежному руху заготовки. Можливість захвату полоси валками встановлюється шляхом порівняння проєкцій сил T і N на вісь xx (рис. 7.2).

Таким чином, захват заготовки валками можливий за умови:

$$T_x > N_x \text{ або } T \cos \alpha > N \sin \alpha;$$

$$\frac{T}{N} > \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; \frac{T}{N} > \operatorname{tg} \alpha.$$

В умовах сухого тертя $T = fN$, де f – коефіцієнт тертя. Виходячи з цього, умова захвату заготовки валками встановлюється за співвідношеннями

$$\frac{fN}{N} > \operatorname{tg} \alpha; f > \operatorname{tg} \alpha.$$

В залежності від коефіцієнту тертя об валки для даних умов прокатки потрібно прийняти таку різницю: $\Delta h = h_0 - h_1$, при якій існує кут захвату α , що відповідає наведеному співвідношенню. Для визначення кута захвату використовується формула

$$\cos \alpha = 1 - \frac{H - h}{D},$$

де D – діаметр валків.

При прокатці нагрітих заготовок кут захвату становить $15 \dots 24^\circ$ (сортовий прокат – $22 \dots 24^\circ$, листовий прокат – $15 \dots 22^\circ$), а для прокатки без нагріву – $3 \dots 8^\circ$ (без змазки $5 \dots 8^\circ$, зі змазкою $3 \dots 4^\circ$).

Для розрахунку коефіцієнта тертя використовують формулу

$$f = \sqrt{\Delta h(2D - \Delta h) / (D - \Delta h)}.$$

Коефіцієнт тертя для різних умов прокатки істотно змінюється. Так, для гарячої прокатки сортового металу $f = 0,36 \dots 0,47$, а для листового – $f = 0,27 \dots 0,36$. У разі прокатки без нагріву та змазки $f = 0,09 \dots 0,18$, якщо валки зі змазкою, $f = 0,03 \dots 0,09$.

7.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з будовою лабораторного прокатного стану та технологією прокатки.

2. Заміряти розмір прокатаних заготовок і діаметр валків. Дані занести в таблицю.

3. Прокатати заготовки, послідовно змінюючи зазор між валками. Заміряти розмір заготовок після прокатки й отримані дані занести в таблицю.

4. Виходячи з методики розрахунку параметрів процесу прокатування п. 1.1, визначити коефіцієнти деформації.

5. Розрахувати кути захвату та коефіцієнти тертя для кожної зміни зазору й порівняти одержані дані з рекомендаціями.

Зазор між валками, мм	Діаметр валків D_i , мм	Розміри заготовки, мм						Коефіцієнти деформації						Кут захвату	Коефіцієнт тертя
		до деформації			після деформації			ε	Δh	ΔB	μ	λ	β		
		h_0	B_0	L_0	h_1	B_1	L_1								

7.4. Матеріали, інструменти та прилади

Для виконання роботи використовуються: лабораторний прокатний стан з валками, заготовки квадратного та прямокутного типу, вимірювальні інструменти.

7.5. Порядок оформлення звіту

1. Коротко охарактеризувати процес прокатування, принципи визначення коефіцієнтів деформації. Накреслити схему прокатного стану й дати достатню характеристику технології виготовлення.

2. Записати порядок проведення роботи і навести результати розрахунку коефіцієнтів деформації, кутів захвату та коефіцієнтів тертя.

3. Дати таблицю замірів і параметрів процесу прокатування. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки стосовно результатів розрахунків із рекомендованими параметрами.

7.6. Контрольні питання

1. Суть і види прокатування.
2. Які параметри характеризують процес прокатування?
3. Чим відрізняються коефіцієнти відносного та лінійного обтискання?

4. Будова прокатного стану.
5. Яка умова визначає можливість захвату заготовки при прокатуванні?
6. Проаналізуйте рух заготовки між валками для різних умов прокатки.
7. Як змінюються коефіцієнти тертя та кути зсуву для холодної та гарячої прокатки?
8. Обґрунтувати вплив зазору між валками та вихідних розмірів заготовки на коефіцієнти деформації і кут захвату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дальский А.А., Арутюнова Н.А., Борсукова Т.М. Технология конструкционных материалов / Под ред. А.А. Дальского. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
2. Гуляев Б.Б., Корнюшкин О.А., Кузин А.В. Формовочный процесс. – Л.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
3. Прейс Г.А., Сологуб Н.А., Рожнецкий И.А. Технология конструкционных материалов / Под ред. Г.А. Прейса. – 2-е изд. – К.: Вища шк., 1991. – 392 с.
4. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
5. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А.Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некроз та ін.; За ред. М.А. Сологуба. – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища шк., 2002. – 374 с.