

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

КАФЕДРА ІНЖИНІРИНГУ МАШИНОБУДІВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПАЛИВОДА Ю. Є., ДЯЧУН А. Є.

ЗАГОТОВКИ У МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ



Навчально-методичний посібник

**Тернопіль
2022**

Укладачі:

Паливода Ю. Є., канд. тех. наук, професор;

Дячун А. Є., канд. тех. наук, доцент.

Рецензент:

Ч. В. Пулька, докт. тех. наук, професор.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні
кафедри інжинірингу машинобудівних технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 12 від 16 червня 2022 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні факультету
інженерії машин, споруд та технологій
Тернопільського національно технічного університету імені Івана Пулюя
Протокол № 8 від 22 червня 2022 р.

Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві :
навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль :
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
2022. – 148 с.

УДК 621.7

© Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	6
2. ПРИПУСКИ ТА НАПУСКИ.....	6
3. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	9
4. ВИМОГИ ДО ВИБОРУ ЗАГОТОВОК.....	11
5. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ Й КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВОК.....	12
6. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВКИ.....	14
7. ПОКАЗНИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ.....	14
8. ЗАВДАННЯ, ЯКІ ВИРІШУЮТЬСЯ ПРИ ВИБОРІ МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК.....	16
9. СОБІВАРТІСТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ.....	18
10. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	20
11. ЗАГОТОВКИ, ОТРИМУВАНІ ЛИТТЯМ.....	21
11.1. Технологічні можливості і область застосування різних методів лиття.....	21
12. СПОСОБИ ДЕРЖАННЯ ЛИТИХ ЗАГОТОВОК.....	28
13. ЛИТТЯ У ПІЩАНІ ФОРМИ.....	29
13.1. Особливості лиття у піщані форми.....	29
13.2. Лиття в стрижневі форми.....	36
14. ЛИТТЯ В КОКІЛЬ (ПОСТІЙНІ ФОРМИ).....	36
15. ЛИТТЯ В ОБОЛОНКОВІ ФОРМИ.....	40
16. ВІДЦЕНТРОВЕ ЛИТВО.....	43
17. ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ.....	46
18. ЛИТТЯ ЗА ВИПЛАВЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ.....	49
19. ЛИТТЯ БЕЗПЕРЕРВНИМ СПОСОБОМ.....	51
20. ОБРУБУВАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ВИЛИВКІВ.....	53
21. ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ ВИЛИВКІВ.....	53
22. ЯКІСТЬ ВИЛИВКІВ.....	54
23. ТОЧНІСТЬ ВИЛИВКІВ.....	55
23.1. Номінальний розмір деталі.....	55
23.2. Класи розмірної точності виливків.....	58
23.3. Допуски розмірів, форми, розташування поверхонь та маси виливок.....	61
23.4. Групи складності виливків.....	61
23.5. Допуски на лінійні розміри.....	64
23.6. Допуски форми та розташування елементів виливки.....	66
24. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ЛИТТЯ.....	68
25. ЗАГОТОВКИ, ЩО ОДЕРЖУЮТЬСЯ ОБРОБЛЕННЯМ ТИСКОМ.....	68
25.1. Основні поняття.....	68
26. КОВАНІ І ШТАМПОВАНІ ЗАГОТОВКИ.....	72
27. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК КУВАННЯМ.....	74
28. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОКОВОК.....	79
29. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ПОКОВОК.....	80
30. ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КУВАННЯ.....	81
31. ШТАМПУВАННЯ НА МОЛОТАХ І ПРЕСАХ.....	82

31.1. Гаряче об'ємне штампування.....	82
32. ШТАМПУВАННЯ НА ПРЕСАХ: СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ.....	92
33. ВИСОКОШВИДКІСНЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ.....	98
34. ВИДИ ШТАМПІВ ТА ШТАМПУВАЛЬНИХ РІВЧАКІВ.....	100
35. ОБРІЗУВАННЯ ЗАУСЕНЦІВ.....	103
36. ТЕРМІЧНИЙ ІНТЕРВАЛ КУВАННЯ-ШТАМПУВАННЯ.....	103
37. НАГРІВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ.....	105
38. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ПОКОВОК.....	106
39. ЯКІСТЬ ПОКОВОК.....	107
40. ВИКІНЧУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ.....	109
41. ЗАГАЛЬНІ КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ ДО ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВИГОТОВЛЯЮТЬСЯ ГАРЯЧИМ ОБ'ЄМНИМ ШТАМПУВАННЯМ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ШТАМПОВАНИХ ЗАГОТОВОК.....	109
42. ШТАМПУВАННЯ НА КУВАЛЬНИХ ВАЛКАХ.....	112
43. РЕДУКУВАННЯ.....	112
44. ВИСАДЖУВАННЯ З ПРУТКА.....	113
45. ВОЛОЧІННЯ.....	113
46. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ	114
47. ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ.....	116
48. ХОЛОДНЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ.....	117
49. ЛИСТОВЕ ШТАМПУВАННЯ.....	119
50. ПРОГРЕСИВНІ СПОСОБИ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ.....	121
50.1. Штампування вибухом.....	121
50.2. Штампування електроіскровим розрядом у рідині.....	122
50.3. Електромагнітне штампування.....	123
51. ШТАМПУВАННЯ ГУМОЮ.....	123
52. ЗАГОТОВКИ З ПРОКАТУ	124
52.1. Загальна характеристика прокатного виробництва.....	124
52.2. Періодичне прокатування.....	128
52.3. Ротаційне обтиснення.....	130
52.4. Радіальне видавлювання.....	132
52.5. Заготовки, отримані гарячим прокатуванням.....	133
52.6. Трубний прокат.....	134
53. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ.....	134
54. ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК З ПЛАСТМАС.....	138
54.1. Способи виготовлення заготовок із пластмас.....	139
55. ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ.....	140
56. КОНСТРУЮВАННЯ ЗАГОТОВКИ.....	142
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	148

ВСТУП

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічного оброблення є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найоптимальніших способів їх оброблення, тобто оброблення з найбільшою продуктивністю й найменшими відходами. Такий підхід вимагає постійного підвищення точності заготовок і наближення їх конструктивних форм і розмірів до готових деталей, що дозволяє скоротити обсяг оброблення різанням, обмежуючи його в ряді випадків чистовими, викінчувальними операціями.

Зниження трудомісткості механічного оброблення заготовок, що досягається раціональним вибором способу їх виготовлення, забезпечує зростання виробництва на тих же виробничих площах без істотного збільшення устаткування й технологічного оснащення. Поряд із цим раціональний вибір способів виготовлення заготовок відповідно до різних виробничих умов, визначає ступінь механізації й автоматизації виробництва.

Вибір виду заготовки для подальшого механічного оброблення в багатьох випадках є одним з досить важливих завдань розроблення технологічного процесу виготовлення деталі. Правильний вибір заготовки, встановлення її форми, розмірів припусків на оброблення, точності розмірів (допусків) і твердості матеріалу, тобто параметрів, що залежать від способу її виготовлення, значно впливає на кількість операцій або переходів, трудомісткість, і в підсумку, на собівартість процесу виготовлення деталі. Вид заготовки в більшості випадків у значній мірі визначає подальший процес оброблення.

Таким чином, розроблення процесу виготовлення деталі може йти за двома принциповими напрямками:

а) одержання заготовки, що наближається за формою й розмірами до готової деталі, коли на заготівельні цехи припадає значна частка трудомісткості виготовлення деталі й відносно менша частка припадає на механічні цехи;

б) одержання грубої заготовки із значними припусками, коли на механічні цехи припадає основна частка трудомісткості й собівартості виготовлення деталі.

Залежно від типу виробництва виявляється раціональним той або інший із зазначених напрямків або будь-який проміжний напрямок.

Перший напрямок відповідає, як правило, масовому й крупносерійному виробництву, тому що дороге сучасне устаткування заготівельних цехів, яке забезпечує високопродуктивні процеси одержання точних заготовок, економічно виправдане лише при великому обсязі випуску виробів.

Другий напрямок типовий для одиничного або дрібносерійного виробництва, коли застосування зазначеного дорогого устаткування в заготівельних цехах є економічно не доцільним.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Відповідно до стандартів заготовка – це напівфабрикат (проміжний продукт), що отримується литтям, методами пластичної деформації та порошкової металургії, електролізом і призначений для подальшої обробки різанням або застосовується без обробки [1].

Загалом заготовка відрізняється від готової деталі за: масою; розмірами; конфігурацією; якістю поверхні (шорсткістю, фізико-механічними характеристиками поверхневого шару); точністю (розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь).

Литво, пластична деформація металу, порошкова металургія та інші методи отримання заготовок є, порівняно з обробкою різанням, ресурсозберігаючими технологіями. Однак більшість традиційних з них не забезпечують параметрів точності та якості деталей, які необхідні для виконання машиною її службового призначення. Необхідну точність та якість дає механічна обробка. Але при виборі методу отримання заготовки прагнуть того, щоб заготовка з максимально можливим ступенем наближалася до готової деталі за вказаними параметрами.

Креслення заготовки пов'язує роботу заготівельного і механічного цехів, при цьому для першого є кресленням у вигляді готового виробу, а для другого – вихідним документом для проектування процесу обробки заготовки. Тому в нормальних виробничих умовах креслення заготовки є результатом спільної роботи технологів заготівельного і механічного цехів. У найскладніших випадках (при проектуванні складних деталей, які мають необроблювані поверхні) у роботі бере участь конструктор основного виробництва, тобто конструктор виробу. Для проектування креслення заготовки вихідним завжди є креслення готової деталі.

Заготовка від готової деталі відрізняється за розмірами через наявність припусків, за конфігурацією – через наявність напусків.

2. ПРИПУСКИ ТА НАПУСКИ

Припуск – це шар металу, при видаленні якого конфігурація поверхні заготовки не змінюється. Припуски призначають для компенсації похибок точності та якості, що виникають при виготовленні заготовки. Припуски прийнято позначати буквою *Z*. Припуски розраховуються технологами механічного цеху одним із трьох методів [3]:

1) за допомогою табличних даних відповідних стандартів (ДСТУ). Цей метод найпростіший і найшвидший, але дає завищені розміри припусків, а відповідно і збільшує обсяг механічної обробки, оскільки спрямований на виготовлення деталей без зв'язку з умовами виконання технологічного процесу механічної обробки;

2) аналітичним методом, який дає точні результати та чіткіше враховує різні складові припуску в кожному конкретному випадку;

3) графоаналітичним методом, який дає найоптимальніші результати, так як враховує всі особливості технологічного процесу механічної обробки заготовки, яка виготовляється певним методом.

Загальний припуск формується з окремих елементів, пов'язаних із різними похибками:

$$Z_o = Z_{min} + \sqrt{Z_{\phi}^2 + Z_{yct}^2},$$

де Z_{min} – шар металу, який необхідно видалити для усунення нерівностей на поверхні заготовки R_z (мкм) і дефектного шару металу T (мкм) (рис. 1).

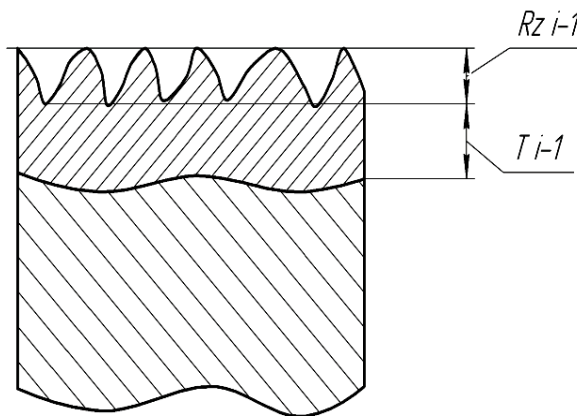


Рисунок 1. Ілюстрація складових припуску Z_{min}

Тобто для односторонньої обробки $Z_{min} = (R_z + T)$.

У вилівка із сірого чавуну дефектний шар T складається з перлітної кірки із включеннями формувального піску. У сталевих поковок поверхневий шар характеризується збідненою на вуглець зоною, іноді з впресованою окалиною. В першому та в другому випадку він підлягає повному видаленню.

Z_{ϕ} – шар металу, що видаляється для компенсації похибок форми та просторових відхилень розташування оброблюваних поверхонь заготовки (неспіввісності, непаралельності, неперпендикулярності тощо) (рис. 2).

Z_{yct} - шар металу, що видаляється для компенсації похибки установки заготовки, що виникає через неточність виготовлення її поверхонь, що служать установочними базами на першій операції механічної обробки.

Необхідно ретельно зачищати базові поверхні заготовок. На них не повинно бути штампувальних та ливарних нахилів, залишків ливникової системи та облою, інших дефектів.

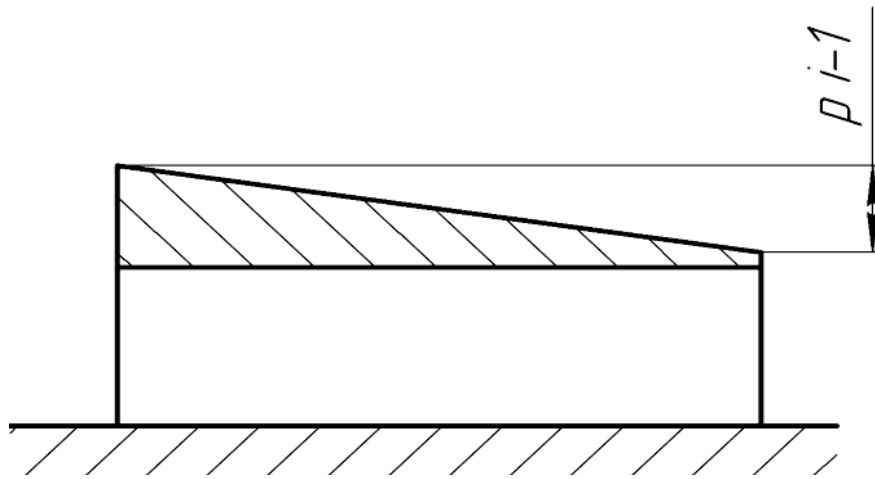


Рисунок 2. Ілюстрація складових припуску Z_{ϕ}

Z_{ϕ} і $Z_{уст}$ – випадкові величини, можуть компенсувати одна одну, тому їх суму обчислюють під знаком кореня.

Величина припусків має бути оптимальною. Призначення надмірно великих припусків призводить до непродуктивних втрат матеріалу, що перетворюється на стружку, збільшення трудомісткості механічної обробки, підвищення витрат ріжучих інструментів, збільшення потреби в обладнанні і робочій силі, зменшення точності обробки через збільшення пружних відхилень при обробці.

Призначення недостатньо великих припусків не забезпечує видалення дефектних шарів матеріалу та досягнення необхідної точності та шорсткості поверхні деталі, а також підвищує вимоги до точності заготовок, що призводить до їх подорожчання.

Важливим фактором для забезпечення необхідних точності та якості при механічній обробці є рівномірність розташування припуску, як на першій поверхні, що обробляється, так і при переході до обробки аналогічної поверхні наступної деталі. Коливання величини припуску викликають перевантаження і вібрацію інструментів та робочих частин верстата і може бути причинами їх поломки.

Дуже небезпечними для роботи верстатів та інструментів є дефекти металу в заготовках: приховані тріщини, рихлення, вклучення, тобто стан та глибина дефектного шару. Особливо негативно на якість механічної обробки впливає нестабільність цих показників як в одній заготовці, так і в заготовках оброблюваної партії.

Якість поверхневого шару регламентується певними показниками, наприклад твердістю. Твердість матеріалу заготовки та інші параметри, що характеризують поверхневий шар, мають найбільший вплив на точність розмірів отриманої деталі. Вони зумовлюють збільшення діапазону зміни зусиль різання і викликаних ними пружних відхилень, а отже, і поля розсіювання розмірів оброблених деталей. Найпростіше зменшити поле

розсіювання шляхом безпосереднього вимірювання розмірів та твердості заготовок з подальшим сортуванням їх на групи та внесенням необхідних поправок у розмір статичного налагодження верстата, що враховують відмінність пружних відхилень технологічної системи ВПД при обробці заготовок різних груп. Великий недолік цього методу – трудомісткість та організаційна складність.

Іншим способом боротьби з нестабільністю якості заготовок є використання адаптивних методів управління, заснованих на принципі компенсації пружних відхилень у технологічній системі, викликаних коливаннями припуску і твердості заготовок, пружними переміщеннями системи у протилежному напрямку. Металорізальне обладнання, оснащене такими системами, коштує дорожче і вимагає дорожчого технічного обслуговування.

У заготовок, отриманих точними методами (штампування замість кування, лиття під тиском замість лиття в піщані форми та ін), стабільніші характеристики якості поверхні заготовок і розмірів, тому їх набагато простіше обробляти в механічних цехах, але використання цих методів часто буває нерентабельним через високу вартість самих заготовок.

Напуском називається шар металу, при видаленні якого конфігурація поверхні змінюється. Напуски призначають для спрощення виконання операцій заготівельного виробництва з метою отримання якісної заготовки.

До напусків належать:

1) штампувальні та ливарні нахили. Їх встановлюють понад припуск на всі поверхні, що перпендикулярні площині роз'єму. Штампувальні і ливарні нахили служать для полегшення вилучення заготовки з форми, тобто зменшення зусиль виймання, збільшення стійкості форми, підвищення якості поверхонь заготовки, полегшення заповнення порожнини форми металом;

2) радіуси закруглення. Вони служать для поліпшення заповнення форми металом, зниження концентрації напружень у формі та заготовці, а отже, запобігають розвитку тріщин;

3) елементи конструкції деталі, що не виконуються у заготовці (дрібні отвори, проточки, виточки, пази тощо).

Напуски призначають за відповідними стандартами, використовуючи рекомендації довідників конструктора для кожного методу отримання заготовки.

3. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

У технології машинобудування вирішуються завдання з усіх технологічних напрямків: заготівельного виробництва, обробки різанням та

складання. У багатьох випадках від вибору способу отримання заготовки залежать такі параметри: основна структура технологічного процесу, обсяг механічної обробки, якість готової деталі, її собівартість.

З нетехнологічної, низької якості заготовки дуже складно отримати деталь високої якості, а з таких деталей практично неможливо виготовити надійну, працездатну машину.

Технологічні процеси виготовлення заготовок повинні відповідати таким вимогам:

- 1) забезпечувати задану точність та якість заготовки;
- 2) бути економічними;
- 3) бути екологічно чистими.

Сьогодні понад 85 % підприємств світового машинобудування працюють за принципами одиничного та серійного виробництв, тобто виробництво стало багатомоделювальним. При цьому від 30 % до 60 % металу в процесі виготовлення заготовок йде у відходи (ливникові системи, облой та ін), що є проблемою [4].

Завдання зменшення відходів включає те, що вибір заготовок має конструкторсько-технологічний характер. Вибір заготовок для відповідальних деталей машин є завданням конструктора. Якщо заготовка не задана, то її вид визначають технологи-проектувальники наскрізного процесу виготовлення деталей, а спосіб виготовлення та конкретні технології розробляють фахівці заготівельного виробництва. Для нескладних деталей вид та спосіб виготовлення вихідної заготовки визначають технологи механообробних виробництв.

Основні напрями у вирішенні завдання зменшення відходів пов'язані з оптимальним вибором матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки, включаючи його техніко-економічне обґрунтування.

У цьому вдосконалення заготівельного виробництва полягає у максимальному наближенні форми і розмірів заготовки до форми і розмірів деталі [4].

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами та розмірами деталі, програмою випуску. На діючому виробництві враховуються можливості заготівельних цехів (наявність відповідного устаткування). На їх роботу впливають також планові терміни підготовки виробництва (проектні роботи, виготовлення штампів, моделей, прес-форм).

При виборі технологічних методів отримання заготовок враховуються прогресивні тенденції розвитку технології машинобудування.

Вирішення завдань формоутворення деталей доцільно перенести на заготівельну стадію і тим самим знизити витрати матеріалу, зменшити частку витрат на механічну обробку в собівартості готової деталі.

Для цього необхідно в конструкції заготовки та технології її виготовлення передбачити можливість економії праці та матеріалів шляхом застосування штампованих, штампозварних, штамполитих заготовок, а також автоматизованих технологічних процесів.

4. ВИМОГИ ДО ВИБОРУ ЗАГОТОВОК

Заготовкою називається предмет виробництва, з якого, зміною форми, взаємного розташування, розмірів, шорсткості поверхонь і (або) властивостей матеріалу, виготовляють деталь або нероз'ємну складальну одиницю.

Вихідною заготовкою називається заготовка перед першою технологічною операцією.

До заготовок висуваються такі вимоги [1]:

- наближення форми й розмірів заготовки до форми й розмірів готової деталі, тобто зменшення припусків на оброблення й підвищення їх точності;
- технологічність конструкції заготовки;
- можливість застосування найпрогресивніших методів одержання заготовок;
- наявність зручних та надійних технологічних баз і поверхонь для транспортування;
- рівномірність припуску й твердості в партії заготовок.

Правила вибору виду заготовки наведено у табл. 1 [1].

Таблиця 1

Основні правила вибору виду заготовок

ПАРАМЕТР	ПРАВИЛО
Форма деталі	Якщо форма деталі складна, то вибраний вид заготовки має забезпечити максимальне наближення останньої до форми готової деталі
Заготівельні властивості матеріалу	Пріоритетна заготівельна властивість робить пріоритетним відповідний вид заготовки. При однаковій пріоритетності властивостей перевага віддається найбільш економічному виду
Особливі вимоги до матеріалу деталі	Наявність особливих вимог до матеріалу робить пріоритетним вид заготовки, що максимально наближає виконання цих вимог
Питома вартість матеріалу	Чим вища питома вартість матеріалу, тим більш пріоритетний вид заготовки, що максимально наближає її форму до форми готової деталі
Тип виробництва	Чим більші обсяги випуску деталей (заготовок), тим більш технічно складні види заготовок стають економічно виправданими

5. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ Й КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВОК

На вибір методу одержання заготовок впливають такі фактори [1]:

- технологічна характеристика матеріалу;
- конструктивна форма поверхонь і розміри заготовки;
- призначення й технічні вимоги на виготовлення;
- необхідна точність виконання, шорсткість і якість поверхонь;
- тип виробництва, обсяг випуску й терміни підготовки виробництва;
- технічні можливості заготівельних цехів підприємства або можливість одержання прогресивних заготовок від спеціалізованих підприємств;
- соціальні умови, тобто безпека роботи, втомлюваність, екологічні фактори;
- сумарна собівартість виготовлення заготовки, виготовлення з неї деталі, складання, транспортування й експлуатації виробу.

Загальний напрямок вибору зводиться до одержання такої заготовки, форма і розміри якої найбільше відповідають параметрам готової деталі з врахуванням об'єму випуску. Тому при виборі заготовки необхідно врахувати параметри: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, розміри і масу, точність, програму випуску.

Будь-яка заготовка, призначена для подальшого механічного оброблення, виготовляється із припуском на розміри готової деталі. Різниця розмірів заготовки і остаточно обробленої деталі визначає величину припуску, тобто шару металу, який повинен бути знятий при механічному обробленні. Величина загальних припусків визначається відповідними стандартами або нормативними таблицями, які розробляються кожним підприємством з урахуванням специфіки свого виробництва.

Експертну оцінку й економічне обґрунтування обраного способу виготовлення заготовки здійснюють шляхом порівняння технологічної собівартості різних варіантів.

Вибір методу одержання заготовки визначається такими факторами:

1) необхідними експлуатаційними властивостями деталі. Наприклад, матеріал заготовок, отриманих методами пластичної деформації, має вищі фізико-механічні характеристики, ніж матеріал виливків аналогічного хімічного складу. Тому найвідповідальніші деталі, що працюють під навантаженням, виготовляють куванням або штампуванням.

З іншого боку, ливарні сплави мають більшу жаростійкість, ніж ті, що деформуються, так як за дуже високих температур структура литих сплавів краще витримує навантаження, ніж гомогенізована, отримана в результаті гарячої обробки. З цієї причини в аерокосмічній технології для робочих лопаток турбіни використовуються ливарні сплави (нікельхромтитаністи,

теплостійкі, жароміцні сталі). Необхідність зменшення маси, охолодження призводить до ускладнення форми заготовок деталей, змушує робити їх порожнистими і тонкостінними (наприклад, вали, лопатки турбін). Цікавим є можливість застосування для лопаток компресора армованих скловолокном пластичних матеріалів, що мають високу міцність при малій вазі, високу стійкість до корозії та відносно нечутливі до пошкодження поверхні, а також дозволяють отримувати складні фасонні форми. Механічна міцність цих матеріалів висока, але їх максимальна робоча температура поки обмежується 250-300 °С.

Деталі, отримані методом порошкової металургії, можуть характеризуватися особливими специфічними електричними (виготовляють електричні контакти), фізико-механічними властивостями (певною пористістю – для фільтруючих елементів; підвищеними антифрикційними властивостями – для підшипників кочення, фрикційними властивостями – для вузлів зчеплення);

2) технологічною характеристикою і механічними властивостями матеріалу заготовки, тобто його ливарними властивостями або здатністю піддаватися пластичній деформації при обробці тиском. Наприклад, чавун має відмінні ливарні властивості: рідкотекучість, мала усадка та інші, але він крихкий і кувати його не можна; сталь має менш сприятливі ливарні властивості, але добре кується.

Майже всі магнієві сплави обробляють тільки на гідравлічних пресах, так як процеси зміни міцності у них протікають повільно і вони погано деформуються за високих швидкостей (на молотах).

3) конструктивними формами та розмірами заготовки. Наприклад, литвом під тиском отримують тонкостінні виливки складної форми масою не більше 80-100 кг; литвом у піщані форми отримують виливки масою до 250 т простішої конфігурації.

Куванням отримують заготовки простої форми масою до 250 т (наприклад, гребні гвинти), штампуванням – заготовки в основному масою до 100 кг, але складнішої форми тощо;

4) необхідною точністю та якістю отримання заготовки. Наприклад, у виливків, отриманих у піщаних формах ІТ 16-19; Rz 80 мкм та більше; у виливків, отриманих литвом за моделями ІТ 14-15; Rz 80 мкм та більше. У поковки ІТ 18-19; Rz 320 мкм та більше; у заготовки, отриманої штампуванням ІТ 15; Rz 80 мкм (після піскоструминної обробки) і більше.

5) програмою випуску заготовок (у шт. на рік чи типом виробництва). Наприклад, литво в піщані форми застосовується при всіх типах виробництва, литво в кокіль і під тиском – у крупносерійному та масовому, вільне кування – у одиничному та дрібносерійному виробництвах, штампування – у

серійному та масовому. Точні методи отримання заготовок не рентабельні за малої програми випуску через високу вартість оснастки.

6) терміном виконання програми.

7) наявним на підприємстві устаткуванням.

8) бажаним рівнем автоматизації. Наприклад, лиття в кокіль і лиття під тиском легше автоматизувати, ніж лиття в піщані форми і лиття за моделями, що виплавляються; роботу на пресі механізувати та автоматизувати легше, ніж роботу на молоті.

9) умовами подальшої механічної обробки. Наприклад, до заготовок, оброблюваних на верстатах з ЧПК, висуваються підвищені вимоги за точністю і якістю. Величини припусків мають бути на 20-40 % менші, ніж в заготовок, оброблюваних на універсальному обладнанні. Недотримання цих вимог призводить до поломки ріжучих інструментів та простою дорогого обладнання.

10) собівартістю виготовлення заготовки та виробленої з неї деталі.

6. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВКИ

Технологічність конструкції виробу є сукупністю властивостей конструкції, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт.

Технологічність – поняття відносне. Одна конструкція заготовки може бути технологічна при даному типі виробництва і абсолютно нетехнологічна при іншому. Технологічність залежить також від виробничих можливостей цього підприємства. Розвиток виробничої бази підприємства (наприклад, використання верстатів з ЧПК, автоматизованого обладнання) змінює вимоги до технологічності.

7. ПОКАЗНИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ

1. Якісні показники отримують шляхом порівняння двох і більше варіантів заготовок. Критерієм у цьому випадку є довідникові дані, а також досвід технолога та конструктора.

2. Кількісні показники дають можливість об'єктивно досить точно оцінити технологічність порівнюваних конструкцій. Щодо заготовок найчастіше як показники технологічності використовують трудомісткість виготовлення, технологічну собівартість і коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) [4].

Трудомісткість виготовлення заготовки - це сумарні затрати часу виробництва заготовки за всіма технологічними операціями [4].

На ранніх стадіях проектування трудомісткість оцінюється за трудомісткістю типової заготовки, аналогічною за формою, точністю та технологією виготовлення:

$$T_{np} = T_{mun} \sqrt[3]{\left(M_{np} / M_{mun}\right)^2},$$

де T_{np} , T_{mun} – трудомісткість проекрованої та типової заготовок відповідно;
 M_{np} , M_{mun} – маса проекрованої та типової заготовок відповідно.

Для оцінки технологічності на стадії механічної обробки використовують також відношення трудомісткості механічної обробки до трудомісткості отримання заготовки $T_{мех}/T_{заг}$. Чим менше це відношення, тим технологічнішою є заготовка (зменшується обсяг механічної обробки).

Собівартість виготовлення заготовки S_3 у заготівельному цеху визначається як

$$S_3 = M_3 + Z_3 + O_3,$$

де M_3 – вартість матеріалів виготовлення однієї заготовки;

Z_3 – заробітна плата основних робітників заготівельного цеху;

O_3 – вартість технологічного обладнання.

З порівнюваних варіантів вибирають той, для якого технологічна собівартість є мінімальною, незалежно від окремих складових.

Коефіцієнт використання матеріалу (KBM).

Розраховують такі коефіцієнти:

$$1. KBM = \frac{M_{дет}}{M_{вих.загот.}} \cdot 100\% = \frac{V_{дет}}{V_{вих.загот.}} \cdot 100\%.$$

Визначає сумарні втрати металу в заготівельному та механічному цехах. (Вихідною заготовкою, що надходить у заготівельний цех для подальшого кування, може бути, наприклад, пруток, труба, злиток і т. д.);

$$2. KBM = \frac{M_{заг.}}{M_{вих.заг.}} \cdot 100\% = \frac{V_{заг.}}{V_{вих.загот.}} \cdot 100\%.$$

Визначає втрати металу в заготівельному цеху (облой, ливники);

$$3. KBM = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}} \cdot 100\% = \frac{V_{дет.}}{V_{заг.}} \cdot 100\%.$$

Визначає втрати металу у механічному цеху на стружку.

Різні методи отримання заготовки забезпечують різні *КВМ*. Наприклад, лиття під тиском дає $КВМ = 90 - 95 \%$; лиття в піщані форми – $КВМ = 60 - 70 \%$.

Деякі рекомендації щодо підвищення технологічності заготовок [5]:

1. Бажано, щоб контури заготовки були поєднанням найпростіших геометричних форм.
2. Форма та розміри окремих елементів заготовки (радіуси, нахили) повинні бути уніфіковані.
3. Точність розмірів та шорсткість поверхонь заготовок мають бути економічно обґрунтованими.
4. Бажано максимально використовувати способи отримання заготовок, що не вимагають подальшого зняття стружки.
5. Необхідно прагнути максимально скоротити механічну обробку за рахунок зменшення кількості та довжини оброблюваних поверхонь (рис. 3).
6. Конструкція деталі повинна допускати можливість її виготовлення складеної з двох або більше частин.

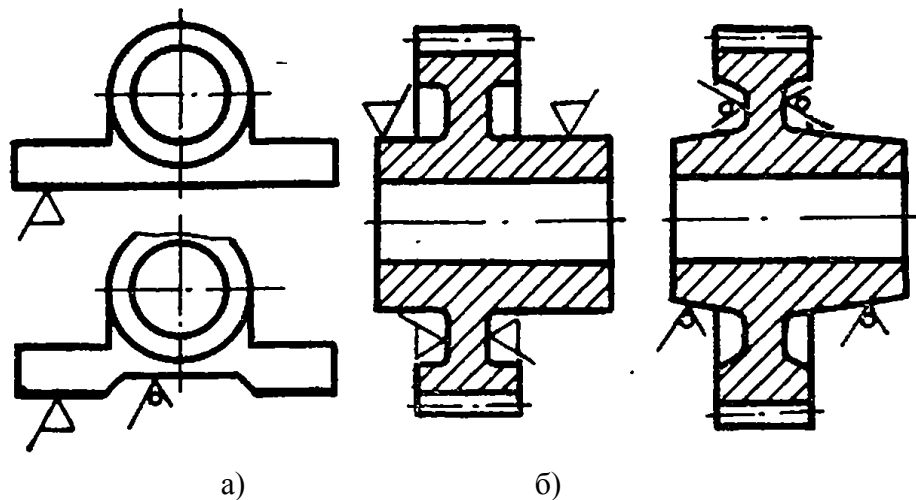


Рисунок 3. Приклади зменшення обсягу механічної обробки за рахунок зменшення довжини оброблюваних поверхонь (а) та зменшення їх кількості (б)

8. ЗАВДАННЯ, ЯКІ ВИРІШУЮТЬСЯ ПРИ ВИБОРІ МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК

Вибір того чи іншого способу одержання заготовки – дуже відповідальний етап. Технолог заготівельного цеху не може вирішувати свої завдання ізольовано та абстрактно. Вихідні дані своєї роботи він отримує від технолога механоскладального цеху. Технолог механоскладального цеху координує всі технологічні розробки з виготовлення даного виробу. Він погоджує усі незрозумілі питання з конструктором машини [1].

Конструктор основного виробництва розробляє креслення деталі, призначає матеріал деталі, його марку, термічну обробку заготовки та деталі, встановлює кращий метод отримання заготовки (наприклад, кування замість литва) для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей деталі.

Технолог механічного цеху після попередньої розробки маршруту виготовлення деталі встановлює:

1. Припуски на обробку;
2. Допуски на розміри оброблюваних та необроблюваних поверхонь заготовки;
3. Базові поверхні першої операції механічної обробки (ці поверхні в заготовці повинні бути виконані з особливою ретельністю: на них не повинно бути дефектів, через них не повинна проходити площина роз'єму форми, на них небажані штампувальні або ливарні нахили, всі базові поверхні повинні за можливості знаходитися в одній напівформі для забезпечення вищої точності їх взаємного розташування, при литті вони повинні розташовуватися внизу або вертикально для досягнення вищої якості та точності поверхні і т. д.);
4. Вимоги до структури і твердості матеріалу з урахуванням їх обробки різанням (у процесі кування або штампування поковка може підгартуватися; при литві в кокіл можливе відбілювання поверхневого шару. В обох випадках виникає дуже висока твердість поверхні. Звичайними ріжучими інструментами можлива обробка поверхонь твердістю не вище *HRC* 42. У разі постачання заготовок такої твердості в технології виготовлення заготовок повинна бути передбачена відповідна термообробка, що знижує твердість поверхні);
5. Метод очищення поверхонь (дробоструменеве, травлення, піскоструменеве). Наприклад, після піскоструменевого очищення штамповок шорсткість поверхні заготовки *Rz* 80 мкм, після дробоструменевої - *Rz* 400 мкм);
6. Місця та методи вирізання пробних зразків для оцінки якості матеріалу;
7. Метод попередньої обробки заготовок (правлення, зачищення, центрування або підготовка на шліфувальному обробному центрі шліфованих баз для операцій механічної обробки).

Усі розглянуті вище показники повинні враховуватися одночасно, оскільки вони тісно пов'язані. Остаточне рішення приймають на підставі економічного розрахунку з урахуванням вартості методу отримання заготовки та механічної обробки. І лише на основі цих даних технолог заготівельного цеху розробляє технологію виготовлення заготовки конкретним методом (литтям під тиском, штампування на горизонтально-кувальній машині та ін.).

9. СОБІВАРТІСТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ [1]

Вибраний метод отримання заготовки повинен забезпечувати мінімальну собівартість виготовлення деталі, тобто повинні бути мінімальними витрати на матеріал, виготовлення заготовки та деталі, тобто

$$C_{дет.} = C_{заг.} + C_{мех.обр.}$$

З підвищенням точності виготовлення заготовки та наближенням її конфігурації до готової деталі зменшується обсяг механічної обробки, тобто зменшується доданок $C_{мех.обр.}$.

Проте, за малої програми випуску не всі методи, які забезпечують високу точність заготовок є рентабельними. Не окупаються витрати на дороге оснащення.

На підприємствах етап вибору методу отримання заготовки здійснюють за такою методикою.

Порівнюють відносну собівартість заготовок, отриманих різними методами. Порівнюють собівартість заготовок середньої точності, середньої складності масою 1 кг з типового матеріалу, тобто для виливків – із сірого чавуну, для заготовок, отримуваних методами пластичної деформації – із сталі 45 залежно від програми випуску.

На виробництві метод отримання заготовки зазвичай вибирають з урахуванням перевірених типових процесів. Однак у будь-якому окремому випадку є резерви для подальшого покращення технології.

Наближений спосіб визначення собівартості виготовлення деталі, включаючи процеси отримання заготовки та її подальшої механічної обробки, полягає в такому.

Спочатку проводиться попередній вибір методу отримання заготовки за технологічними характеристиками, що наводяться у довідниковій літературі за пунктами, зазначеними вище.

Знаючи вихідні дані, користуючись способом виключення, відбирають кілька можливих варіантів; інші відкидаються як такі, що не задовольняють початковим умовам (матеріал заготовки, її розміри, складність форми та інше).

Можна записати

$$C_{дет.} = C_{заг.} + C_{мех.обр.} = a_1 \cdot M K_1 K_2 K_3 + a_2 E K_4 K_5 K_6 K_7 K_8,$$

де a_1 – собівартість виготовлення заготовки середньої точності, середньої складності, масою 1 кг, для виливків із сірого чавуну для різних (раніше

відібраних) методів та для даної програми випуску; для заготовок середньої точності, середньої складності масою 1 кг, отриманих обробленням тиском зі сталі 45;

M – маса заготовки, кг;

K_1 – коефіцієнт, що характеризує складність форми заготовки (для простих форм $K_1 = 0,8$; для складних $K_1 = 1,2$);

K_2 – коефіцієнт, що характеризує матеріал виливки або поковки (для СЧ $K_2 = 1$; для КЧ – 1,3; для вуглецевої сталі – 1,8; для низьколегованої сталі – 2,5; для кольорових сплавів – 3,6; для поковок із сталі 45 $K_2 = 1$; для поковок з низьковуглецевої сталі $K_2 = 1,5-2,0$);

K_3 – коефіцієнт, що характеризує точність виконання заготовки (для нормальної точності $K_3 = 1$; для підвищеної $K_3 = 1,2$);

a_2 – собівартість механічної обробки заготовки середньої точності, середньої складності, масою 1 кг, (ступінчасті вали, планки, корпусні деталі);

E – коефіцієнт, що враховує вплив маси заготовки на оброблювані поверхні (для деталей типу ступінчастих валів, планок $E = M^{2/3}$; для дисків $E = M$ (при зміні маси тільки за рахунок довжини планки збільшення поверхні відбувається в M разів); для корпусних деталей $E = (0,6-0,8)M$ і т. д.);

K_4 – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки, виходячи з умов його оброблюваності різанням. Для СЧ $K_4 = 1$; для вуглецевої сталі $K_4 = 1,2$; для кольорових металів $K_4 = 0,7$;

K_5 – коефіцієнт, що враховує точність розмірів заготовки. Для заготовки нормальної точності $K_5 = 1$; для підвищеної точності $K_5 = 0,8$.

K_6 – коефіцієнт, що враховує задану кресленням деталі точність обробки її поверхонь. Для середньої точності за квалітетом ІТ8 $K_6 = 1$; за ІТ7 $K_6 = 1,2$; за ІТ6 $K_6 = 1,5$; за ІТ11 $K_6 = 0,8$; за ІТ12 $K_6 = 0,6$;

K_7 – коефіцієнт, що враховує ступінь наближення конфігурації заготовки до конфігурації готової деталі:

$$K_7 = \frac{V_{\text{прип}} + 0,8 \cdot V_{\text{нап}}}{V_{\text{прип}}},$$

де $V_{\text{прип}}$ – об'єм всіх припусків, що зрізаються;

$V_{\text{нап}}$ – об'єм всіх напусків, що зрізаються.

K_8 – коефіцієнт, що враховує відношення оброблюваних поверхонь деталі $F_{\text{дет.}}$ до поверхні заготовки $F_{\text{заг.}}$.

$$K_8 = \frac{F_{\text{дет.}}}{F_{\text{заг.}}}$$

Для валів K_8 близький до 1; для корпусних деталей K_8 часто менше 0,5.

Розрахувавши для відібраних методів одержання заготовки $C_{дет}$, вибирають метод з показником $C_{дет min}$. Розрахунок дає наближений результат. Точність розрахунку можна підвищити шляхом уточнення коефіцієнтів $K_1 - K_8$.

Якщо отримані результати розрахунків собівартості не дають однозначної відповіді на користь того чи іншого методу, то вдаються до розрахунку коефіцієнта використання матеріалу заготовки, який є важливим показником раціональності вибраного методу одержання заготовки.

10. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Залежно від широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску виробів, сучасне виробництво поділяється на різні типи: одиничне, серійне та масове.

Типи виробництва мають такі основні технологічні ознаки.

Одиничне виробництво.

Широта номенклатури, мінімальний обсяг випуску (штуки, десятки штук); операції на робочих місцях повторюються нерегулярно або не повторюються зовсім; не застосовується спеціальне обладнання, оснащення, інструменти; кваліфікація робітників висока; собівартість продукції відносно висока; технологічна документація скорочена та спрощена.

Масове виробництво.

Вузька номенклатура, великий обсяг випуску виробів, безперервне виготовлення виробів протягом тривалого часу; на кожному робочому місці закріплюється виконання постійно повторюваної операції; обладнання високопродуктивне спеціальне, оснащення та інструмент спеціальні; кваліфікація робітників-операторів низька, кваліфікація налагоджувальників обладнання висока; собівартість продукції відносно низька; технологічна документація розробляється дуже детально.

Серійне виробництво.

Обмежена номенклатура виробів, виготовлення відбувається партіями, що періодично повторюються; порівняно великий обсяг випуску. За всіма організаційними характеристиками серійне виробництво займає проміжне положення між масовим та одиничним виробництвом. Серійне виробництво поділяється на дрібносерійне, середньoserійне та крупносерійне.

Дані для визначення типу виробництва приведені в табл. 2.

Програма випуску заготовок і готових деталей та термін виконання цієї програми значною мірою впливають на рентабельність застосування того чи іншого методу отримання заготовок. Ці поняття визначають зрештою тип виробництва.

11. ЗАГОТОВКИ, ОТРИМУВАНІ ЛИТТЯМ

11.1. Технологічні можливості і область застосування різних методів лиття

Виливок – виріб або заготовка, отриманий технологічним методом лиття [1]. Дані щодо річного випуску виливок залежно від їх маси і серійності визначення типу виробництва представлені в табл. 2 [1].

Таблиця 2

Дані щодо річного випуску виливок залежно від їх маси і серійності [1]

Тип серійності виробництва	Маса виливка*, кг		
	<100	101 - 1000	>1000
	Річний випуск виливок одного найменування, шт.		
Одиничне	<300	<50	<5
Дрібно-серійне	300-3000	50-600	5-25
Середньо-серійне	3000-35000	600-3000	25-75
Крупно-серійне	35000-200000	3000-20000	75
Масове	200000	20000	–

*Виливки за масою поділяють на дрібні (до 100 кг), середні (101-1000 кг), великі (1001-5000 кг) і дуже великі (понад 5000 кг).

Дані за переважаючим типом серійності виробництва для різних методів отримання заготовок представлені в табл. 3 [1].

Таблиця 3

Тип виробництва для різних методів одержання заготовок

Показник	Спосіб литва						Спосіб пластичної деформації			
	В піщані форми	Під тиском	В кокіль	За виплавними моделями	В оболонкові форми	Відцентрове	Вільне кування	Штампкування на молотах	Штампкування на пресах	Штампкування на ГKM
Тип виробництва	Од*, Дс, С, Кс	Кс, Мас	С, Кс, Мас	Од, Дс, С	С, Кс, Мас	С, Кс, Мас	Од, Дс	С, Кс	Кс, Мас	Кс, Мас

*Од – одиничне виробництво; Дс – дрібносерійне; С – середньосерійне; Кс – крупносерійне; Мас – масове.

На рис. 4. показані заготовки типових деталей, одержаних методом

литва.

Литво є одним з найпоширеніших методів формоутворення. Близько 75 % усіх виливків (за масою) виготовляють із чавуну, приблизно 20 % - зі сталей та до 4 % – із кольорових сплавів.

Заготовки, одержані методом литва, порівняно з іншими методами, мають ряд переваг:

- високі коефіцієнти використання металу й вагової точності;
- практично необмежені габарити й маса виливків;
- можливість використання сплавів, що не піддаються пластичному деформуванню й важко оброблюваних різанням.

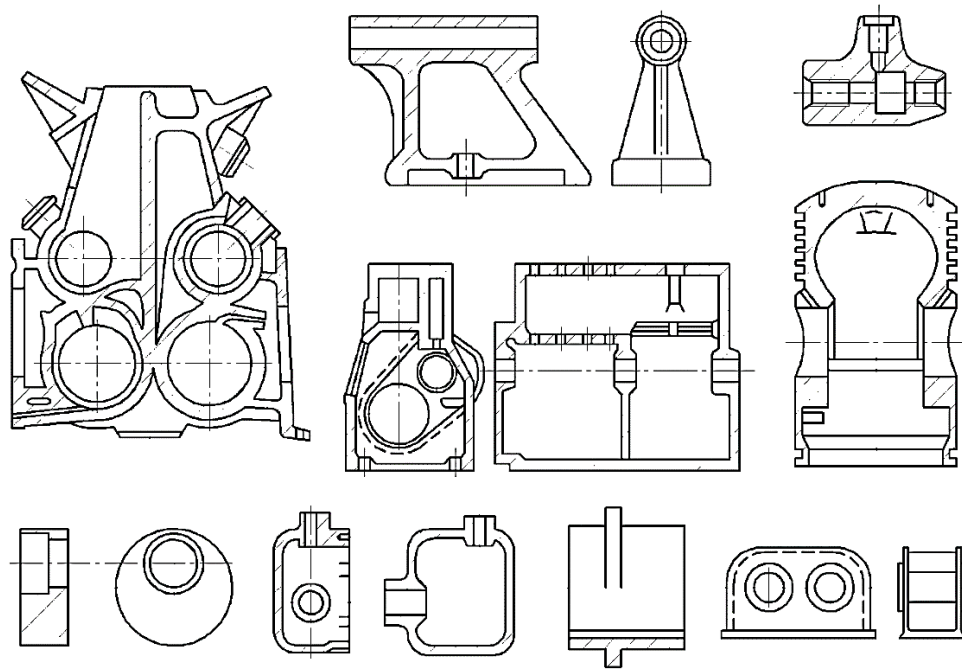


Рисунок 4. Заготовки типових деталей, одержаних методом литва

У порівнянні з іншими способами виготовлення заготовок деталей машин (прокатування, кування, зварювання) ливарне виробництво дозволяє отримати заготовки складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням, хорошими механічними властивостями.

Для отримання виливків високої якості розроблені спеціальні способи лиття – в металеві форми, під тиском, в оболонкові форми та інші.

Залежно від маси чавунні та сталеві виливки поділяють на дрібні (до 100 кг), середні (100...1000 кг), великі (1000...5000 кг), важкі (5000...20000 кг) та особливо важкі (понад 20000 кг), а виливки з кольорових сплавів поділяються на дев'ять груп.

Основні способи лиття наведено на рис. 5.

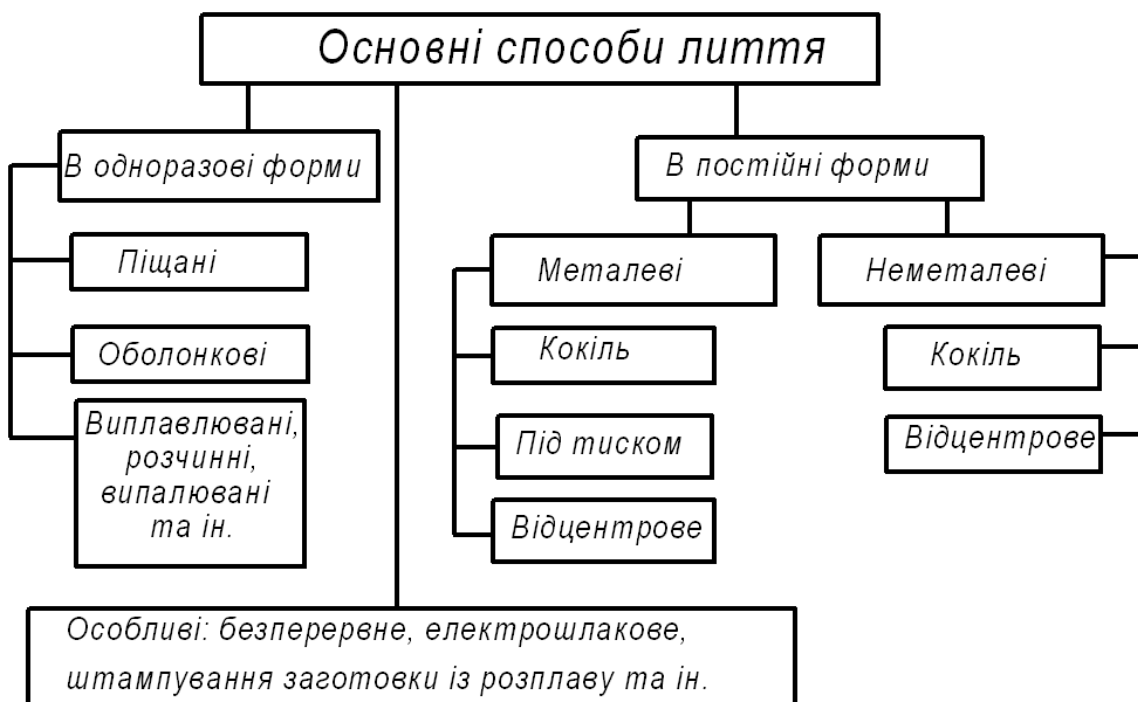


Рисунок 5. Класифікація способів лиття [1]

Область застосування виливків наведена у табл. 4.

Способи одержання литих заготовок поділяються на дві групи:

1. Виливки в разові форми, одноразово заповнювані металом (литво в оболонкові форми, литво за виплавлюваними моделями, литво за моделями, що розчиняються);

2. Виливки в багаторазові форми (відцентрове литво, литво в кокіль, під тиском, вичавлюванням, заморожуванням, безперервне литво).

Таблиця 4

Способи виготовлення виливків та їх сфера застосування

Способи литва	Матеріал	Маса виливка, т	Область застосування і особливості способу
В піщані форми	Сталі, чавуни, кольорові метали і сплави	До 200	Виливки тіл обертання, станини, корпуси машин, головки і блоки циліндрів ДВЗ
Під тиском	Сталі, магнієві, алюмінієві, цинкові, свинцево-олов'яні сплави	До 0,1	Трійники, деталі приладів побутової техніки, блоки ДВЗ
В металеві форми	Сталі, чавуни, кольорові метали і сплави	До 7	Фасонні виливки (поршні, коробки передач, корпуси)
За виплавними моделями	Високолеговані сталі і сплави, титан	До 15	Лопатки турбін, клапани, шестерні, різальні інструменти, тонкостінні виливки $s = 0,8$ мм, діаметр отвору до 1 мм
В оболонкові форми	Сталі, чавуни, кольорові метали і сплави	До 40	Відповідальні фасонні дрібні і середні виливки, точні виливки з низькою шорсткістю, станини молотів

Матеріали, що використовуються для виготовлення заготовок методом литва повинні мати відповідні ливарні властивості: рідкотекучість, усадку, схильність до утворення усадкових раковин, тріщиностійкість, газопоглинання, ліквацію [5].

Рідкотекучість – здатність розплавленого металу заповнювати порожнини ливарної форми. Показник рідкотекучості *Кр.т.* визначається відношенням значень рідкотекучості даного матеріалу і еталону, за який прийнята сталь 30Л.

Усадка – зменшення обсягу виливки при охолодженні розплаву у формі до температури навколишнього середовища. Існує лінійна та об'ємна усадка, що вимірюються у відсотках. Для сірого чавуну найменша лінійна усадка (0,9 – 1,3 %). Сталі мають усадку 0,8 – 2,5 %.

В результаті нерівномірного охолодження і виникаючого механічного гальмування усадки, виникають напруження – причина гарячих тріщин.

Газопоглинання – здатність ливарних сплавів у розплаві розчиняти гази. Високе газопоглинання призводить до утворення у виливках газових раковин. Для їх усунення застосовують плавлення у вакуумі тощо.

Ліквація – неоднорідність хімічного складу у різних частинах виливки. Залежить від хімічного складу металу та умов утворення виливка.

Оброблюваність – властивість металу піддаватися обробці різанням. Хороша оброблюваність забезпечує високу якість обробки.

Класифікація ливарних сплавів приведена на рис. 6 [1].

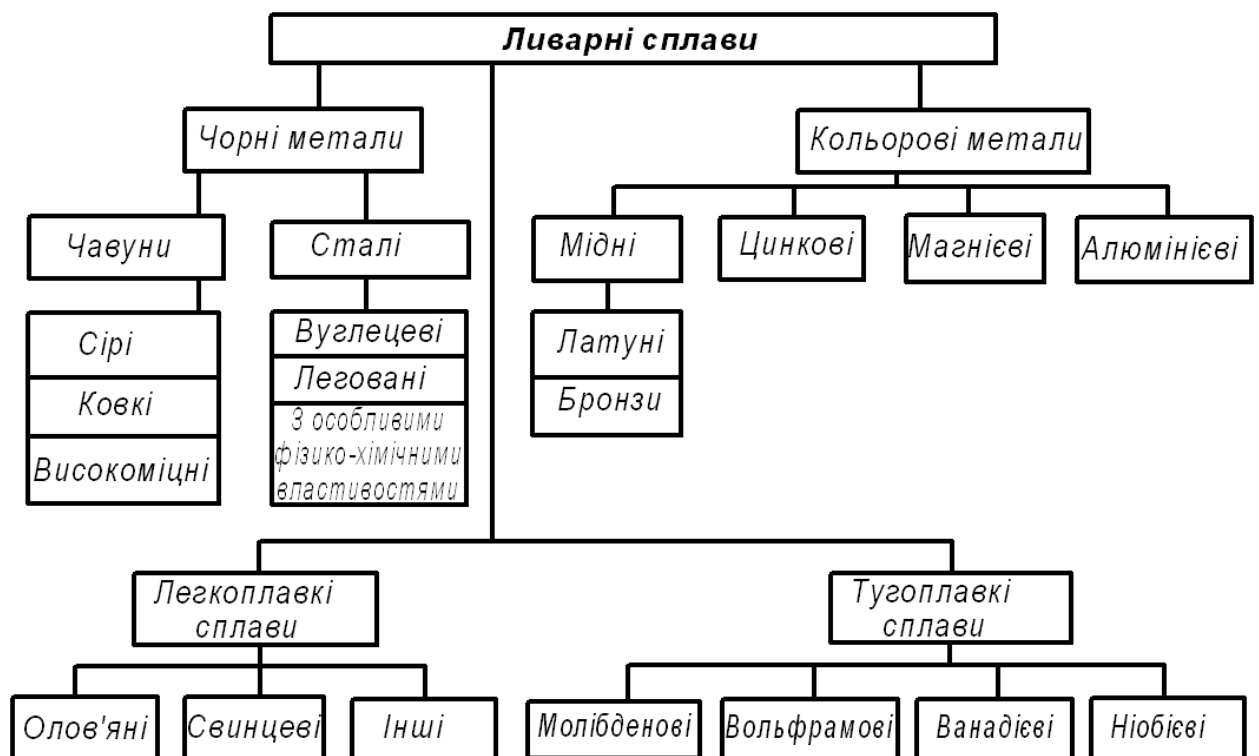


Рисунок 6. Класифікація ливарних сплавів

Більшу частину виливків (~ 75 %) виготовляють із чавуну.

Чавуни всіх марок добре обробляються, але погано зварюються. Їх властивості визначають застосування чавунів: від помірно навантажених (СЧ) до вібронавантажених [4].

Чавун – залізовуглецевий нековкий ливарний матеріал, що містить понад 2 % (до 3-3,5 %) вуглецю, до 4,5 % кремнію, до 1,5 % марганцю, до 1,8 % фосфору, до 0,08 % сірки.

Експлуатаційні властивості чавуну залежать від його міцності, твердості, пластичності, а також від форми, розмірів та розташування вуглецевих включень у його структурі.

У ливарному виробництві 94 % чавунних виливків за масою виготовляють із сірого чавуну марок СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20. Це сірі чавуни з пластинчастим графітом (СЧ 10 - СЧ 35; $\sigma_{\text{в}} = 100-350$ МПа, 120-190 НВ). Вони малочутливі до надрізів та інших концентраторів напружень. Добре розсіюють віброколювання, тому станини верстатів роблять не зі сталі, а з чавуну. У разі ударних навантажень сірий чавун застосовувати не можна, оскільки він крихкий. Однак сірий чавун є найдешевшим ливарним сплавом.

Ковкий чавун (КЧ 30-6 - КЧ 80-1,5; $\sigma_{\text{в}} = 294-784$ МПа, 100-320 НВ) отримують шляхом відпалу білого чавуну. Він має включення з пластовидного графіту, відрізняється низькими ливарними властивостями – зниженою рідкотекучістю, великою усадкою, підвищеною схильністю до тріщиноутворення. Ковкий чавун має високу міцність і зносостійкість, займаючи за механічними властивостями проміжне положення між сірим чавуном і сталлю. Застосовують для виливків, що працюють зі знакозмінними навантаженнями: коробки передач, шасі в автотранспорті, важелі та ін).

Високоміцний чавун з кулястим графітом (ВЧ 35-ВЧ 100; $\sigma_{\text{в}} = 350-1000$ МПа, 140-360 НВ). Чавун застосовують для відповідальних виливків, що працюють в умовах змін теплового режиму – гільзи ДВЗ та ін. Цей чавун за ливарними властивостями наближають до сталей. Має пониженою рідкотекучістю та усадку, схильність до дефектів ливарного походження.

Леговані чавуни (ЧХ1 та ін.) застосовують для роботи деталей, що працюють за високих температур (до 500-700 °С).

Сталь – сплав заліза з вуглецем та іншими елементами, що містить до 2,14 % вуглецю. Найбільша величина межі міцності $\sigma_{\text{в}}$ і межі витривалості σ_{-1} досягається при вмісті вуглецю ~ 0,9 %. Зі сталі роблять близько 21 % всіх виливків за масою.

За хімічним складом сталі поділяються на вуглецеві та леговані. Останні

залежно від кількості легуючих елементів діляться на низьколеговані (до 2,5 %), середньолеговані (від 2,5 до 10 %) і високолеговані (понад 10 %).

Ливарні сталі 15Л, 20Л, 45Л, 10Х18Н9ТЛ, 110Г13Л мають понижену рідкотекучість і велику усадку. У зв'язку з цим витрата металу на вилівок збільшується приблизно в 1,6 рази порівняно з чавунним виливком.

Залежно від призначення та якісних показників виливки з вуглецевих та легованих сталей поділяються на три групи:

I – виливки загального призначення, що контролюються за зовнішнім виглядом, розмірами та хімічним складом;

II – виливки відповідального призначення за міцністю, відносним видовженням;

III – виливки особливо відповідального призначення, що контролюються за ударною в'язкістю.

Сталеві виливки піддають термообробці: нормалізації при температурі 850-920 °С з подальшим відпуском або гартуванням при температурі 800 – 870 °С з відпуском.

До кольорових металів відносять: алюміній, магній, цинк, мідь та сплави на їх основі.

Виливки з кольорових сплавів поділяються на дев'ять груп (табл. 5)

Таблиця 5 [1]

Класифікація виливок з кольорових сплавів за масою, кг

Група	Бронза, латунь і цинкові сплави	Алюмінієві і магнієві сплави
1	До 0,25	До 0,2
2	0,25 - 1,0	0,2 - 0,4
3	1 - 4	0,4 - 0,8
4	4 - 10	0,8 - 1,6
5	10 - 20	1,6 - 3,2
6	20 - 50	3,2 - 6,3
7	50 - 200	6,3 - 12,5
8	200 - 500	12,5 - 25
9	Більше 500	Більше 25

Алюміній та його сплави мають високу міцність, малу густину. Вони є незамінним матеріалом в авіапромисловості. Алюмінієві сплави ливарні: АЛ2 - АЛ 11, мають межі міцності $\sigma_B = 150 - 220$ МПа, густину 2,65 - 2,94 г/см³. А сплав цієї групи АМг10 (АЛ 27) має високу корозійну стійкість, $\sigma_B = 320$ МПа.

Магній має мінімальну густину. У чистому вигляді не застосовується.

Проте для збільшення міцності вводять магній. Магнієві ливарні сплави (МЛ5, МЛ6, МЛ8) поступаються алюмінієвим за пластичністю та корозійною стійкістю. Сплави мають погану рідкотекучість, велику усадку, схильні до утворення рихлень. Вони здатні спалахувати в рідкому стані, що ускладнює виготовлення виливків.

Сплави цинку досить міцні. Мають високу корозійну стійкість. Можуть застосовуватися як антифрикційні матеріали і для захисту залізвмісних сплавів. Як легуючі елементи часто містять мідь, алюміній і в незначних кількостях магній і марганець.

Найпоширеніші сплави на основі міді – бронзи та латуні. Бронзи, що застосовуються в ливарному виробництві, поділяються на дві групи: олов'яні (БрО10Ф1, БрО5С25 та ін) і безолов'яні (БрС30, БрА9Мц2Л та ін).

Бронзи відрізняються високими механічними, корозійними та антифрикційними властивостями. Вони характеризуються доброю рідкотекучістю, але порівняно більшою усадкою і схильністю до окислення.

Латуні (ЛЦ16К4, ЛЦ30А3 та ін) мають складний хімічний склад. Крім цинку, до них входять *Al*, *Fe*, *Mn* та інші елементи. Латуні мають вищі ливарні властивості, ніж бронзи, тому з них легко отримати щільні, герметичні виливки.

Тугоплавкі сплави – сплави на основі титану, вольфраму, молібдену, ніобію, ванадію. Вони мають високу температуру плавлення (1700-3500 °С) і відрізняються підвищеною міцністю при високих температурах. Як конструкційний матеріал частіше використовують титанові сплави (ВТ1Л, ВТ5Л та ін.). Ливарні властивості титанових сплавів характеризуються малим інтервалом температури кристалізації.

Легкоплавкими є сплави, отримані на основі вісмуту, олова, свинцю та кадмію. Ці сплави мають температуру плавлення 70-90 °С.

Технологічні можливості способу лиття визначаються класом розмірної точності вилівка, ступенем короблення, ступенем точності поверхонь, класом точності маси та іншими параметрами.

Відповідно до ГОСТ 26645-85 для виливок різних способів встановлені: 16 класів розмірної точності, 22 ступеня точності, 11 ступенів короблення вилівка, 16 класів точності маси.

Отримання конкретного класу точності розмірів пов'язане не тільки з якітетом точності розмірів деталей, одержуваних механічною обробкою, але й з типом виробництва (масове, серійне, одиничне), а також складністю форми вилівка.

Шорсткість поверхонь виливків залежить від їх ступеня точності. З підвищенням чисельного значення ступеня точності вилівка висота мікронерівностей стає більшою. Для лиття в піщані форми ступінь точності для виливків з різних матеріалів знаходиться в межах 7 - 22, що відповідає

шорсткості $Ra = 8 - 100$ мкм. Для виливків, отриманих спеціальними способами лиття, наприклад, литтям під тиском (2-а ступінь точності), шорсткість поверхні $Ra \geq 2$ мкм.

Квалітету точності розмірів заготовок після механічної обробки *IT 8*, *IT 9* відповідає за ГОСТ 26645-85 1-3-й класи точності розмірів литої заготовки, а для *IT 10 – IT 13 – 9-16-й* класи точності розмірів виливків.

12. СПОСОБИ ДЕРЖАННЯ ЛИТИХ ЗАГОТОВОК

Способи одержання литих заготовок діляться на дві групи:

– литво в разові форми, одноразово заповнювані металом (лиття в оболонкові форми, лиття за виплавлюваними моделями, лиття за моделями, що розчиняються);

– литво в багаторазові форми, (відцентрове литво, литво в кокіль, під тиском, вичавлюванням, наморожуванням, безперервне литво).

Порівняльні дані основних способів одержання заготовок литвом наведено у табл. 6.

Виливки з чорних і кольорових металів виготовляють різними способами. Для заготовок простих форм із плоскою поверхнею в умовах одиничного й дрібносерійного виробництва застосовують литво у відкриті земляні форми, для великих заготовок – литво в закриті форми.

Ручне формування в опоках за моделями або шаблонами застосовують для дрібних і середніх виливків деталей, що мають форму тіл обертання. У серійному й масовому виробництві застосовують машинне формування за дерев'яними або металевими моделями. Виливки складної конфігурації виготовляють у формах, які збирають зі стрижнів за шаблонами і кондукторами.

Таблиця 6 [1]

Степені точності поверхонь виливків

Технологічний процес литва	Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Кольорові легкі сплави	Чорні і кольорові тугоплавкі сплави і термооброблені кольорові легкі сплави	Термооброблені чавунні і кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблені сталеві сплави
1	2	3	4	5	6
Під тиском в металеві форми	До 100 >100 » 250 »250 »630	2-6 3-7 4-8	3-7 4-8 5-9	4-8 5-9 6-10	5-9 6-10 7-11
В керамічні форми, литво за випалюваними і виплавлюваними моделями	До 100 > 100 » 250 »250 »630	3-8 4-9 5-10	4-9 5-10 6-11	5-10 6-11 7-12	6-11 7-12 8-13

Закінчення таблиці 6

1	2	3	4	5	6
Під низьким тиском і в кокіль без піщаних стрижнів, відцентрове литво в металеві форми	До 100 >100 » 250 »250 »630	4-9 5-10 6-11	5-10 6-11 7-12	6-11 7-12 8-13	7-12 8-13 9-14
В оболонкові форми з термореактивних сумішей. У вакуумно-плівкові піщані форми	До 100 >100 » 250 »250 »630	6-12 7-13 8-14	7-13 8-14 9-15	8-14 9-15 10-16	9-15 10-16 11-17
В піщано-глинисті сирі форми з низькою вологістю (до 2,8 %), високоміцною (більше 160 кПа) сумішшю з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць. В піщані затверділі, сухі або підсушені форми, пофарбовані покриттями на водній основі, нанесені пульверизацією або занурюванням	До 100 > 100 » 250	7-14 8-15	8-15 10-17	9-16	10-17
	»250 » 630	9-16	11-18	11-18 12-19	
	» 630 »1600	10-17	11-18	12-19	13-19
В кокіль з піщаними стрижнями	» 1600 »4000	11-18	12-19	13-19	14-20

Основні характеристики методів одержання заготовок литвом приведені в табл. 7.

13. ЛИТТЯ У ПІЩАНІ ФОРМИ

13.1. Особливості лиття у піщані форми

Лиття у піщані форми – найпоширеніший спосіб лиття. У машинобудуванні ним виготовляють 75-80% виливків (за масою).

У піщаних формах отримують виливки зі сталі, чавуну, рідше - із кольорових металів. Цей спосіб застосовується в одиничному та серійному виробництвах [7].

У піщаних формах можна отримати виливки найскладнішої конфігурації і масою від кількох грамів до сотень тонн. Заготовки, що отримуються, характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку.

Основні характеристики методів одержання заготовок литвом

Метод одержання	Маса заготовок, т	Найменша товщина стінок, мм	Точність виконання	Шорсткість, мкм	Матеріал	Тип виробництва
Разові форми						
Литво в піщано-глинисті форми:	До 100	чавун 3-5, сталь 5-8, кольорові сплави 3-8	IT 17	80-20	чавун, сталь, спеціальні сплави	одиночне й дрібносерійне
Ручне формування за дерев'яними моделями						серійне
Машинне формування						крупносерійне й масове
Машинне формування за металевими моделями	До 10		IT 16-17	20-5		
Машинне формування за металевими моделями	3-5		IT 14-16	20-5		
Литво за виплавленими моделями	До 0,15	0,5	IT 11-12	10-2,5	сталь, важко-оброблювані сплави	серійне
Литво в оболонкові форми: піщано-смоляні, що твердіють	До 0,15	сталь 3-5, алюміній 1-1,5	IT 13-14	10-2,5	чавун, сталь, кольорові сплави	серійне й масове
Багаторазові форми						
Відцентрове литво	0,01- 1	5-6	IT 12-14	40- 10	чавун, сталь, кольорові сплави	крупносерійне й масове
Литво під тиском	До 0,1	0.5	IT 8-12	5.0-0,63	кольорові сплави	
Литво в кокіль	7(чавун) 4 (сталь) 0,5 (кольорові сплави)	чавун 15, сталь 10	IT 12-15	20-2,5	чавун, сталь, кольорові сплави	серійне й масове

Сутність лиття в піщані форми полягає у виготовленні виливків вільним заливанням розплавленого металу в разову роз'ємну і товстостінну ливарну форму, виготовлену з формувальної суміші за багаторазово використовуваними модельними комплектами (дерев'яними або металевими),

з подальшим затвердінням залитого металу, охолодженням у формі, вилученням виливки з форми із застосуванням, при необхідності, викінчувальних операцій.

Технологічна універсальність лиття в піщані форми зумовлює його економічну доцільність для одиничного, серійного та масового виробництва.

Цим способом виготовляють до 60% від кількості литих заготовок. Точність виливків – 14-20 квалітет, шорсткість поверхні $R_z = 40-400$ мкм. Максимальний коефіцієнт масової точності становить 0,71; виходу придатного металу – 0,3-0,5 [4].

Типова технологія виготовлення виливків складається з кількох етапів:

1. Нанесення на креслення деталі контурів моделі та відповідних ливарних вказівок.

2. Розробка технологічної карти. Записують послідовність виконання операцій і спосіб виготовлення виливка, наводять перелік вказівок з виготовлення модельного комплекту, стрижневих ящиків, виготовлення форми і стрижнів, заливання металу, вибивання виливки з форми, очищення, термообробки та контролю.

3. Розробка креслення (або ескізу) зібраної форми з усіма необхідними перерізами і розмірами.

Процес виготовлення самих виливків включає: виготовлення моделей і стрижневих ящиків, приготування формувальних і стрижневих сумішей, виготовлення форм і стрижнів, складання і заливка форм, вибивання виливків з форм, очищення та обрубкування виливків, термообробка.

Формувальні суміші для дрібних і середніх за масою сталевих виливків готують з кварцевих пісків з малим вмістом глини, а як сполучний матеріал використовують вогнетривку глину (бетоніт).

Форми для чавунних виливків виготовляють з формувальної суміші, що готується з глинистих пісків.

У суміш для форм з мідних сплавів як протипригарний засіб, додають мазут.

Суміші для форм з алюмінієвих сплавів повинні мати високу податливість через їх низьку міцність при підвищених температурах [7].

Формування – процес виготовлення ливарних форм з формувальних матеріалів.

Операції формування:

- ущільнення суміші;
- формування вентиляційних каналів;
- вилучення моделі з форми;
- складання форми.

Формування може проводитися вручну, на спеціальних формувальних

машинах або автоматичних лініях [4].

Ручне формування.

Існує кілька основних способів ручного формування: формування в ґрунті, формування в опоках (рис. 7).

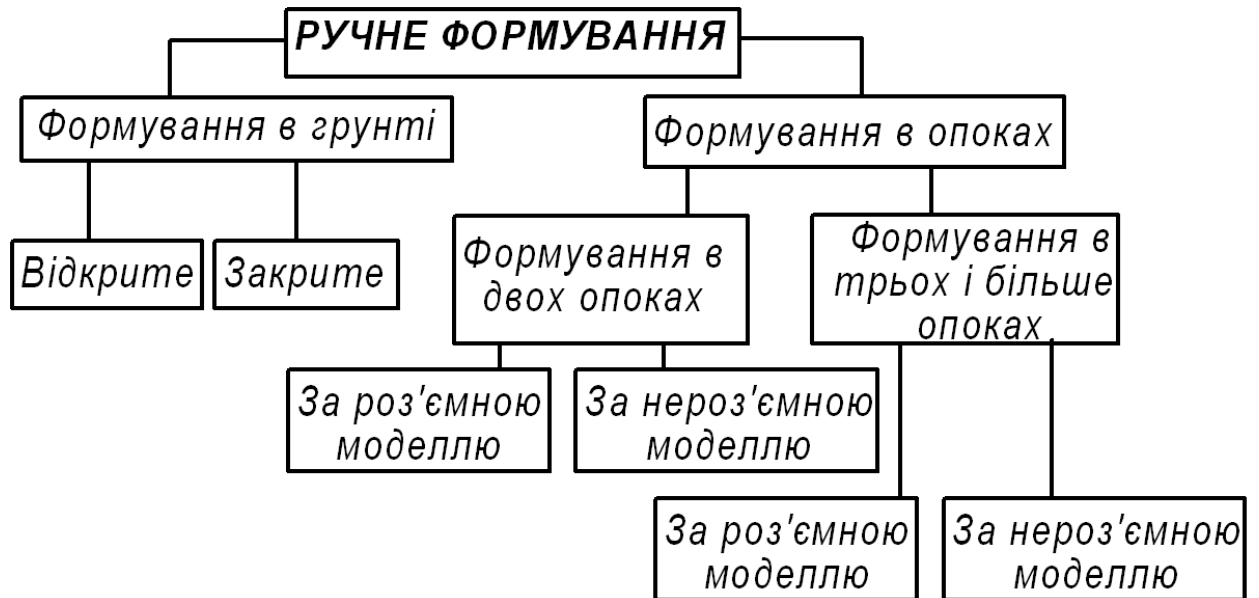


Рисунок 7. Класифікація способів ручного формування [1]

Формування в ґрунті – процес виготовлення форм на земляній ділянці формувального відділення. Спосіб простий, не вимагає спеціального обладнання, однак має великий обсяг ручних робіт, що виконуються формувальниками високої кваліфікації [1].

Відкрите ґрунтове формування застосовується для виготовлення виливків з плоскою верхньою стороною (рис. 8, а, б).

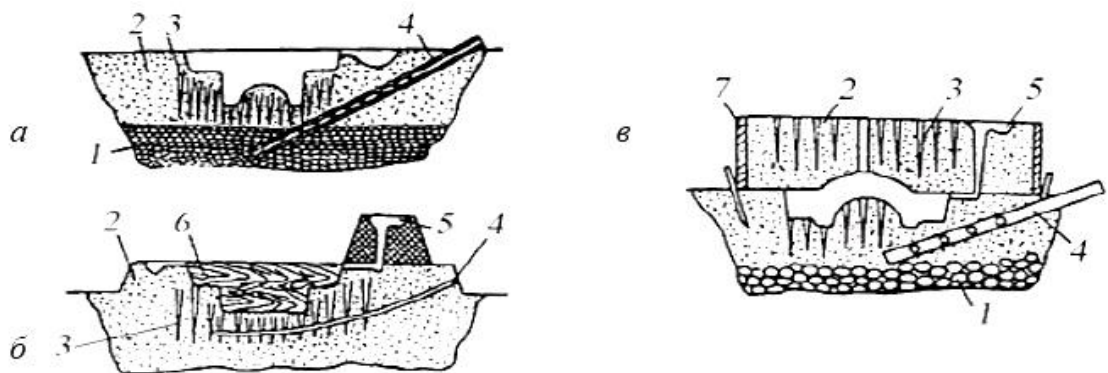


Рисунок 8. Формування в ґрунті: а – відкрите; б, в – закрите; 1 – база; 2 – земля; 3;4 – вентиляційні канали; 5 – ливникова система; 6 – модель; 7 – опока

Для виготовлення великих і важких виливків застосовується закрите формування в ґрунті, при якому верхня частина виливки виходить в опоку, а нижня – в твердій основі (рис. 8, в).

Формування в опоках. Формування у двох опоках за роз'ємною

моделлю є найпоширенішим способом виготовлення разових піщаних форм. Роз'ємну модель застосовують, як правило, у тих випадках, коли модель не має плоскої поверхні (рис. 9).

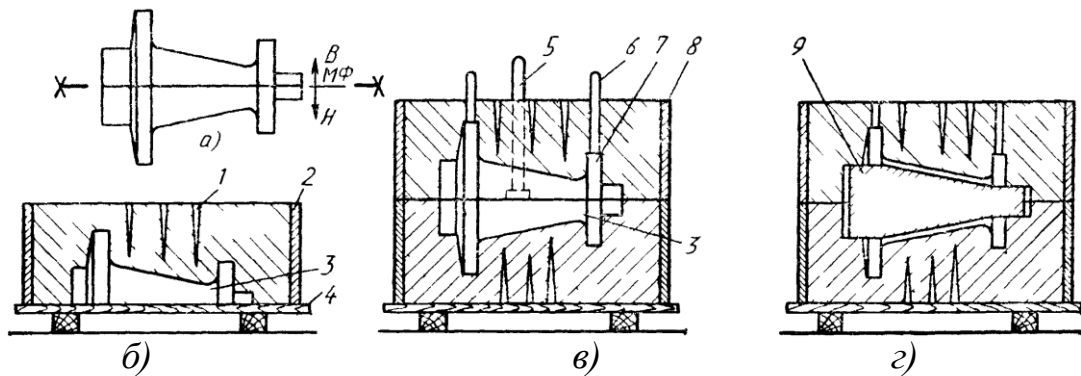


Рисунок 9. Виготовлення форми у двох опоках за роз'ємною моделлю: а — положення виливка у формі; б — одна з напівформ виливки; в — засоби ливникової системи живлення та інші елементи; г — розташування стрижня в опоці; 1 — вентиляційні канали; 2 — нижня опока; 3 — нижня половина моделі; 4 — модельна плита; 5 — стояк; 6 — випар; 7 — верхня половина моделі; 8 — опока; 9 — стрижень

Іноді при виготовленні складних виливків одна площина роз'єму не дозволяє витягти модель з верхньої та нижньої напівформ. У цих випадках застосовують форму з трьох і більшої кількості опок, тобто форма має дві і більше поверхонь роз'єму.

Машинне формування. Машинне формування забезпечує високі вимоги до виливків.

Основні технологічні особливості машинного формування такі: виготовлення форм у двох опоках; заміна всіх бічних відокремлюваних частин моделі стрижнями.

За методами ущільнення суміші формувальні машини (рис. 10) класифікують на струшуючі, пресувальні, імпульсні, піскодувні, піскометні, вакуумні, спеціальні.

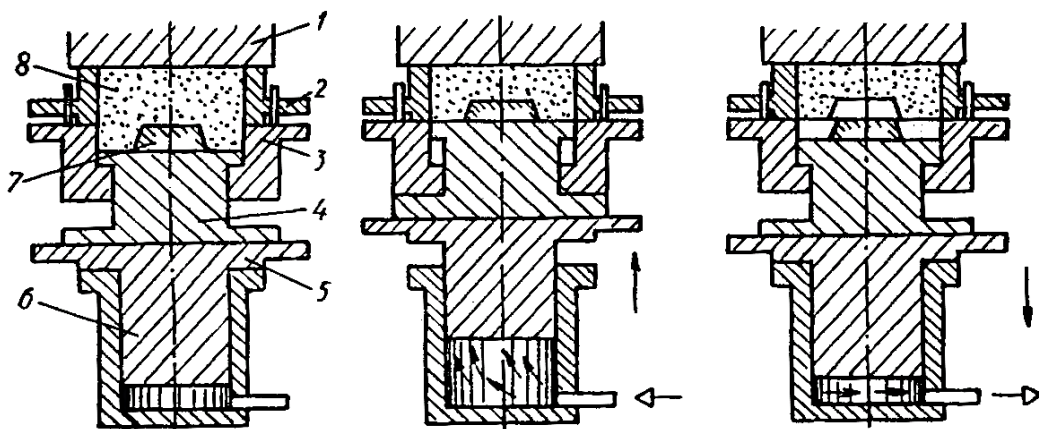


Рисунок 10. Схема формувальної машини: 1 — плунжер; 2 — опока; 3 — стіл; 4 — плита модельна; 5 — корпус; 6 — поршень; 7 — модель

Застосовується формування у двох опоках за роз'ємною або нероз'ємною моделлю.

Заливання ливарних форм.

Заливання ливарних форм – процес заповнення порожнини ливарної форми розплавленим металом із ковшів. Ківш з розплавленим металом від плавильних печей до місця розливу переміщують мостовим краном або монорейковим шляхом. При підвищеній температурі заливання зростає рідкотекучість металу, покращується наповнення виливків, але гарячий метал більш газонасичений, окислюється, викликає пригар на поверхні виливка. Низька температура заливання збільшує небезпеку не заповнення порожнини форми, захоплення повітря; погіршується живлення виливка [1].

Охолодження виливків.

Охолодження виливків у ливарних формах після заливання продовжується до температури вибивання. Невеликі тонкостінні виливки охолоджуються у формі кілька хвилин, а товстостінні, масою 50-60 т, - протягом кількох діб і навіть тижнів. Для скорочення тривалості охолодження виливків використовують методи примусового охолодження: форми обдувають повітрям; у форми при формуванні укладають змійовики або труби, якими пропускають повітря або воду [1].

Вибивання, обрубання та очищення виливків.

На потокових та автоматичних лініях виливки видавлюють із опоки з частиною суміші, а потім звільняють від суміші на вибивних решітках.

Залишки стрижнів після вибивання форм видаляють з виливків пневматичними зубилами, на вібраційних машинах, в гідравлічних камерах і електрогідравлічних установках.

Від ливників виливки відокремлюють за допомогою молотків і пневматичних зубил, абразивних кругів і пресів, стрічкових і дискових пил, також використовують дугове, газове або анодно-механічне різання. У деяких випадках ливники відрізають на токарних верстатах.

Ливники від чавунних виливків легко відбиваються при слабкому ударі. Від дрібних виливків вони відокремлюються переважно при вибиванні форм. Ливники, що залишилися на виливках, відбивають молотками або обламують на пресах. Ливники від великих виливків з вуглецевих і низьколегованих сталей відокремлюють дуговим та газовим різанням. Для сталевих виливків застосовують механічне або анодно-механічне різання. Стрічкові та дискові пили, механічні преси широко використовують для відрізання ливників від виливків з алюмінієвих, магнієвих та мідних сплавів.

Чавунні та сталеві виливки зазвичай піддають дробеструйному очищенню (рис. 11). На поверхню, що очищається дріб подається металевими головками 1 у вигляді турбінок, що обертаються з частотою до 3000 хв⁻¹.

Дріб, що викидається великою відцентровою силою, вдаряється об поверхню виливків 2 і очищає її при обертанні підвіски 3.

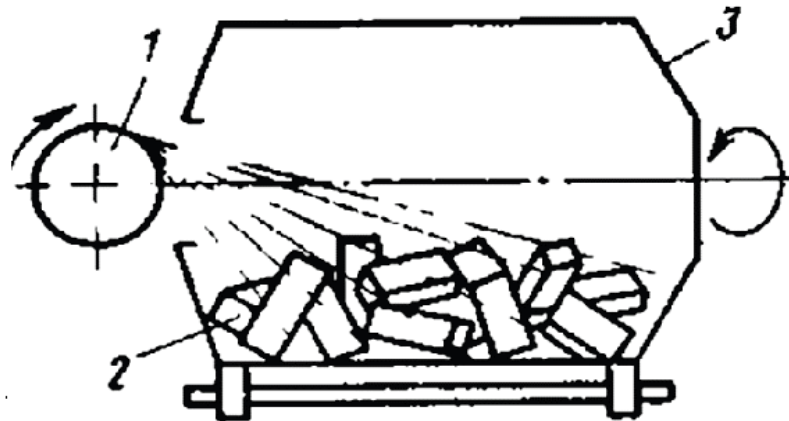


Рисунок 11. Схема дробеструйного очищення виливків

Очищення виливків галтуванням здійснюють в барабанах в результаті їх взаємного тертя.

Дробеструйному очищенню не можна піддавати виливки з м'яких сплавів, так як це погіршує якість їх поверхонь. Для очищення виливків із алюмінієвих сплавів замість чавунного дробу використовують шматочки алюмінієвого дроту [4].

Литво в разові піщані форми – універсальний і найстаріший спосіб, який дозволяє отримувати заготовки з різних матеріалів з широким діапазоном розмірів. Метод одержання заготовок литвом у піщано-глинисті форми внаслідок своєї універсальності застосовується у всіх типах виробництва. Цим методом проводиться виготовлення близько 80 – 85% литих заготовок. Можуть бути отримані найскладніші виливки, практично необмежених розмірів. Виливки мають рівномірну структуру й характеризуються доброю оброблюваністю різанням.

В масовому виробництві здебільшого використовується машинне формування в опоках (дві або три) за металевими моделями. Все частіше форми виготовляються з використанням рідинно-наливних швидкотвердіючих сумішей на рідкому склі.

Точність виливок в цілому характеризується класом розмірної точності, ступенем жолоблення, ступенем точності поверхонь, класом точності маси і регламентується ГОСТ 26645-85.

При цьому методі литва ливарні нахили становлять: 1–3⁰ – для дерев'яних моделей, 1–2⁰ – для металевих моделей при ручному формуванні, при машинному – 0,5-1⁰. Мінімальна товщина стінки в чавунних заготовках середніх габаритів (до 250 мм) – 3–5 мм, в сталевих – 5–8 мм.

До недоліків цього методу відносяться: великі витрати металу й формувальних матеріалів, більші припуски на механічне оброблення, більші виробничі площі, більші капітальні витрати для створення нормальних умов праці, значна кількість браку.

13.2. Лиття в стрижневі форми

Стержневі форми застосовуються для виготовлення відповідальних деталей складної конфігурації (циліндри двигунів). Форма збирається із стержнів за шаблонами і кондукторами. Лиття в стрижневі форми забезпечує отримання заготовок високої точності з шорсткістю поверхонь $Rz\ 160\text{--}320$ мкм. Застосування формування в стержнях при виготовленні вилівка повинно бути обґрунтовано економічною доцільністю (в порівнянні з формуванням за моделями).

14. ЛИТТЯ В КОКІЛЬ (ПОСТІЙНІ ФОРМИ)

Сутність процесу – виготовлення вилівок заливанням розплавленого металу в металеві ливарні форми багаторазового використання – кокілі з подальшим затвердінням залитого металу, охолодженням вилівка та вилучення його з порожнини форми [4].

Кокіль – це металева форма, робочі стінки якої виконані з чавуну, сталі, міді або алюмінію (АЛ 11) з водяним охолодженням. Матеріалом форм зазвичай є чавун.

Стінки кокіля покривають тонкошаровими та товстошаровими фарбами. Для великих вилівок товщина стінок кокіля ≥ 30 мм. Його використовують багаторазово. З його допомогою виготовляють вилівки зі сталі, чавуну та кольорових металів у серійному та масовому виробництвах. Порівняно з литтям у піщані форми при литті в кокіль витрата металу зменшується на 10 - 20% за рахунок скорочення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків та високої точності розмірів зменшується в 1,5-2,0 рази. Лиття в кокіль доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при отриманні з кожної форми не менше 300 - 500 дрібних або 50 - 200 середніх вилівок на рік, а також для виготовлення вилівок простої конфігурації з мідних, алюмінієвих та магнієвих сплавів, а також із сталі та чавунів [4].

Точність вилівок відповідає 12 - 15 квалітету. Шорсткість поверхонь $Ra\ 8 - 100$ мкм.

Литво в постійні металеві форми – кокілі дозволяє збільшити продуктивність, збільшити точність і зменшити шорсткість поверхонь, зменшити витрату металу й формувальних матеріалів, припуски на механічне оброблення, поліпшити механічні властивості матеріалу, зменшити

собівартість виливків і кількість браку. Крім того, литво в кокіль підвищує продуктивність в 2 – 3 рази (порівняно з литвом в разові форми), затрати на формувальні матеріали знижуються на 50 – 70%.

Цей метод застосовується в більшості випадків для отримання заготовок з кольорових сплавів, наприклад, поршнів двигунів внутрішнього згорання. Але в металеві форми можуть відливатися також чавунні і сталеві заготовки. Стрижні в цьому випадку роблять піщаними, і тому отвори і порожнини, отримувані за допомогою піщаних стрижнів, виконують без ливарних нахилів.

Точність розмірів заготовок – 5–8 клас, шорсткість поверхонь в межах $Rz\ 20 - 80\ \mu\text{м}$.

Стійкість коклів становить: при литві кольорових сплавів – до 150 тис. заливань, при литві чавуну – до 1 – 5 тис. заливань, сталі – не більш 100 – 500 заливань.

Метод економічно доцільний при величині партії не менше 300 дрібних або 50 великих виливків.

До недоліків литва в кокіль відносяться:

- необхідність спрощення конфігурації виливків і збільшення товщини стінок порожнистих виливків;
- утруднення виходу газів з форми, і як наслідок – можливість утворення газових раковин;
- можливість появи вибіленого шару на поверхні чавунних заготовок.

За конструктивним принципом кокілі ділять на нероз'ємні (рис. 12) і роз'ємні (з вертикальною, горизонтальною, криволінійною площиною роз'єму) (рис. 13).

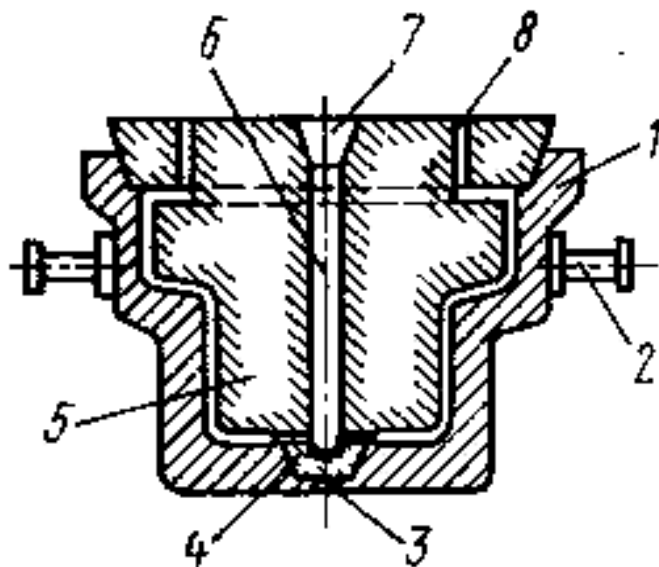


Рисунок 12. Конструкція нероз'ємного коклія для алюмінієвого виливка:
1 – корпус коклія; 2 – цапфи для повороту коклія при вибиванні виливка;
3 – вентиляційні отвори; 4 – стрижнева вставка; 5 – стрижень із верхнім грибоподібним знаком; 6 – стояк; 7 – ливникова лійка; 8 – отвори для виходу газів [1]

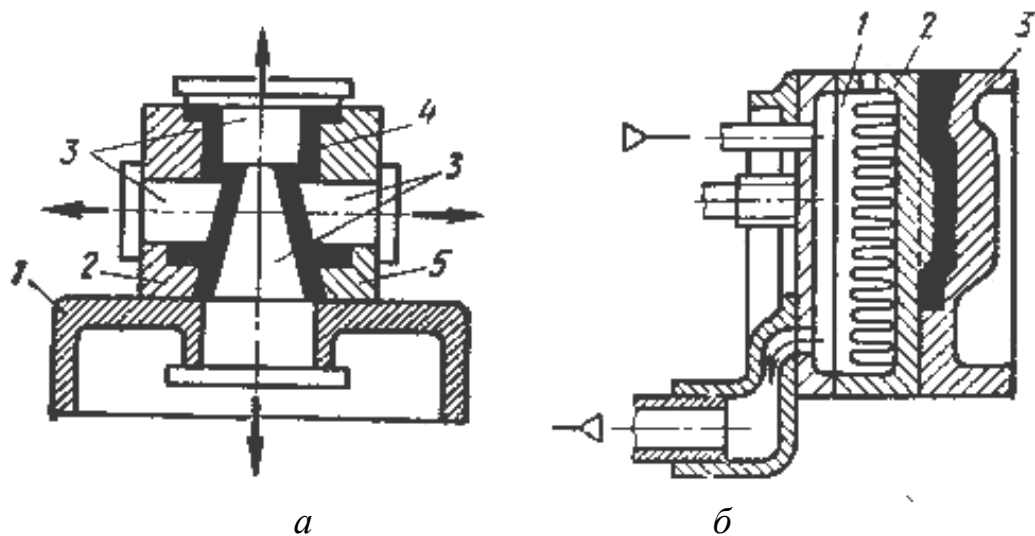


Рисунок. 13. Конструкції кокілів: *a* – роз’ємного зі стрижнями: 1 – плита основи кокіля; 2 – ліва напівформа; 3 – металеві стрижні; 4 – виливок; 5 – права напівформа; *б* – з водяним охолодженням лівої напівформи: 1 – порожнина в лівій напівформі для подачі до неї води; 2 – ліва напівформа; 3 – права напівформа [1]

У ливарних цехах використовують універсальні кокільні машини, кокільні автомати карусельного типу, а також цілі лінії з комплексною автоматизацією та механізацією всіх технологічних процесів, починаючи від плавлення металу та закінчуючи упаковкою продукції.

Процес виготовлення виливків у кокіль складається з таких операцій:

- підготовка кокілів (очищення, нагрівання, нанесення на робочі поверхні покриття);
- складання кокілів (установка стрижнів, закриття та закріплення частин кокілей);
- заливання рідким металом;
- видалення виливків із кокіля після їх охолодження;
- обрубкування, очищення, термооброблення виливків.

Переваги способу:

- кокіль використовують багаторазово;
- висока точність;
- збільшується механічна міцність виливків, особливо поверхневого шару;
- збільшується вихід придатного литва;
- Вимога до деталей:
 - товщина стінок виливків із кольорових металів повинна бути не менше 2 мм, із чорних - 4 – 5 мм;
 - нахил стінок не менше 1°–2°(зовнішніх), внутрішні стінки - 2°–10°;
 - виливки не повинні мати різких переходів від товстих перерізів до тонких, виступаючих частин та заглиблень, що ускладнюють усадку металу.

Усі виливки поділяються на 7 груп (рис. 14):

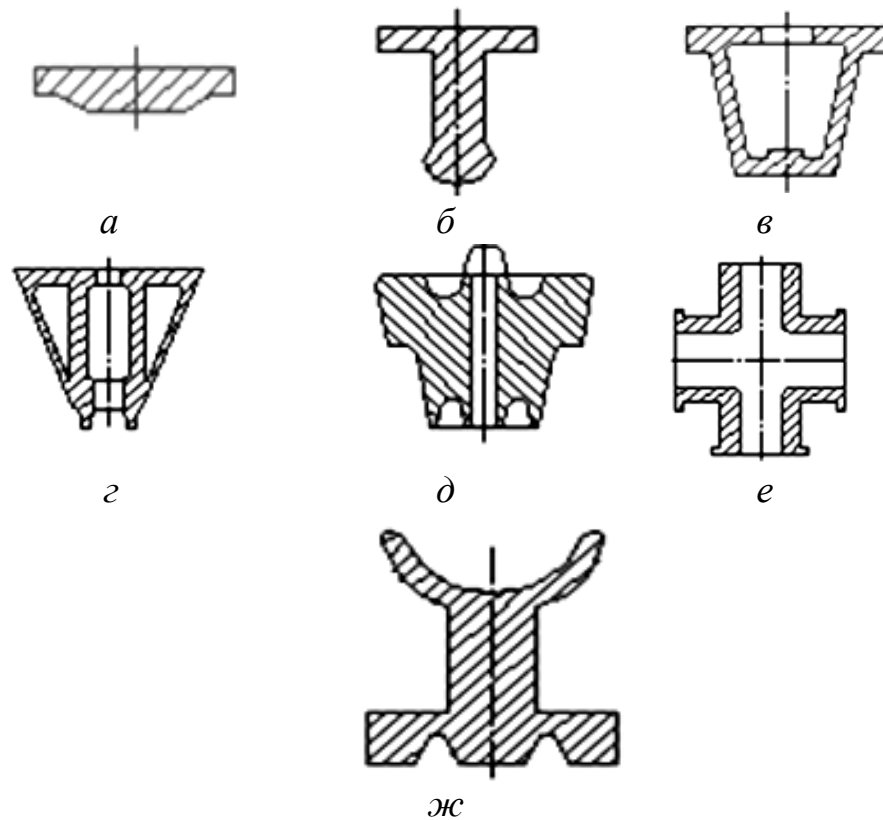


Рисунок 14. Групи виливок в кокіль [3]

- прості, виготовлені без стрижнів, легко видаляються із форми (*a*);
- прості, що мають на поверхні ребра та виступи, виготовляють без стрижнів, легко видаляються з форми (*б*);
- прості, виготовляють із піщаним стрижнем, легко видаляються з форми (*в*);
- зі складним контуром, що виготовляються з декількома стрижнями (*г*);
- з фасонним контуром, виготовляються з одним або декількома стрижнями (*д*);
- з фігурним контуром, виготовляють із піщаними стрижнями, мають симетрично розташовані фланці, ребра та бобишки (*е*);
- зі складним контуром; кокіль має кілька площин роз'єму (горизонтальних та вертикальних) (*ж*).

Залежно від конструкції виливки кокілі можуть бути без роз'єму або з роз'ємом: вертикальним, горизонтальним або комбінованим.

Без роз'єму застосовують для виливків 1; 3 та 5 груп. Кокіль з вертикальним роз'ємом приймають для виливків 2 та 4 груп. З горизонтальним роз'ємом – великі виливки 4 і 5 групи. З комбінованим роз'ємом – для складних виливків.

Технологічний процес лиття в кокіль вимагає спеціальної підготовки кокіля до заливання і включає такі операції:

- очищення робочої поверхні кокіля від залишків відпрацьованого покриття, забруднень та корозії;
- нанесення (пульверизатором або пензлем) на попередньо підігріті робочі поверхні кокіля спеціальних теплоізоляційних шарів та протипригарних фарб;
- нагрівання або охолодження кокіля до оптимальної (для кожного сплаву) температури в межах 115 – 475 °С;
- складання форми;
- заливання розплаву у форму;
- охолодження виливків до встановленої температури вибивання;
- розбирання кокіля із вилученням виливки.

Для видалення повітря і газів з робочих порожнин кокілів широко використовують зазори між елементами форми – роз'ємні та нероз'ємні стики деталей кокіля. На цих стиках утворюють газовідвідні (вентиляційні) канали глибиною 0,2-0,5 мм, виконуючи їх у вигляді рисок-насічок або тонких щілин. Глибокі порожнини вентилюються через вентиляційні пробки, що спеціально встановлюються в стінках кокіля, і голчасті вставки, що мають газовідвідні зазори.

Недоліками лиття в кокіль є:

- трудомісткість виготовлення кокілів;
- їх висока вартість;
- відсутність податливості, особливо при отриманні складних фасонних виливків із сталевих легованих сталей і тугоплавких металів.

15. ЛИТТЯ В ОБОЛОНКОВІ ФОРМИ

Лиття в оболонкові форми широко застосовується як для чорних, так і кольорових металів. Цей метод дає, в порівнянні з литвом у піщано-глинисті форми, вищу точність і меншу шорсткість поверхні, малі припуски на оброблення, зниження трудомісткості для всіх елементів процесу, високу продуктивність, зменшення кількості формувальних сумішей у кілька разів, поліпшення умов праці, можливість впровадження комплексної автоматизації.

Способом лиття в оболонкові форми отримують виливки з будь-яких сплавів. У порівнянні з литтям у піщані форми забезпечується: зменшення шорсткості поверхні, поліпшення товарного вигляду, скорочення до 10 разів обсягу переробки формувальних матеріалів, зниження в 2 рази капітальних витрат, зменшення металоємності формувального обладнання.

Литтям в оболонкові форми отримують виливки масою від 0,25 до 100 кг практично з будь-яких ливарних сплавів.

Цим способом виготовляють ребристі мотоциклетні циліндри. Литвом в

оболонкові форми одержують заготовки для колінчастих валів автомобільних і тракторних двигунів з високоміцних чавунів з глобулярним графітом. Литі колінчаті вали вирізняються більшою точністю виконання розмірів, мають менші припуски на механічне оброблення, ніж штамповані.

Лиття в оболонкові форми – це спосіб отримання виливків вільним заливанням розплаву в оболонкових формах.

Оболонкова форма – разова ливарна форма, виготовлена із двох скріплених рельєфних напівформ із товщиною стінок 6-10 мм.

Оболонкові форми виготовляють із суміші, що складається з дрібного кварцового піску і зв'язки – фенолформальдегідної порошкоподібної терморективної смоли (пульвербакеліту) на спеціальних автоматичних або напівавтоматичних машинах.

Сутність способу полягає у вільному заливанні металу в оболонкову разову форму. Матеріали виливків: сталь, чавун, кольорові сплави.

Точність основного розміру виливків відповідає 11 - 15-му квалітету (ГОСТ 25347-82), параметр шорсткості Rz 20 - 160 мкм. Маса виливки до 200 кг.

Спосіб застосовують у серійному та масовому виробництвах [4].

Основні технологічні операції отримання виливків:

- виготовлення оболонок;
- складання (з'єднання) оболонок у форми;
- встановлення форм під заливання металом;
- плавлення металу та заливання форм;
- кристалізація;
- вибивання;
- кінцеве оброблення виливків.

Недоліки: висока вартість смоли для зв'язки, шкідливість процесу виготовлення форм, недостатня міцність оболонок.

Оболонкові форми можуть бути: піщано-смоляні, що хімічно твердіють і рідкоскляними.

Процес отримання оболонкових роз'ємних форм і оболонкових стрижнів базується на тому, що ряд терморективних смол має властивість плавитись, а потім не зворотно тверднути під дією підвищених температур. Схема виготовлення оболонкової форми приведена на рис. 15.

Металева модель, нагріта до температури 200 – 250°C, занурюється у формувальну суміш, котра складається з 90–95% піску і 5–10% порошкоподібної терморективної смоли (пульвербакеліт). Шар суміші, що прилягає до плити, нагрівається, терморективна смола розплавляється і створює навколо моделі і модельної плити оболонку товщиною 6 – 10 мм. Після видалення сипкої суміші модельна плита розміщується в печі і

нагрівається до температури 350 – 370°C. Смола переходить у твердий стан і на моделі утворюється достатньо міцна оболонка.

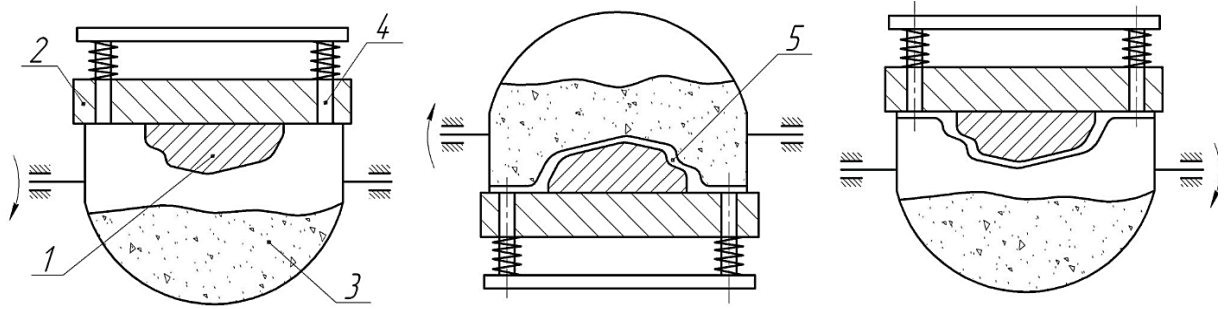


Рисунок 15. Схема виготовлення оболонкової форми:
1 – модель; 2 – підмодельна плита; 3 – піщано-смоляна суміш;
4 – виштовхувачі; 5 – оболонкова форма [1]

В подальшому моделі виймаються і утворюється дві півформи, які з'єднуються разом, встановлюються в контейнер і засипаються піском, щоб уникнути їх руйнування в процесі заливання.

Форми характеризуються хорошою газопроникністю і малою теплопровідністю. Точність заготовок до 4 – 5 класу (7 клас гарантується), шорсткість поверхні Rz 20 – 40 мкм [2].

Для виготовлення оболонкових форм застосовують і хімічно тверді складові: пісок, рідке скло, вуглекислоту.

Недоліки литва в оболонкові форми – дороге й складне оснащення, дорогі формувальні суміші, які, як правило, не підлягають регенерації, необхідність виготовлення точних металевих моделей.

Переваги способу лиття в оболонкові форми:

- можливість отримання тонкостінних виливків складної форми;
- гладка та чиста поверхня виливків;
- невелика витрата суміші, в 8 – 10 разів менше, ніж при литті в піщано-глинисті форми;
- якісна структура металу за рахунок підвищеної газопроникності форм та регулювання тепловідведення;
- широка можливість автоматизації;
- невеликі допуски на обробку різанням.

Недолік цього способу полягає у високій вартості матеріалів, оснащення та обладнання. Витрати на матеріали, оснащення та обладнання окупаються при великих програмах випуску виливків, тобто у крупносерійному та масовому виробництвах [2].

16. ВІДЦЕНТРОВЕ ЛИТВО

Відцентрове литво – спосіб отримання виливків, як правило, в металевих формах, при якому розплавлений метал під дією відцентрових сил відкидається до стінок форми і твердне, утворюючи вилівок. Квалітети точності 9 – 14. Клас точності основного розміру 9-й. Шорсткість поверхні $Rz\ 20 - 80\ \mu\text{m}$ [4].

Відцентрове литво застосовується для одержання виливків типу тіл обертання (труб, дисків, втулок, циліндрів, шпинделів) і фасонних виливків зі сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів. Схема відцентрового литва приведена на рис. 16

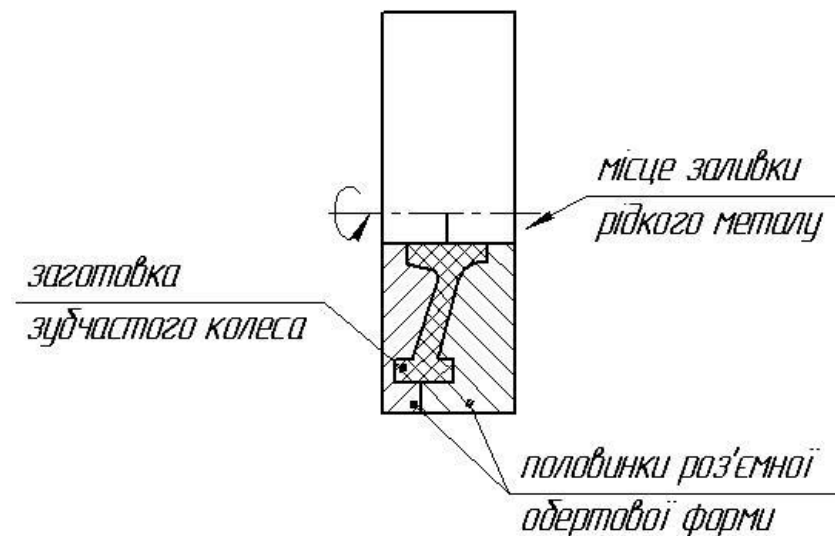


Рисунок 16. Схема відцентрового литва

Відцентровим способом литва отримують виливки з чавуну, сталі та кольорових сплавів (алюмінію, цинку, міді, титану та ін.) на ливарних відцентрових машинах.

Внутрішня поверхня виливка при відцентровому литті формується без безпосереднього контакту з ливарною формою та без стрижнів [2].

Цей спосіб литва дозволяє одержати, в порівнянні з попередніми способами, вищу якість структури внаслідок більш організованого розміщення атомів металу, менші витрати металу (відсутні ливникові системи), меншу кількість браку – вихід придатного литва досягає 95% (на 20 – 60% більше, ніж при литві в піщано-глинисті форми), зниження собівартості виготовлення виливків на 20 – 40 %.

Спосіб відцентрового литва має кілька різновидів. Залежно від розташування осі обертання відцентрові машини поділяються [1]:

- на машини з горизонтальною (рис. 17, а);
- вертикальною (рис. 17, б);
- похилою віссю обертання.

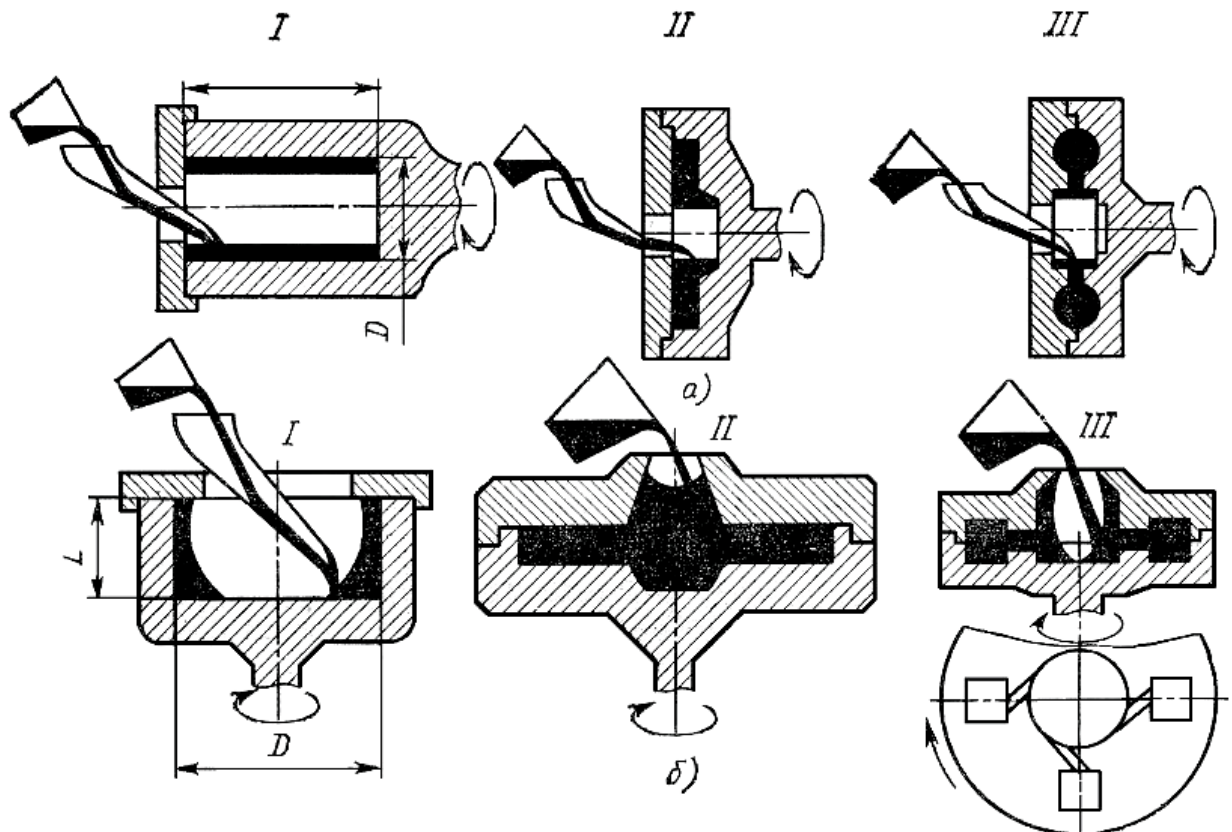


Рисунок 17. Схеми відцентрового литва

Розплав металу заповнює порожнину ливарної форми і твердне під впливом відцентрової сили P , що значно перевищує силу тяжіння Fm .

Відцентрова сила діє на метал при частоті ω обертання форми:

$$P = m r \omega^2,$$

де m – маса рідини, що обертається в розглянутій точці, кг;

r – радіус обертання, м;

ω – кутова швидкість, рад/с.

При оптимальній частоті обертання відбувається хороше заповнення форм рідким металом, неметалеві включення, шлаки та газова пористість відтісняються до внутрішньої поверхні виливків. У разі перевищення оптимальних значень частоти обертання у виливку зростає ліквіація, а також небезпека утворення в ній тріщин через зростання тиску. При невисоких частотах обертання виливок погано очищається від шлаків і газів, внаслідок чого набуває поверхні із підвищеною шорсткістю.

Форма перед заливкою в неї рідкого сплаву приводиться в швидке обертання і обертається до моменту повного затвердіння заготовки. Цим методом можна отримувати заготовки будь-якого складного профілю.

Застосовують два способи отримання фасонних заготовок:

1 – для отримання порівняно великих заготовок (зубчатих коліс зі ступицями), їх розташовують в формі так, щоб їх вісь співпадала з віссю

обертання машини;

2 – для отримання невеликих заготовок форми зміщують відносно осі обертання машини, але заповнення їх відбувається як і раніше під дією відцентрової сили, яка сприяє отриманню щільніших і чистіших заготовок.

Точність розмірів відцентрового литва – 7 – 8 клас, шорсткість поверхні Rz 160 – 320 мкм, матеріал має щільну кристалічну структуру, всі шлакові включення залишаються на внутрішній поверхні заготовки.

Метод застосовується для виготовлення біметалічних заготовок як шляхом заливання металу на тверду поверхню, так і шляхом послідовного заливання рідких металів. В останньому випадку можна отримувати не тільки двох, але і трьох шарові відливки.

Ливарні форми попередньо нагрівають до 300 С або охолоджують, потім на робочу поверхню наносять вогнетривке покриття у вигляді фарб, облицювань з сипких матеріалів. Це підвищує стійкість форм, знижує швидкість охолодження виливка, попереджає утворення спаїв та тріщин [7].

Цей спосіб литва широко використовується в промисловості, особливо для отримання пустотілих виливків з вільною поверхнею – чавунних та сталевих труб, кілець, втулок, циліндричних або конічних барабанів та ін.

Фасонні виливки отримують у відцентрових машинах з вертикальною віссю обертання в піщаних, металевих, керамічних та інших формах.

Переваги даного способу лиття:

- високий вихід придатного литва (90 – 95%);
- отримання високої щільності і дрібнозернистості металу за рахунок великих швидкостей охолодження;
- можливість отримання тонкостінних виливків зі сплавів з низькою рідкотекучістю;
- можливість отримання двошарових виливків (по черзі заливають у форму різні сплави: сталь-бронза, сталь-чавун та ін.);
- велика продуктивність та можливість автоматизації.

Недоліки способу:

- хімічна неоднорідність у товстостінних виливках; можливість деформації форми під тиском рідкого металу;
- різниця за висотою виливків, отриманих у відцентрових машинах з вертикальною віссю обертання;
- високі внутрішні напруження в поверхневому шарі, що сприяють утворенню тріщин;
- обмеженість конфігурації й розмірів виливків;
- складність форми для виливків складної конфігурації.

17. ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Лиття під тиском – спосіб отримання виливків зі сплавів кольорових металів та сталей, що максимально наближає розміри та форму виливки до розмірів та форми готової деталі.

Лиття під тиском застосовується для виготовлення складних тонкостінних заготовок з глибокими порожнинами з кольорових сплавів. (Рідше застосовується литво під тиском дрібних сталевих деталей).

Лиття під тиском проводиться на спеціальних ливарних машинах (рис. 18) з горизонтальними або вертикальними камерами пресування; різновидом литва під тиском є литво із застосуванням вакууму.

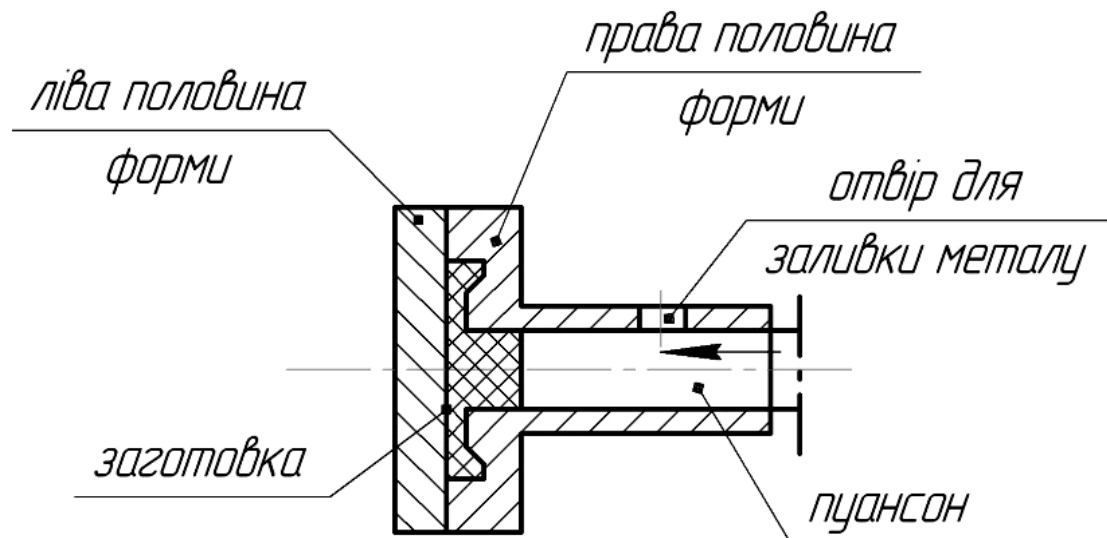


Рисунок 18. Схема дії машини для литва під тиском

Сучасні автомати для литва під тиском виливків масою до 300 г забезпечують продуктивність до 6000 – 8000 виливків за годину.

Рідкий метал стискається пресувальним пуансоном (рис. 18) і подається під тиском 1500 – 2000 кг/см² в роз'ємну металеву форму, що складається з 2-х половинок. Машина для литва під тиском дозволяє отримувати заготовки з алюмінієвих сплавів вагою до 34 кг.

Товщина стінки може досягати до 0,6 мм при литві заготовок з легких сплавів і 1 мм – з алюмінієвих сплавів. В заготовці можна отримати навіть різьбу в отворі (за допомогою різевих пробок-стрижнів, які викручуються з заготовки після її затвердіння), а також можна армувати її деталями з інших матеріалів. На поверхні заготовки легко отримати різні написи, заводські знаки, тавро.

Точність розмірів заготовки – 4 5 клас. Заготовки одержують з малою шорсткістю поверхонь ($Rz \leq 20$ мкм). Часто такі заготовки не потребують механічного оброблення. Поверхнева ливарна кірка досягає товщини

0,4–0,6 мм і вирізняється високою міцністю.

У виливок, одержаних таким способом, підвищена міцність на 25 - 40% порівняно з литвом у піщано-глинисті форми. Спосіб дозволяє зменшити або повністю усунути припуски на оброблення, здійснити високу автоматизацію процесу, поліпшити умови праці, скоротити виробничий цикл.

Цей спосіб широко застосовують у серійному й масовому виробництві при виготовленні невеликих деталей складної форми.

Лиття під тиском здійснюється у металевих формах. Цьому способу так само, як литтю в кокіль, відповідають дуже малі часи охолодження та кристалізації виливків.

Литі заготовки отримують під високим та регульованим тиском [4].

При литті під тиском металева форма (прес-форма) заповнюється розплавом під надлишковим тиском (до 300 МПа) так само, як і формування виливки. Завдяки цьому надійно забезпечується заповнюваність форми навіть за зниженої температури заливання розплаву. Після застигання виливки форма роз'єднується і виливок витягується [2].

Відповідно класи точності розмірів для виливків із кольорових сплавів, чавунних та сталевих за ГОСТ 26645–85 3т–9 (*IT9–IT12*) та 5т–13т (*IT10–IT13*). У дужках зазначено квалітет точності виливки, що відповідає класу точності розмірів за ГОСТ 25347-82.

Шорсткість поверхонь виливок від $Rz\ 2,5$ до $Rz\ 40$ мкм.

Литво під тиском, у порівнянні з іншими способами лиття, є найточнішим. Виготовляють виливки з магнієвих, цинкових сплавів і латуні, бронзи, титану, сталі та чавуну [4].

На рис. 19 показана технологічна схема отримання виливки.

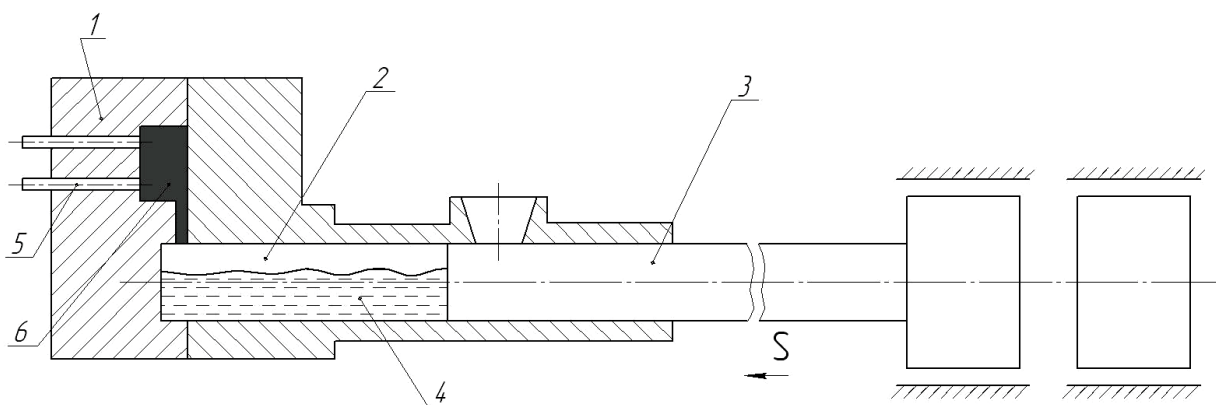


Рисунок 19. Схема холодної горизонтальної камери пресування: 1 – прес-форма; 2 – камера пресування; 3 – поршень; 4 – розплав; 5 – виштовхувачі виливків; 6 – виливок [1]

Для цинку швидкість переміщення розплаву $V = 100$ м/с,
 $P = 10-11$ МПа [1].

Особливості способу лиття під тиском обумовлені умовами заповнення прес-форм та виливків. Розплавлений метал заповнює прес-форму за частки секунди (0,001-0,6 с) при швидкості до 120 м/с.

З такою швидкістю надходження металу у форму турбулентний потік металу, ударяючись об стінку форми, розбивається на окремі краплини.

При цьому відбувається забивання вентиляційних каналів дрібнодисперсними краплями металу. Вихровий потік розплаву захоплює гази – компоненти повітря і пару від змащувального матеріалу, що залишилися в порожнині форми, утворюючи при цьому газо-металеву емульсію, що твердне у формі.

Внаслідок цього виливки мають специфічний дефект – газову пористість, низьку густину, незадовільну пластичність і механічні властивості. Їх не можна піддавати термічній обробці, тому що при нагріванні поверхня деформується внаслідок розширення газу в порах.

У момент закінчення заповнення порожнини форми сплав, що рухається з великою швидкістю, миттєво зупиняється. Енергія руху потоку перетворюється на енергію тиску, який миттєво підвищується. Відбувається гідравлічний удар, що діє протягом малого часу. Підвищений тиск притискає метал до робочої поверхні прес-форми і сприяє чіткому формуванню конфігурації виливки [2].

Порівняно з кокільним литтям на 1 – 2 класи підвищується точність розмірів, в 2 рази зменшуються припуски на обробку, в 1,5 – 2 рази підвищується продуктивність (менше часу потрібно для затвердіння виливка).

Виготовляють виливки складних контурів (зовнішніх, внутрішніх), литі вузли зварно-литих конструкцій.

Переваги даного виду литва:

- висока продуктивність;
- точність розмірів та добра якість поверхні виливків;
- автоматизація процесів лиття;
- зниження в 10 разів трудомісткості виготовлення виливків порівняно з литтям у піщані форми;

– виливки виходять з мінімальними припусками і можуть не потребувати механічної обробки;

– деталі виготовляються з готовою різьбою.

Недоліком способу є:

- необхідність застосування складних форм і спеціального устаткування;
- висока вартість прес-форм та обладнання;
- обмеженість габаритних розмірів та маси виливків;
- наявність повітряної пористості в масивних частинах виливків, що знижує міцність деталей та ін.

Литво під тиском використовують у масовому та крупносерійному виробництвах виливків [2].

18. ЛИТТЯ ЗА ВИПЛАВЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

Лиття за виплавлюваними моделями – це спосіб отримання фасонних відливок з металевих сплавів у нероз'ємній оболонковій формі, робоча порожнина якої утворена видаленням ливарної моделі випалюванням, розчиненням або виплавленням у гарячій воді.

Точність основного розміру виливки 3 - 9 ГОСТ 26645-85, що відповідає 10 - 14 квалітетам ГОСТ 25347-82. Шорсткість поверхні Rz 10 - 20 мкм. Цей метод литва застосовується в серійному та масовому виробництвах, а також дослідному та дрібносерійному виробництвах [4].

Оскільки моделі (з суміші парафіну із стеарином) виплавляють з форм, то модель виготовляється без нахилів, а форма не має роз'єму – цим забезпечується висока точність заготовки. Цілі вузли можуть бути замінені однією цільною деталлю, що дозволяє знизити розхід металу.

Область застосування – виливки з високолегованих сталей та сплавів (лопатки газотурбінних двигунів, клапани, шестерні, різальні інструменти). Маса виливки від 0,10 до 40 т.

Видалення залишків модельних складників та зміцнення оболонки досягається прожарюванням форми при високій температурі. Заповненню тонких і складних конфігурації порожнин форми сприяє її нагрівання перед заливанням.

Технологія лиття за моделями, що виплавляються, є багатоопераційною.

Разові моделі, що виплавляються, виготовляють у прес-формах з модельних складників, що складаються з двох або більше легкоплавких компонентів (парафіну, стеарину, воску, каніфолі).

Виплавлювану модель 3 (рис. 20) виливка 1 отримують шляхом заповнення металеві прес-форми 2 рідким або пастоподібним модельним складником (віск, парафін) [2]. (рис. 20, а)

Прес-форму заповнюють вільним заливанням або під тиском рідким модельним складом Пастоподібним модельним складом прес-форму заповнюють запресовуванням з 8 – 20% повітря. У прес-формах модельний склад твердне і остигає. Потім моделі виливків вилучають і об'єднують в блоки шляхом з'єднання з окремо виготовленими виплавлюваними моделями ливникової системи 4 (рис. 20, б).

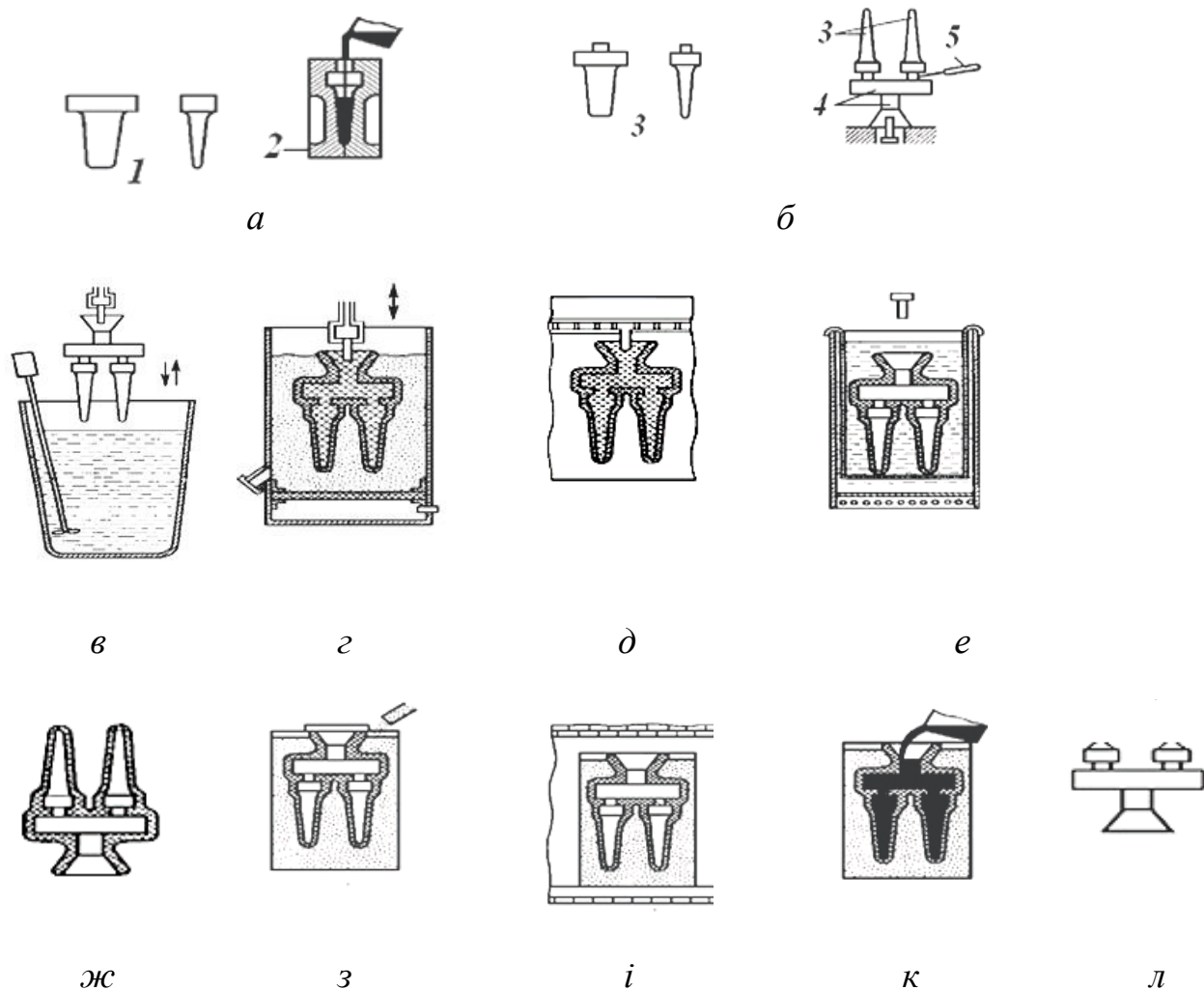


Рисунок 20.Схема процесу виготовлення виливок за виплавлюваними моделями [1]

Для одержання оболонкової форми отриманий модельний блок поміщують у вогнетривку суспензію (пилоподібний кварц, електрокорунд (Al_2O_3) (рис. 20, в), виймають і обсипають піском (рис. 20, г), кварцевим піском. Отримане вогнетривке покриття піддають сушінню на повітрі або в парах аміаку (рис. 20, д). Потім на блок наносяться другий та наступні шари. Перший шар обсипають дрібнозернистим піском (розмір частинок 0,2 – 0,315 мм); наступні шари – крупнозернистим піском.

Зазвичай керамічна оболонка складається з 3 - 8 послідовно нанесених шарів (може досягати 20 і більше), що забезпечують загальну товщину стінок форми від 2 до 5 мм. У ряді випадків допускаються і менші значення товщини стінок (0,5 – 1,5 мм) керамічної оболонки.

Після сушіння останнього шару модель виплавляють. Легкоплавкі склади видаляють у ваннах з гарячою водою (рис. 20, е), а тугоплавкі виплавляють гарячим повітрям, перегрітою парою під високим тиском при температурі до 120 °С і більше, високочастотним нагріванням та ін. Потім оболонкову форму підсушують на повітрі (рис. 20, ж).

Перед заливанням розплавленим металом оболонку засипають в опоку

(рис. 20, з) опорним наповнювачем (частіше кварцевим піском) з метою зміцнення, захисту від різких змін температури при прожарюванні та заливанні металом.

Опорний наповнювач забезпечує тривале збереження високої температури в порожнині форми після прожарювання і, як наслідок, добре заповнення форми металом при литті тонкостінних деталей.

Після цього форма поміщається в піч для прожарювання (рис. 20, і) при температурі 800–1100 °С з метою видалення залишків модельних складів, вологи, продуктів неповного гідролізу, а також завершення процесів її твердіння. Це сприяє покращенню умов заливання металу.

Заливання металу (рис. 20, к) здійснюється у гарячі чи охолоджені форми. Температура форми залежить від складу ливарного сплаву і становить: при заливанні сталі - 800 – 900 °С, сплавів на основі нікелю – 900 – 1000 °С, міді – 600 – 700 °С, алюмінію та магнію – 200 – 250 С [2].

Якість металу вилівка та його властивості залежать від складу сплаву, умов його плавлення та заливання розплаву у форму, а також від характеру процесу кристалізації вилівка.

Завдяки термостійкості і міцності високовогнетривких оболонкових форм при литті за виплавлюваними моделями досить широко використовується спрямована кристалізація вилівоків.

Це забезпечує формування стовпчастої та монокристалічної структур з високим рівнем фізико-механічних та інших експлуатаційних властивостей.

Різновидами способу є: литво за сольовими моделями, що розчиняються, литво за випалюваними моделями.

Недоліком даних способів є складний технологічний процес одержання вилівоків, що вимагає спеціального устаткування й спеціального оснащення, тривалий виробничий цикл.

Перевагами лиття за виплавлюваними моделями є можливість отримання вилівоків складної конфігурації; висока якість поверхні та точність розмірів вилівоків; мінімальні припуски на механічну обробку; використання практично будь-яких сплавів; забезпечення якісної рівноосної, стовпчастої та монокристалічної структури з високим рівнем експлуатаційних властивостей.

До недоліків цього способу лиття слід віднести багатоопераційність, трудомісткість і тривалість процесу, різноманітність матеріалів, що використовуються для виготовлення форми [2].

19. ЛИТТЯ БЕЗПЕРЕРВНИМ СПОСОБОМ

Безперервне лиття – отримання вилівоків великої довжини (рис. 21) переміщенням металу, що твердне, відносно постійної зони кристалізації.

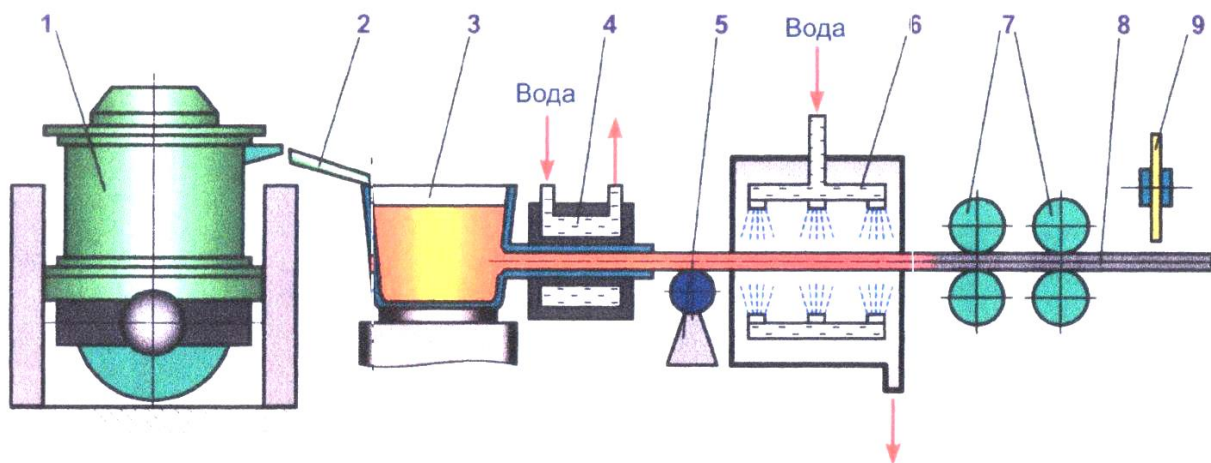


Рисунок 21. Схема установки для горизонтального безперервного лиття:
 1– плавильна піч, 2– прийомний лоток; 3 –піч витримки; 4 – водоохлоджувальний кристалізатор; 5 – стійка; 6 — панель охолодження; 7 — ролики витяжні;
 8 – заготовка; 9 –відрізний круг [3]

Рідкий чавун з металопримача поступає в графітовий кристалізатор (форму), охолоджуваний водою. Безперервний виліток формується в кристалізаторі і витягується.

Автоматична ливарна лінія дозволяє отримати круглі і профільні заготовки (різної конфігурації та різних розмірів у поперечному перерізі (рис. 22) розмірами 200 – 280 мм в один жолоб, січенням у 30 – 180 мм - в два, три і чотири потоки; підвищити продуктивність праці в 3 – 4 рази.

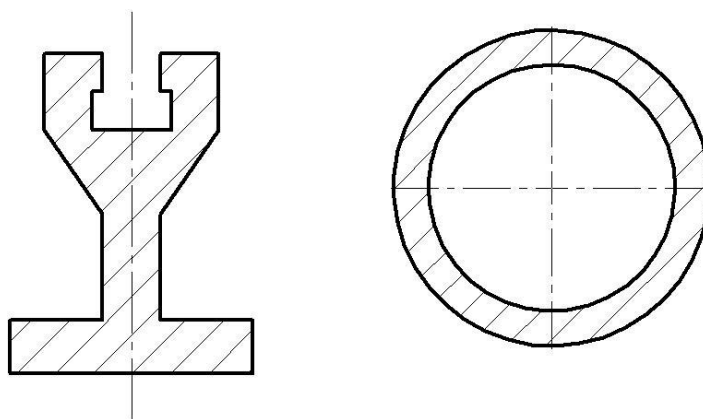


Рисунок 22. Профілі прутків, отриманні безперервним литвом

При цьому методі можна отримати заготовки практично будь-якої довжини.

Установка, що входить в лінію, механічно або плазмовим різанням періодично розділяє прутки на мірні заготовки. Заготовки вирізняються високою чистотою поверхні ($Rz \geq 40$ мкм), точними розмірами (5 клас) і максимально наближується за конфігурацією до готової деталі.

Значно скорочується виробничий цикл, так як виключається виготовлення формувальних і стержневих сумішей, операції вибивання, обрубання і очищення виливків.

20. ОБРУБУВАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ВИЛИВКІВ

Ливникові системи у середніх чавунних заготовок відбиваються механічно при операції вибивання виливки з форми; у великих відливках ця операція проводиться після попереднього підрубання ливника пневматичним зубилом.

В заготовок з легованої сталі для видалення ливникової системи застосовуються дискові пили, а в алюмінієвих заготовок – стрічкові пили. У відливках з вуглецевої сталі ливникова система видаляється різанням полум'ям.

Аналогічними методами, а також фрезеруванням, видаляються припливи.

Очищення зовнішньої поверхні заготовки від припаленої суміші проводиться в простих і дробоструйних барабанах або камерах.

Після видалення ливників і припливів на поверхні заготовки залишаються площадки-виступи; ці ділянки поверхонь не слід використовувати для баз.

21. ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ ВИЛИВКІВ

Вид термообробки (відпал, нормалізація, гартування, відпуск) визначається природою металу, конфігурацією виливка та технічними умовами.

Для чавунних виливків термообробку застосовують для зняття внутрішніх напружень, стабілізації розмірів, зниження твердості і поліпшення оброблюваності, підвищення механічних властивостей або зносостійкості.

Графітізуючий відпал (850 – 980 °С) застосовують для графітізації первинних карбідів у чавунах всіх видів. При отриманні ковкого чавуну з білого цей вид термообробки є обов'язковим. При нормалізації та гартуванні чавунних виливків покращуються їх механічні властивості [5].

Сталеві виливки піддають термічній обробці в два етапи (відпал і нормалізація) для зняття внутрішніх напружень, подрібнення структури та зменшення твердості перед механічною обробкою. При остаточній термічній обробці сталеві виливки піддають нормалізації та відпустку, гартуванню та відпуску.

Якість виливків з алюмінієвих та магнієвих сплавів покращують шляхом старіння, відпалу, гартування або гартування з подальшим штучним старінням.

Режими термічної обробки для різних видів термообробки та матеріалів наведені в табл. 8 [3].

22. ЯКІСТЬ ВИЛИВКІВ

Розповсюджені дефекти виливок (недолив, перекошення, короблення, нарїст, тріщини, газові раковини, шлакові раковини) показані на рис. 23.

Дефекти у виливках виправляють просоченням, зачищенням, заварюванням, металізацією і т.д.

Просочення є основним способом виправлення пористих виливків. Просочення виливків проводять для поліпшення їх герметичності, внутрішньої корозостійкості. Для просочення широко використовують бакелітовий і асфальтовий лаки, натуральну оліфу, рідке скло та етилсилікат.

Таблиця 8

Термічна обробка для покращення властивостей відливок

Термо-обробка	Мета термооб-робки	Режими термообробки									
		Сталь		Чавун		Мідні сплави		Алюмінієві сплави		Магнієві сплави	
		T_{max}	$t, год$	T_{max}	$t, год$	T_{max}	$t, год$	T_{max}	$t, год$	T_{max}	$t, год$
Відпал	Зняття залишкових напружень	750-780	4-14	500-550	6-18	-	-	-	-	225-360	2-4
Високотемпературний відпал	Вирівнювання структури січення	900-1100	3-6	-	-	850-750	2-6	-	-	-	-
Гартування	Збільшення міцності і твердості	900-1100	3-4	830-900	1-3	875-920	2-6	515-525	2-12	-	-
Віпуск	Збільшення пластичності і зняття напружень	120-400	2-4	200-400	0,5-1	410-460	1,5-3	150-220	1-4	-	-
Нормалізація	Подрібнення структури	650-700	2-4	850-950	1-3	850	2-6	-	-	-	-
Старіння	Покращення механічних властивостей	-	-	-	-	-	-	175	5-16	175	5-16
Гомогенізація	Вирівнювання структури вздовж січення	-	-	-	-	-	-	-	-	380-415	10-16

Примітка. T_{max} – максимальна температура нагрівання, °С; t – загальна тривалість обробки (включаючи нагрів і витримку).

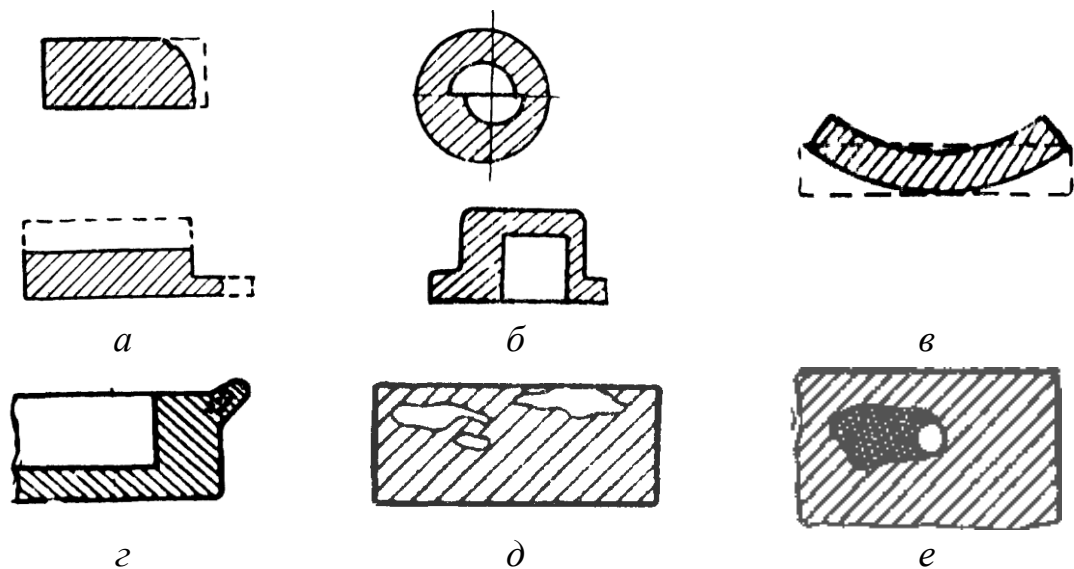


Рисунок 23. Дефекти виливків: *a* – недолив; *б* – перекіс та різностінність; *в* – жолоблення; *г* – наріст; *д* – газові раковини; *е* – шлакові раковини

Зачищення виливків проводять ручним способом, на шліфувальних і наждачних верстатах, в обертових галтувальних барабанах, піскоструминним способом та ін.

Заварювання застосовують для усунення зовнішніх раковин.

Дефекти механічно оброблених сталевих виливків виправляють паянням. Для паяння застосовують тверді припої $Cu - Ni$, $Cu - Ag$ та ін.

Поверхневі дефекти заробляють пастами, що складаються з наповнювача (кам'яного борошна, цементу, металевої стружки), зв'язки (рідкого скла, епоксидної смоли) та затверджувача [4].

Відбілені ділянки на поверхні чавунних заготовок (цементит) різко знижують стійкість різальних інструментів (фрез) і режими різання.

Технологія ливарного виробництва повинна попереджувати утворення окремих ділянок. Якщо ж вони все таки утворились, то такі заготовки слід пом'якшити повним відпалом.

Сталеві заготовки піддають відпалу або нормалізації для зняття внутрішніх напружень.

23. ТОЧНІСТЬ ВИЛИВКІВ

23.1. Номінальний розмір деталі

Номінальний розмір виливка слід приймати рівним номінальному розміру деталі для необроблюваних поверхонь і сумі середнього розміру деталі та загального припуску на обробку – для поверхонь, що обробляються. У похилих, конічних та фасонних поверхонь за номінальний розмір приймають найбільший. Номінальні розміри виливків для різних способів лиття наведено в табл. 9.

Номінальні розміри виливок

Технологічний процес лиття	Найбільший габаритний розмір виливки, мм	Кольорові нетермооброблені сплави	Не термооброблені чорні та кольорові тугоплавкі сплави та термооброблені кольорові легкі сплави	Термооброблені чавунні та кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблені сталеві сплави
Під тиском у металеві форми і за випалюваними моделями з малотерморозширювальних вогнетривких матеріалів (плавленого кварцю, корунда і т.п.)	До 100	3 - 6	3-7т	4-7	5т-8
	>100 » 250	3-7т	4-7	5т-8	5-9т
	» 250 » 630	4-7	5т-8	5-9т	6-9
За випалюваними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100	3-7	4-8	5т-9т	5-9т
	> 100 » 250»	4-8	5т-9т	5-9	6- 10
	250 » 630'	5т-9т	5-9	6-10	7т-11т
За виплавлюваними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100	4-8	5т-9т	5-9	6-10т
	> 100 » 250	5т-9т	5-9	6- 10	7-11
	»250 »630	5-9	6-10	7т-11т	
Під низьким тиском і в кокіль без піщаних стержнів	До 100	5т-9т	5-9	6-10	7т-11т
	> 100 » 250	5-9	6-10	7т-11т	7-11
	»250 »630	6-10	7т-11т	7т-11т	8-12
	» 630 »1600	7т-11т	7-11	8-12	9т-13т
	» 1600 »4000	7-11	8-12	9т-13т	9-13
У піщано-глинисті сирі форми з низьковологих (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа) сумішей, з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць. За газифікованими моделями в піщані форми. У форми, затверді в контакт з холодною оснасткою. Під низьким тиском і в кокіль з піщаними стержнями. В облицьований кокіль	До 100	5-10 6-11т	6-11т 7т-11	7т-11 7-12	7-12 8-13т
	> 100 » 250				
	»250 » 630	7т-11	7-12	8-13т	9т-13
	» 630 »1600	7-12	8-13т	9т-13	9-13
	»1600 » 4000	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	»4000 » 10000	9т-13	9-13	10-14	11т-14

Продовження таблиці 9

У піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5 % і міцністю від 120 до 160 кПа із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче 80 одиниць. Відцентрове литво (внутрішні поверхні). У форми, що твердіють у контакті з гарячою оснасткою. У вакуумно-плівкові піщані форми	До 100	6-11т	7т-11	7-12	8-13т
	> 100 » 250	7т-11	7-12	8-13т	9т-13
	»250 »630	7-12	8-13т	9т - 13	9-13
	» 630 »1600	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	» 1600 »4000	9т-13	9-13	10 - 14	11т-14
	»4000 » 10000	9-13	10 -14	11т-14	11-15
У піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5 % та міцністю від 60 до 120 кПа з рівнем ущільнення до твердості не нижче 70 одиниць. В оболонкові форми з термореактивних сумішей. У форми, що твердіють поза контактом з оснасткою без теплового сушіння. У форми з рідких самотвердіючих сумішей. У піщано-глинисті підсушені та сухі форми. У піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більше 4,5%) низькоміцних (до 60 кПа) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижче 70 одиниць	До 100	7т-11	7-12	8-13т	9т-13
	Зв. 100 » 250	7-12	8-13т	9т-13	9-13
	»250 »630	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	»630 »1600	9т-13	9-13	10-14	11т-14
	»1600 »4000	9-13	10-14	11т-14	11-15
	»4000 »10000	10-14	11т-14	11-15	12-15
	До 100	7-12	8-13т	9т-13	9-13
	>100 » 250	8-13т	9т-13	9-13	10-14
	»250 »630	9т-13	9-13	10-14	11т-14
	» 630 »1600	9-13	10-14	11т-14	11-15
	»1600 »4000	10-14	11т-14	11-15	12-15
	»4000 »10000	11т-14	11-15	12-15	13т-16
	»10000	11-15	12-15	13т-16	13-16

Примітки:

1. У таблиці вказані діапазони класів розмірної точності виливків, що забезпечуються різними технологічними процесами лиття. Найменші їх значення відносяться до простих виливків та умов масового автоматизованого виробництва,

більші – до складних виливків одиничного та дрібносерійного виробництва, середні – до виливків середньої складності та умов механізованого серійного виробництва.

2. До кольорових легкоплавких сплавів віднесені сплави з температурою плавлення нижче 700 °С (973 К), кольорових тугоплавких – сплави з температурою плавлення вище 700 °С (973 К).

3. До легких віднесені сплави із густиною до 3,0 г/см³, важких – сплави із густиною понад 3 г/см³.

Номінальну масу виливка слід приймати рівною масі виливка з номінальними розмірами.

Технологічні напуски встановлює виробник і вказує у кресленнях виливки чи деталі.

Норми точності встановлюють на виливок у цілому, на окремі поверхні та розміри.

23.2. Класи розмірної точності виливків

Точність виливка в цілому характеризують класом розмірної точності виливка, ступенем короблення, ступенем точності поверхонь (табл. 11) і шорсткістю для певного ступеня точності (табл. 10).

Таблиця 10

Відповідність між шорсткістю та ступенями точності поверхонь виливків

Шорсткість поверхні	Значення шорсткості для ступенів точності поверхні виливка										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середнє арифметичне відхилення профілю R_a , мкм, не більше	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
Шорсткість поверхні	Значення шорсткості для ступенів точності поверхні виливка										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Середнє арифметичне відхилення профілю R_a , мкм, не більше	25,0	32,0	40,0	50,0	63,0	80,0	100,0	–	–	–	–
Висота нерівностей профілю R_z , мкм, не більше	–	–	–	–	–	–	–	500	630	800	1000

Степені точності поверхонь виливок

Технологічний процес лиття	Найбільший габаритний розмір виливки мм	Кольорові нетермооброблені сплави	Не термооброблені чорні та кольорові тугоплавкі сплави та термооброблені кольорові легкі сплави	Термооброблені чавунні та кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблені сталеві сплави
Під тиском в металеві форми	До 100	2-6	3-7	4-8	5-9
	> 100 » 250	3-7	4-8	5-9	6-10
	»250 »630	4-8	5-9	6-10	7-11
В керамічні форми, литво за випалюваними моделями	До 100	3-8	4-9	5-10	6-11
	> 100 » 250	4-9	5-10	6-11	7-12
	»250 »630	5-10	6-11	7-12	8-13
Під низьким тиском в кокіль без піщаних стрижнів, відцентрове литво в металеві форми	До 100	4-9	5-10	6-11	7-12
	> 100 » 250	5-10	6-11	7-12	8-13
	»250 »630	6-11	7-12	8-13	9-14
В оболонкові форми з терморективних сумішей. В облицьованний кокіль. У вакуумно-плівкові піщані форми.	До 100	6-12	7-13	8-14	9-15
	> 100 » 250	7-13	8-14	9-15	10-16
	»250 »630	8-14	9-15	10-16	11-17
За газифікованими моделями в піщані форми. В піщано-глинисті сирі форми з низьковологих (до 2,8 %) високоміцних (більше 160 кПа) сумішей. У піщані затверділі, сухі або підсушені форми, пофарбовані покриттями на водній основі, нанесені пульверизатором або зануренням. У кокіль із піщаними стрижнями.	До 100	7-14	8-15	9-16	10-17
	> 100 » 250	8-15	10-17	11-18	12-19
	» 630 »1600	10-17	11-18	12-19	13-19
	» 1600 »4000	11-18	12-19	13-19	14-20

Продовження таблиці 11

У піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5% і міцністю від 120 до 150 кПа із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче 80 одиниць. У піщані затверділі, сухі або підсушені форми, пофарбовані покриттями на водній основі, нанесеними пензлем або покриттями, нанесеними пульверизацією або зануренням.	До 100	8-15	9-16	10-17	11-18
	> 100 » 250	9-16	10-17	11-18	12 - 19
	»250 »630	10-17	11-18	12-19	13- 19
	» 630 »1600	11-18	12-19	13-19	14-20
	» 1600 »4000	12-19	13-19	14-20	15-20
	» 4000 » 10000	13-19	14-20	15-20	16-21
У піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5% і міцністю від 60 до 120 кПа з рівнем ущільнення до твердості не нижче 70 одиниць. У піщані затверділі сухі або підсушені форми, пофарбовані покриттями, нанесеними пензлем.	До 100	9-16	10-17	11-18	12-19
	> 100 » 250	10-17	11-17	11-18	12-19
	»250 »630	11-18	12-19	13-19	14-20
	» 630 »1600	12-19	13-19	14-20	15-20
	» 1600 »4000	13-19	14-20	15-20	16-21
	»4000 » 10000	14-20	15-20	16-21	17-21
У піщано-глинисті сирі форми з високовологих (вище 4,5%) та низькоміцних (до 60 кПа) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижче 70 одиниць. У піщані сухі або підсушені нефарбовані форми. В форми з рідких самотвердіючих сумішей.	До 100	10-17	11-18	12-19	13-19
	> 100 » 250	11-18	12-19	13-19	14-20
	»250 »630	12-19	13-19	14 - 20	15-20
	» 630 »1600	13-19	14-20	15-20	16-21
	» 1600 » 4000	14-20	15-20	16-21	17 - 21
	» 4000 » 10000	15-20	16-21	17-21	18-22
	»10000	16-21	17-21	18-22	19-22

Примітка

У таблиці вказані діапазони ступенів точності поверхні виливків, що забезпечуються різними технологічними процесами лиття. Найменші із значень відносяться до простих виливків та умов масового автоматизованого виробництва, великі - до складних виливків одиничного і дрібносерійного виробництва; середні – до виливків середньої складності та умов механізованого серійного виробництва.

23.3. Допуски розмірів, форми, розташування поверхонь та маси виливок

Рекомендується таке розташування полів допусків для розмірів елементів виливка (рис. 24):

– одностороннє – «в тіло» для елементів виливки, розташованих в одній частині форми і, що не піддаються механічній обробці; при цьому для елементів типу «отвір» – «в плюс» (рис. 24, а), а для типу «вал» – «в мінус» (рис. 24, б);

– симетричне – для всіх інших розмірів виливків, що не піддаються, а також піддаються механічній обробці (рис. 24, в).

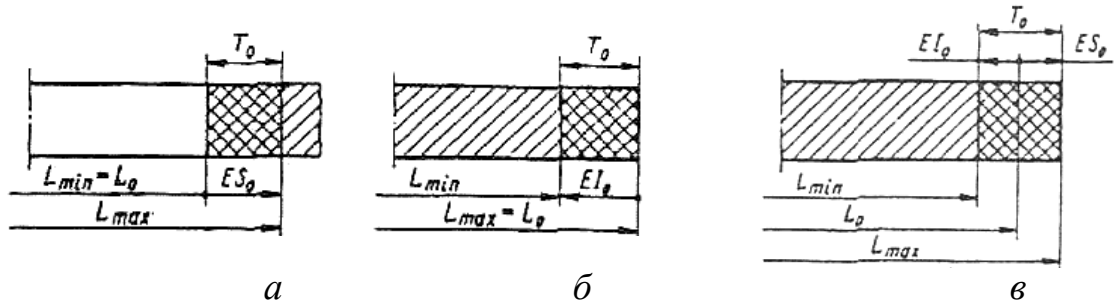


Рисунок 24. Можливі варіанти розташування полів допусків для розмірів виливки: T_0 – допуск на розмір виливки; ES_0 – верхнє відхилення; EI_0 – нижнє відхилення.

23.4. Групи складності виливків

Виливки поділяються на п'ять груп [3].

До групи 1 відносяться виливки простої геометричної форми: плоскі, круглі або напівсферичні; зовнішні поверхні – гладкі або плоскі з наявністю невисоких ребер, бобишок, фланців, отворів, виступів та заглиблень.

Зовнішні поверхні виготовляють без стрижнів чи знімних частин.

Внутрішні порожнини не глибокі; виконуються переважно простим стрижнем; внутрішня поверхня гладка, без виступів чи заглиблень (рис. 25).

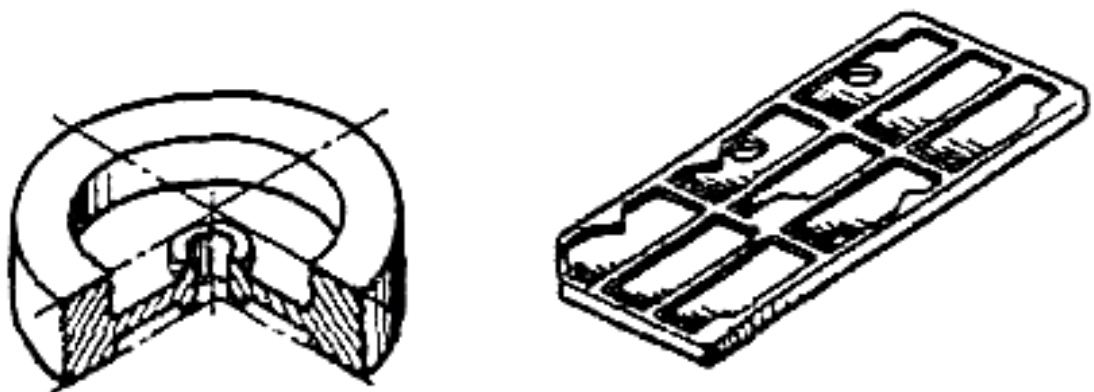


Рисунок 25. Виливки 1-ї групи складності

До групи 2 відносяться виливки у вигляді поєднання простих геометричних тіл, плоскі, круглі або напівсферичні, відкритої коробчатої форми. Зовнішні поверхні плоскі та криволінійні з наявністю ребер, бургтів,

кронштейнів, бобишок, фланців з отворами та заглибленнями простої конфігурації. Окремі частини виконуються з використанням стрижнів. Внутрішні порожнини прості, великої протяжності або високі (рис. 26).

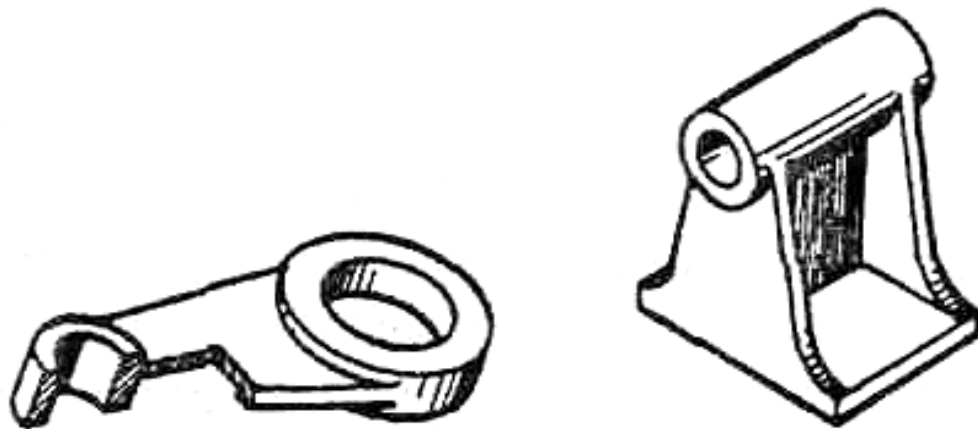


Рисунок 26. Виливки 2-ї групи складності

До групи 3 відносяться виливки відкритої коробчатої, сферичної, напівсферичної, циліндричної та іншої форми. Зовнішні поверхні – криволінійні і плоскі з наявністю частин, що нависають, ребер, кронштейнів, бобишок, фланців з отворами і заглибленнями порівняно складної конфігурації. Частину виливки виконують з використанням стрижнів. Внутрішні порожнини окремих поєднань геометричних фігур великої протяжності або високі з незначними виступами чи заглибленнями, розташованими в одному і двох ярусах з вільними широкими виходами порожнин (рис. 27).

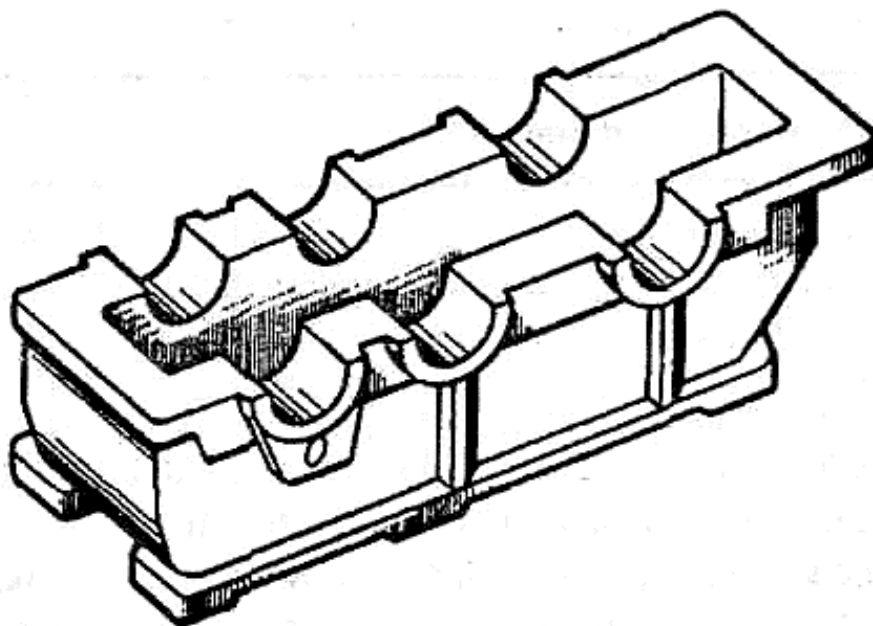


Рисунок 27. Виливки 3-ї групи складності

До групи 4 відносяться виливки закритої та частково відкритої коробчатої та циліндричної форми. Зовнішні поверхні – криволінійні та плоскі з приєднаними кронштейнами, фланцями, патрубками та іншими конструктивними елементами різної конфігурації. Багато частин поверхні або вся поверхня можуть виконуватись стрижнями. Внутрішні частини мають складну конфігурацію зі значними виступами та заглибленнями і розташовані в один - два яруси і мають один - два вільні виходи (рис. 28).

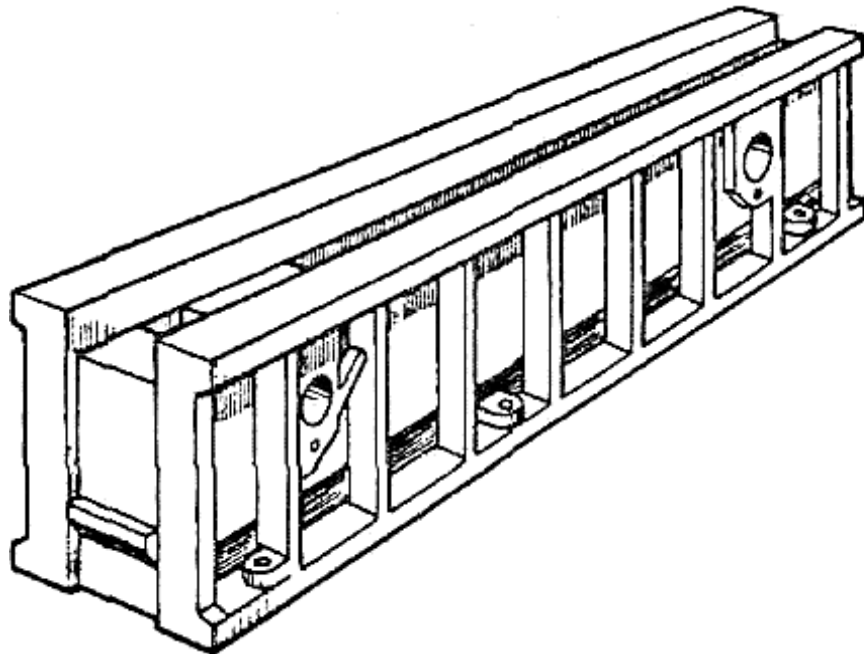


Рисунок 28. Виливки 4-ї групи складності

До групи 5 відносяться виливки закритої коробчатої форми. Зовнішні поверхні – криволінійні, складної конфігурації, з кронштейнами, фланцями, патрубками та іншими конструктивними елементами, що примикають і перетинаються. Для отримання зовнішньої поверхні можуть застосовуватись стрижні. Внутрішні порожнини мають складну конфігурацію з криволінійними поверхнями, що перетинаються під різними кутами, з виїмками та виступами (рис. 29).

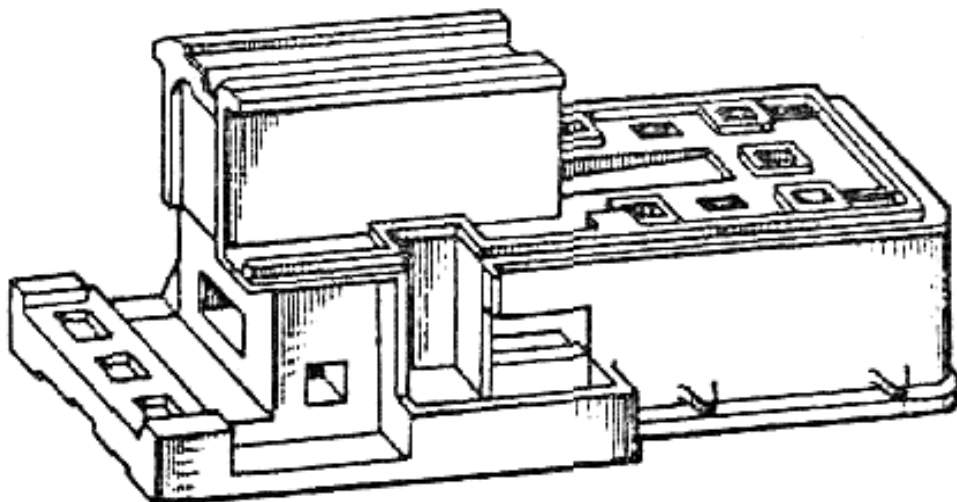


Рисунок 29. Виливки 5-ї групи складності

Залежно від умов формування елементів виливки у формі встановлено три види розмірів (рис. 30):

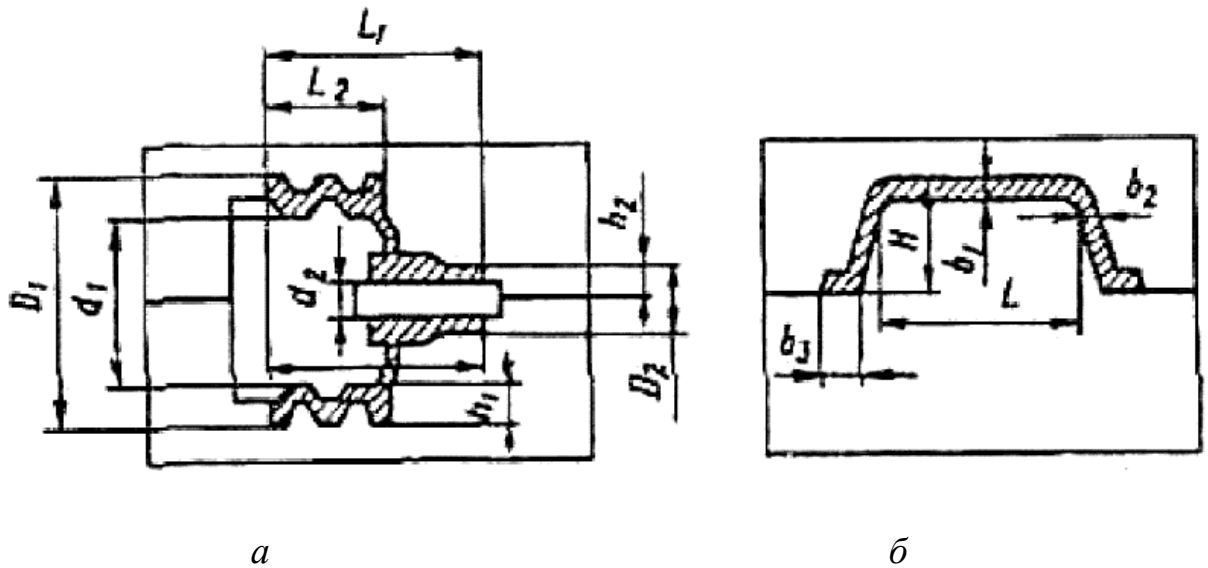


Рисунок 30. Розміри виливки: *a* – зі стрижнем; *б* – з вставкою

- 1) розміри елементів виливки, утворені однією частиною форми або одним стрижнем (рис. 30, *a* – розміри L_1 , L_2 , d_1 , d_2 ; рис. 30, *б* – розмір L);
- 2) розміри елементів виливки, утворені двома напівформами, а також перпендикулярні площину роз'єму (рис. 30, *a* – розміри D_1 , D_2 ; рис. 30, *б* – розмір H);
- 3) розміри елементів виливки, утворені трьома або більше частинами форми, декількома стрижнями або рухомими елементами форми, а також товщини стінок, ребер, фланців (рис. 30, *a* – розміри h_1 , h_2 ; рис. 30, *б* – розміри b_1 , b_2 , b_3).

23.5. Допуски на лінійні розміри

Допуски лінійних розмірів виливків, змінних та незмінних обробкою, повинні відповідати зазначеним у табл. 12 [5].

Для похилих, конічних та фасонних поверхонь, заданих координатами від однієї бази або поверхні, допускається встановлювати допуски на номінальне значення найбільшого з розмірів.

Допуски розмірів елементів виливка, утворених двома напівформами або напівформою та стрижнем, встановлюють відповідними класу розмірної точності виливка. Допуски розмірів, утворених однією частиною ливарної форми або одним стрижнем, встановлюють на 1 - 2 класи точніше. Допуски розмірів, утворених трьома і більше частинами ливарної форми, декількома стрижнями або рухомими елементами форми, а також допуски товщини стінок, утворених двома і більше частинами форми або формою та стрижнем, встановлюють на 1 - 2 класи грубіше.

Допуски лінійних розмірів виливків

Інтервал номінальних розмірів, мм	Клас точності виливок										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
> 4 » 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
» 6 » 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
» 10 » 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
» 16 » 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
» 25 » 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
» 40 » 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
»63 » 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
» 100 » 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
» 160 »250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
» 250 »400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
» 400 » 630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
» 630 »1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
» 1000 »1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80
» 1600 »2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,40	3,20
» 2500 »4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	3,60
» 4000 »6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
»6300»10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
» 10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. 12

Інтервал номінальних розмірів, мм	Клас точності виливок										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
> 4 » 6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	-	-	-	-	-	-
» 6 » 10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	4,0	5,0	-	-	-
» 10 » 16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,4	5,6	7	-	-
» 16 » 25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	3,6	5,0	6,4	8	10	12
» 25 » 40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,0	5,6	7,0	9	11	14
» 40 » 63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,4	6,4	8,0	10	12	16
»63 » 100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,0	7,0	9,0	11	14	18
» 100 » 160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	5,6	8,0	10,0	12	16	20
» 160 »250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	6,4	9,0	11,0	14	18	22
» 250 » 400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	7,0	10,0	12,0	16	20	24
» 400 » 630 »	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	8,0	11,0	14,0	18	22	28
630 »1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	9,0	12,0	16,0	20	24	32
» 1000 »1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	10,0	14,0	18,0	22	28	36
» 1600 »2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	13,0	16,0	20,0	24	32	40
» 2500 »4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	12,0	18,0	22,0	28	36	44
» 4000 »6300	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	14,0	20,0	24,0	32	40	50
»6300»10000	-	8,0	10,0	12,0	16,0	16,0	24,0	32,0	40	50	64
» 10000	-	-	12,0	6,0	20,0	20,0	32,0	40,0	50	64	80

Допуски розмірів виливків від попередньо обробленої поверхні до литої поверхні повинні відповідати табл. 12. Класи їх точності та позначення на кресленнях встановлюються галузевими нормативно-технічними документами.

Допуски кутових розмірів у перерахунку на лінійні не повинні перевищувати значень, встановлених у табл. 12 для лінійних розмірів відповідних класів точності.

23.6. Допуски форми та розташування елементів виливки

Допуски форми та розташування поверхонь виливків (відхилення від прямолінійності, площинності, паралельності, перпендикулярності, заданого профілю) повинні відповідати зазначеним у табл. 13 [5].

Таблиця 13

Допуски форми та розташування елементів виливки, мм (не більше)

Ступені короблення											
Номинальний розмір нормованої ділянки виливки, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
> 125 » 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
» 160»200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
»200»250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
»250»315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
»315»400	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
»400»500	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00
» 500 » 630	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40
» 630 » 800	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00
» 800 » 1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0
»1000 »1200	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0
» 1200 » 1600	1,60	2,0	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0
»1600 » 2000	2,00	2,4	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0

Закінчення таблиці 13

Номинальний розмір нормованої ділянки виливки, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
»2000 » 2500	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
» 2500 »3150	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
»3150 » 4000	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
»4000 »5000	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0
»5000 » 6300	6,40	8,00	10,0	12,00	16,00	20,00	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0
»6300 »8000	8,00	10,0	12,0	! 6,00	20,00	24,00	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0
»8000 » 10000	10,00	12,0	16,0	20,00	24,00	32,00	40,0	50,0	64,0	80,0	-
» 10000	12,00	16,0	20,0	24,00	32,00	40,00	50,0	64,0	80,0	-	-

Примітка. За номінальний розмір нормованої ділянки при визначенні допусків форми і розташування слід приймати найбільший розмір нормованої ділянки елемента виливки, для якого регламентуються відхилення форми і розташування поверхні.

При призначенні допусків форми та розташування треба враховувати, що наведені значення у табл. 13 не враховують формувальні нахили, що призначаються відповідно до ГОСТ 3212-92.

Допуски на відхилення від круглості, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційні допуски в діаметральному вираженні не повинні перевищувати допусків на розміри, встановлені в табл. 13.

Допуск зміщення виливки у площині роз'єму в діаметральному вираженні встановлюють за табл. 13 на рівні класу розмірної точності виливки за номінальним розміром найтоншої зі стінок виливки, що виходять на роз'єм або перетинають його.

Допуск зміщення, викликаний перекосом стрижня, встановлюють у діаметральному вираженні за табл. 13 на 1 - 2 класи точніше класу розмірної точності виливки, за номінальним розміром найтоншої зі стінок виливки, що формуються за участю стрижня.

Загальні допуски елементів виливків, що враховують спільний вплив допуску розміру від поверхні до бази і допусків форми та розташування поверхні, наведені в табл. 13.

Для оброблюваних поверхонь виливків встановлено симетричне розташування полів допусків, для необроблюваних поверхонь допускається симетричне і несиметричне (частково або повністю) розташування полів

допусків розмірів, форми та розташування.

24. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ЛИТТЯ

Можливості підвищення продуктивності процесів лиття, точності розмірів і якості виливків розширюються при їх виготовленні в автоматизованих комплексах, в яких використовуються нові механізми для ущільнення суміші, застосовуються електронні схеми управління технологічними процесами і ЕОМ для вибору оптимальних режимів.

Застосування роботів для нанесення покриттів, обсипання блоків і комплексів для заливання з дистанційним управлінням забезпечує захист оператора від впливу пилу, диму, температури та бризок металу.

Прогресивним є застосування покриття ливарної форми для поверхневого легування виливків. Так, карбідоутворюючі легуючі елементи (телур, вуглець, марганець) підвищують зносостійкість форми і усувають рихлість відливок; графітізуючі легуючі елементи (кремній, титан, алюміній) усувають відбілювання, зменшують залишкові напруження і покращують оброблюваність виливків.

Застосування рідких сумішей при литті в піщані форми підвищує продуктивність праці, знижує трудомісткість виготовлення форми та стрижнів у 3 – 5 разів, виключає ручну працю і дозволяє повністю механізувати та автоматизувати виробництво виготовлення форм та стрижнів незалежно від їх розмірів, конфігурації та номенклатури .

При виробництві великих виливків застосування регульованого охолодження форми дозволяє скоротити тривалість охолодження в ливарній формі виливків масою 20 – 200 тонн у 2 рази, порівняно з природним охолодженням.

25. ЗАГОТОВКИ, ЩО ОДЕРЖУЮТЬСЯ ОБРОБЛЕННЯМ ТИСКОМ

25.1. Основні поняття

Оброблення металів тиском є однією з найважливіших областей машинобудування. Близько 90% виплавленої сталі й більш 55% кольорових сплавів обробляють тиском.

Розрізняють такі способи одержання заготовок обробкою тиском:

- кування;
- штампування (гаряче й холодне);
- спеціальні способи.

Усі процеси оброблення металів тиском засновані на здатності металів у твердому стані змінювати форми й розміри під дією прикладених зовнішніх сил, тобто пластично деформуватися.

Оброблення металів тиском суттєво відрізняється від інших видів оброблення, тому що в процесі пластичної деформації метал одержує не тільки необхідну форму, але й міняє свою структуру й фізико-механічні властивості.

Способи одержання заготовок тиском в основному є високопродуктивними процесами, забезпечують малі припуски й поліпшену структуру металу.

Матеріал, з якого одержують заготовки тиском, повинен володіти ковкістю: міцністю й пластичністю при високій температурі. Ковкість залежить в основному від хімічного складу матеріалу і його компонентів. Наприклад, такі елементи як хром, кремній, вуглець і марганець – знижують, а нікель – підвищує ковкість. Наявність сірки (при температурі 800–900 °С) викликає явище червоноламкості, фосфору (більш 0,03%) - холодноламкості.

Ковані й штамповані заготовки (рис. 31) виготовляють різними способами.

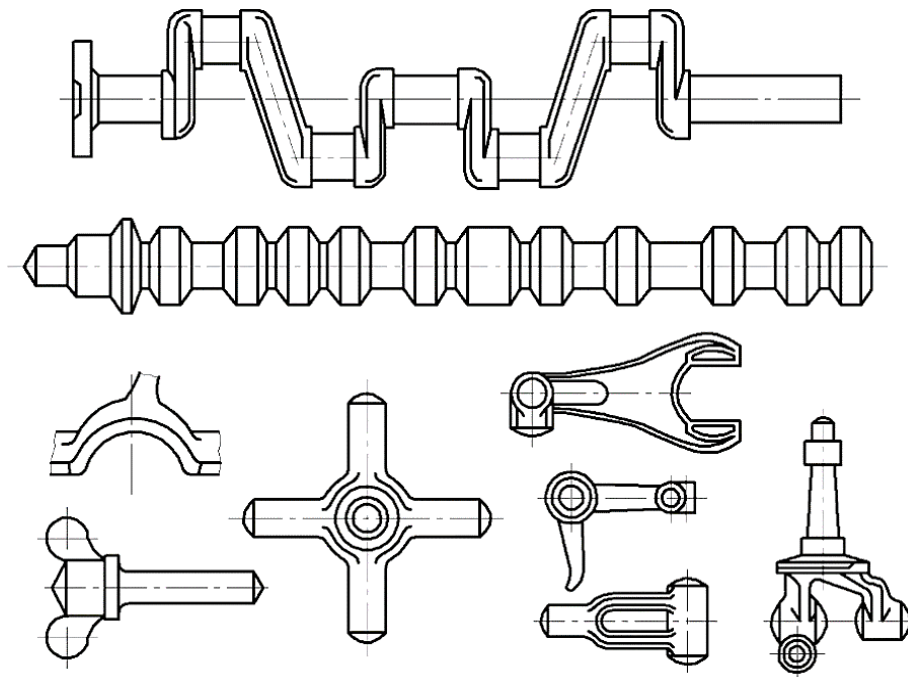


Рисунок 31. Приклади заготовок, одержаних куванням й штампуванням

Способи оброблення металів тиском за виробничим призначенням поділяють на два види:

– металургійні, призначені для отримання заготовок постійного поперечного перерізу (прутків, дроту, листів та ін.), що застосовуються як заготовки для подальшого виготовлення з них деталей за допомогою попередньої пластичної формозміни та обробки різанням; основними металургійними способами обробки тиском є прокатування, волочіння та пресування;

– машинобудівні, призначені для отримання деталей або заготовок, що мають форму та розміри, наближені до форми та розмірів деталей. Основними способами отримання заготовок в машинобудуванні обробкою тиском є кування і штампування.

Прокатування (рис. 32, а) полягає в обтисканні заготовки 2 між валками 1, що обертаються [4].

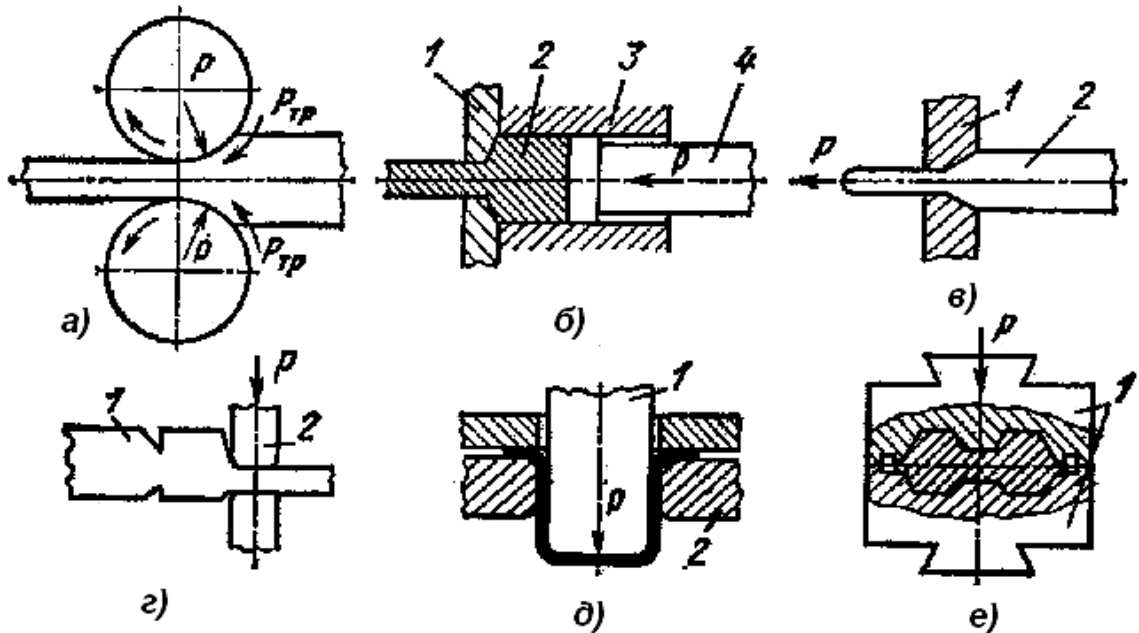


Рисунок 32. Схеми основних видів обробки металів тиском

Пресування (рис. 32, б) полягає в продавлюванні заготовки 2, що знаходиться в замкнутій формі 3, через отвір матриці 1.

Волочіння (рис. 32, в) полягає в протягуванні заготовки 2 через порожнину матриці 1, що звужується. Площа поперечного перерізу заготовки при цьому зменшується і набуває форми поперечного перерізу отвору матриці.

Куванням (рис. 32, г) змінюють форму і розміри заготовки 2 шляхом послідовної дії універсальними інструментами 1 на окремі ділянки заготовки.

Штампуванням змінюють форму і розміри заготовки за допомогою спеціалізованого інструменту – штампа.

Листовим штампуванням (рис. 32, д) отримують плоскі та просторові деталі із заготовок, у яких товщина значно менша за розміри в плані (лист, стрічка, смуга). Зазвичай заготовка деформується за допомогою пуансону 1 та матриці 2.

При об'ємному штампуванні (рис. 32, е) на заготовку, що є зазвичай відрізком прутка, діють штампом 1, причому метал заповнює порожнину штампу, набуваючи її форми та розмірів.

Характеристика основних методів одержання заготовок обробкою тиском наведені в табл. 15 [4].

Технічні характеристики методів виготовлення заготовок тиском

Метод виготовлення заготовки тиском	Маса (або розмір) заготовки		Форма заготовки	Точність розмірів	Шорсткість поверхні, мкм
	Максимальна	Мінімальна			
Кування: вільне на молотах та пресах; на молотах та пресах з підкладними штампами; на радіально-кувальних ротаційних машинах (гаряче та холодне)	250 т	Товщина стінки 3-5 мм	Проста	ІТ 18-19	160-320
	100 кг	Теж	Середньої складності	ІТ 17-18	160-320
	Діаметр прутка (труби) 100 мм	Діаметр прутка 1 мм	Ступінчасті тіла обертання	0,04-0,4 мм - холодне; 0,6 мм - гаряче кування	0,32-0,63
Штампуння: на молотах і пресах з наступною чеканкою; висаджування на ГКМ; на калібрувальних кривошипних пресах	200 кг	Товщина стінки 2,5 мм	Обмежено можливістю вилучення заготовки з штампа	ІТ 15-16	160-320
	100 кг	Те саме	Те саме	0,05-0,1 мм	10-40
	100 кг	0,1 кг	Середньої складності, в основному тіла обертання	ІТ 15-16	160-320
	100 кг	Товщина стінки 2,5 мм	Середньої складності	На 25-30 % вище, ніж на молотах	80-320
Фасонне вальцювання на кувальних вальцях	50 кг	Те саме	Те саме	ІТ 15-16	160-320

Основним завданням кування і об'ємного штампування, як і інших видів обробки металів тиском, є надання заготовці необхідної форми шляхом пластичної деформації. Формоутворення обробкою тиском ґрунтується на здатності заготовок з металів та інших матеріалів змінювати свою форму без руйнування під дією зовнішніх сил.

Обробка тиском – один з прогресивних, економічних та високопродуктивних способів виробництва заготовок у машино- та приладобудуванні.

Обробкою тиском можуть бути отримані заготовки або деталі з

матеріалів, що характеризуються пластичністю, тобто здатністю незворотно деформуватися без руйнування під дією зовнішніх сил. Порушення цілісності матеріалу заготовки, що деформується, здебільшого неприпустиме і призводить до браку.

Ковальсько-штампувальне виробництво поступається ливарному в можливій складності конфігурації одержуваних заготовок, але має переваги в міцності і надійності продукції (в металу, підданого пластичної деформації, вищі механічні властивості, ніж у литого металу аналогічного хімічного складу). Тому найбільш відповідальні деталі машин виготовляють із кованих та штампованих заготовок.

26. КОВАНІ І ШТАМПОВАНІ ЗАГОТОВКИ

Кування заготовок, що виникло ще в бронзовий вік, у ряді випадків і в наш час, як і раніше, залишається найбільш економічним способом одержання деформованих заготовок, що називаються поковками.

При куванні формозміна відбувається внаслідок вільного руху металу в сторони, перпендикулярні до руху формотворного інструмента – бойка.

Куванням заготовок на молотах і пресах одержують поковки простої конфігурації з великою масою (до 250 т). Поковки мають добру структуру металу. Кування не вимагає спеціальних інструментів й оснащення.

Недоліками є низька продуктивність, більша трудомісткість, більші припуски й напуски на оброблення, низька точність.

Для одержання поковок складнішої конфігурації застосовують підкладні кільця й штампи. Зменшити припуски на оброблення й знизити трудомісткість дозволяє застосування радіально-кувальних машин. Однак область їх застосування обмежена тільки тілами обертання.

Залежно від маси поковок для кування застосовують: пневматичні молоти, пароповітряні молоти і гідравлічні преси.

При куванні відбувається процес гарячої обробки металів тиском, при якому шляхом багаторазової та переривчастої дії інструмента вихідній заготовці надають необхідні розміри та форму [4].

При цьому інструмент є простим і універсальним, придатним для виготовлення цілого ряду поковок. Універсальність інструменту дозволяє отримувати поковку з малою собівартістю.

При куванні пластичний перебіг металу в напрямках, не обмежених поверхнями інструменту, відбувається вільно, причому більш інтенсивно в напрямку найменшого опору.

Для виготовлення поковок масою до 700 - 1000 кг використовують пневматичні та пароповітряні молоти, а для більших – гідравлічні преси [2].

Дільниця для кування, крім основного обладнання, має засоби

механізації: маніпулятори, транспортні платформи та візки, мостові крани, поворотні столи і т. д.

Кування економічно доцільне при отриманні великих поковок з високими механічними властивостями в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва.

Кування без підкладних штампів застосовують для отримання заготовок простої форми масою до 250 т. Підкладні штампи дозволяють отримати заготовку відносно складної форми (рис. 33).

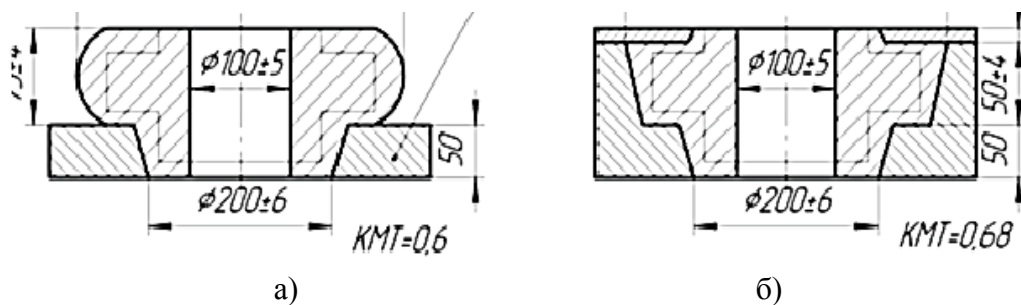


Рисунок 33. Поковки, одержані без підкладних штампів (а) і в підкладних штампах (б)

Фасонні поковки понад 100 кг і прості масою понад 750 кг переважно виготовляють на гідропресах. У табл. 16 представлені основні показники якості поковок.

Переваги кування:

- 1) можливість виготовлення великогабаритних поковок;
- 2) застосування універсального обладнання, оснащення;
- 3) підвищення пластичності та ударної в'язкості металу.

Таблиця 16

Основні показники якості поковок та типи виробництв

Спосіб кування	Розмір, маса	Допуск основного розміру, мм	Параметр шорсткості, мкм	Тип виробництва
На молотах і пресах	< 250 т	3,0-30,0	80-320	Одиничне, дрібносерійне
На молотах у підкладних кільцях та штампах	> 10 кг	1,0-2,5	40-80	Дрібносерійне
На радіально-кувальних машинах: холодне	до 150 мм (пруток, труба)	0,04-0,4 0,1-0,6	До 40	Середньосерійне

Недоліки кування:

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

Завдяки отриманню високої пластичності матеріалу та міцності, кування рекомендується для заготовок деталей із високим навантаженням: роторів гідротурбін, валів, дисків турбін, коліс та ін.

Виготовляють також заготовки з титанових сплавів на пресах із зусиллям до 3000 т [2].

27. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК КУВАННЯМ

Технологічний процес включає такі операції:

- основні операції кування;
- попередні операції: обкатування вилівка, відрубубання, розрубубання.

До основних операцій, що забезпечують формозміну при куванні відносяться: осаджування; витягування; гнуття; крутіння; рубання; прошивання та штампування у підкладних штампах (рис. 34).

Викінчувальні операції: правлення, таврування.

Осадженням металу називається операція збільшення площі поперечного перерізу вихідної заготовки за рахунок зменшення її висоти (рис. 34, *a*). Осадження застосовується при виготовленні поковок з великими поперечними перерізами та відносно малою висотою (шестірні, диски тощо).

Осадження застосовують для вирівнювання торців, підвищення механічних характеристик у тангенціальному та радіальному напрямках (рис. 35).

Осадження заготовки виконують на молотах чи пресах плоскими бойками чи підкладними плитами [4].

При виготовленні порожнистих поковок типу кілець, барабанів і подібних до них, осадження застосовується як попередня операція.

Гранична висота заготовки, що осаджується, не повинна перевищувати:

$$h_o < 2,5 \dots 3,0 d_o$$

Осадження покращує механічні властивості металу в поперечному напрямку.

Різновидом осаджування є висаджування, що полягає у місцевому збільшенні поперечного перерізу (рис. 35, *б*; рис. 36).

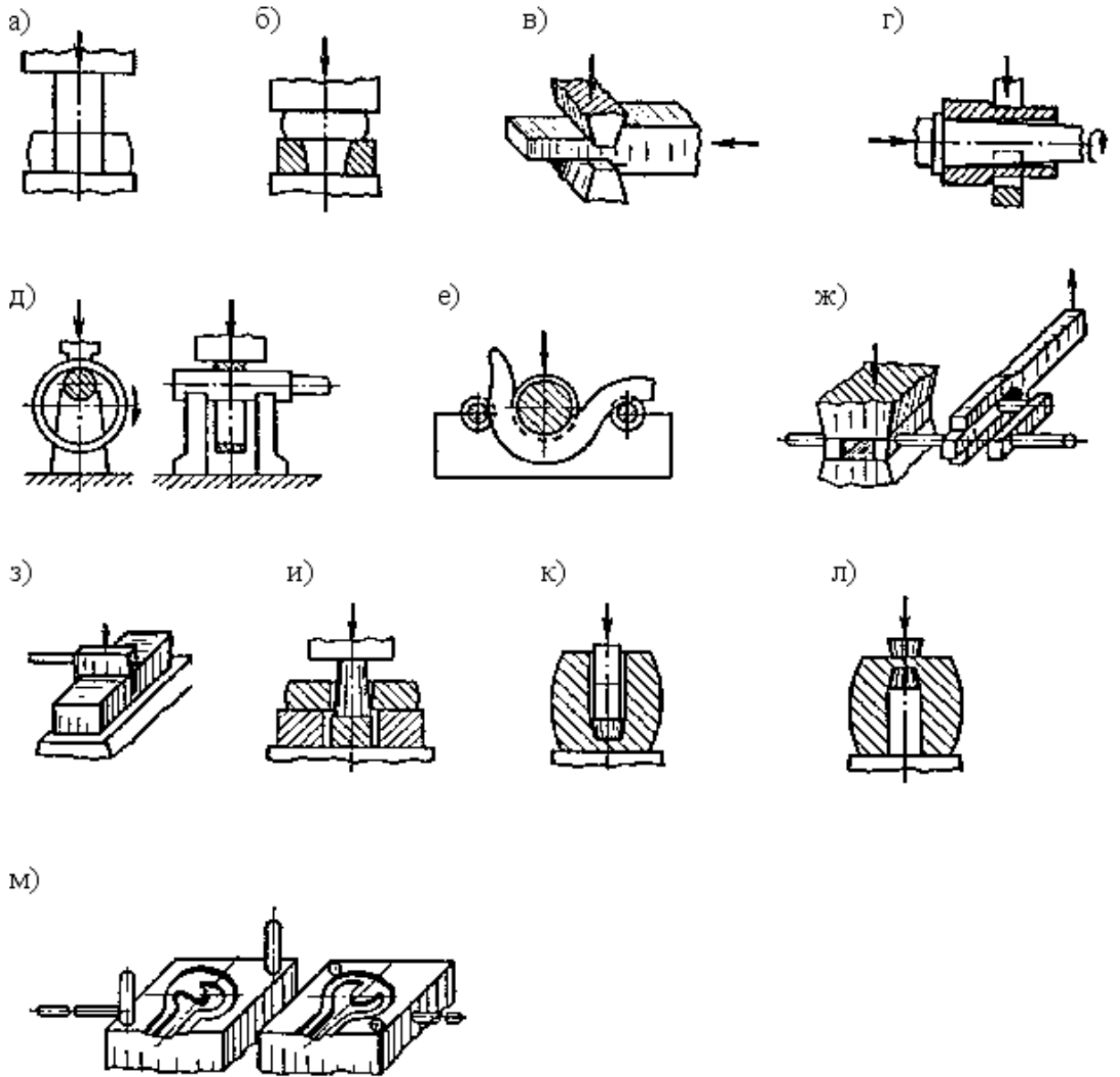


Рисунок 34. Операції вільного кування: *а, б* – осаджування; *в, г, д* – витягування; *е* – гнуття; *ж* – кручення; *з* – рубання; *и, к, л* – прошивання; *м* – штампування

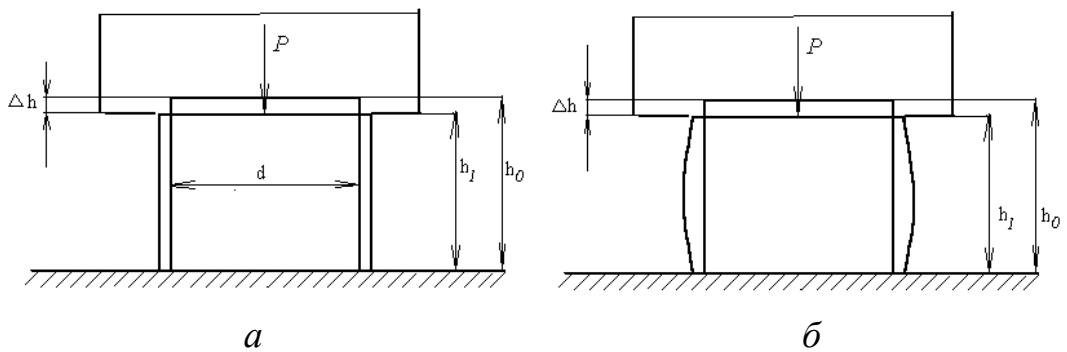


Рисунок 35. Операція осадження циліндричного зразка: *а* – без тертя на торцях (ідеальний випадок); *б* – за наявності тертя на торцях (реальний випадок)

Висаджування зазвичай застосовується для отримання головок болтів, буртів, фланців тощо.

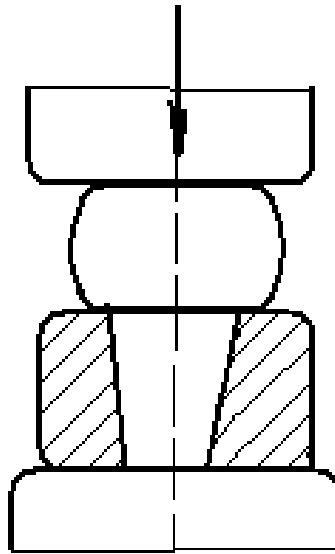


Рисунок 36. Схема операції висаджування

Гнуттям називається операція, за допомогою якої заготовці надають вигнуту форму із заданим контуром (рис. 34, е).

Процес згинання (рис. 37) супроводжується зміною форми поперечного перерізу заготовки за рахунок розтягування зовнішніх шарів металу та стискування внутрішніх.

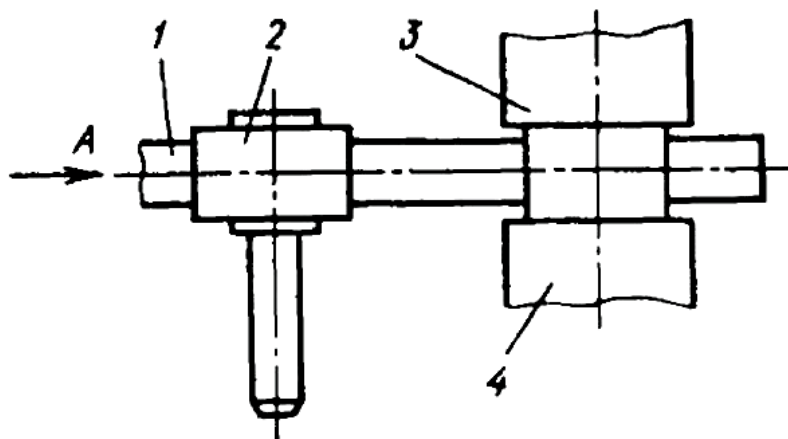


Рисунок 37. Схеми згинання: 1 – упор; 2 – заготовка; 3, 4 – верхній і нижній бойки

Ця операція застосовується як самостійна або у поєднанні з іншими операціями. Цією операцією виготовляються косинці, скоби, гачки, кронштейни тощо.

Для компенсації потоншення в місці вигину, заготовці надають збільшений розмір за товщиною. При згині можливе утворення складок за внутрішнім контуром і тріщин за зовнішнім. Щоб уникнути цього явища підбирають відповідний радіус закруглення та кут вигину. Крім заготовок

суцільного профілю згинанню можуть піддаватися також труби, для цього їх наповнюють піском і щільно забиваються з обох боків пробками.

Інструментами для згинання служать підкладні штампи, розкатники, оправки [4].

Кручення металу є операцію повороту однієї частини заготовки відносно іншої навколо поздовжньої осі. Наприклад, при виготовленні великих спіральних свердел, колінчастих валів.

Кручення застосовується при розвороті колін колінчастих валів при виготовленні бурів і т.п. При крученні зазвичай одну частину заготовки затискають між бойками молота чи преса, а іншу провертають за допомогою різноманітних пристосувань (рис. 34, ж) – воротка, ключів, лебідок та інших.

Витягуванням називається операція збільшення довжини вихідної заготовки за рахунок зменшення поперечного перерізу (рис. 34, в, рис. 38).

Витягування на оправці є операцією збільшення довжини порожнистої поковки за рахунок зменшення її зовнішнього діаметра і товщини стінок (рис. 34, г).

Витягування застосовується при виготовленні поковок з подовженою віссю (валків, важелів, шатунів, тяг тощо) і є найпоширенішою операцією кування. А також при виготовленні порожнистих поковок типу гарматних стволів, котельних барабанів, турбінних роторів та ін. Цій операції піддаються попередньо прошиті заготовки, які встановлюються на оправку і обтискаються, як суцільні заготовки, за допомогою вирізних або плоских бойків.

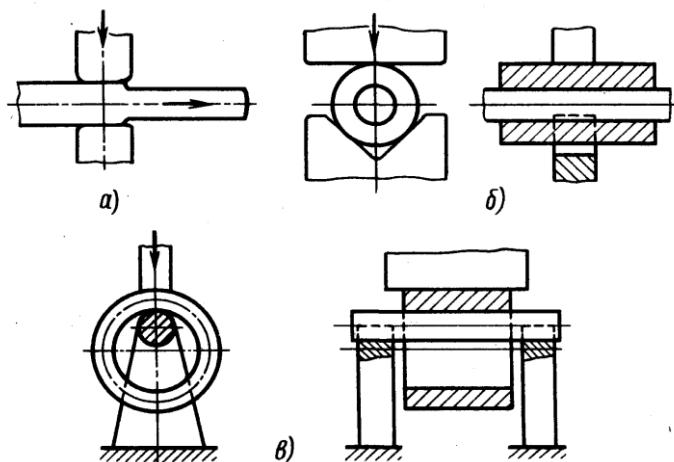


Рисунок 38. Схеми витягування: а – на плоских бойках; б – з оправкою; в – на оправці

Витягування здійснюється послідовними ударами або натисканнями на окремі ділянки заготовки, що примикають одна до одної.

При деформації заготовки утворюється підняття її граней, які зіштовхуються з бойками. Для усунення цього явища в процесі витягування

періодично заготовку або після кожного удару (натиску) кантують (повертають) на 90° навколо її осі.

На інтенсивність витягування впливає ширина і форма бойків, стан їх поверхні та довжина деформованих ділянок заготовки. Чим вища чистота поверхні бойків, чим менша їх ширина і чим менша довжина деформованих ділянок заготовки, тим інтенсивніше витягування. Інтенсивність витягування збільшується під час використання вирізних бойків замість плоских. Послідовне чергування витягування та осаджування дозволяє значно знизити анізотропію механічних властивостей металу.

Витягування труби на оправці за допомогою вирізного і плоского бойків зображено на рис. 34, з.

Різновидами витягування є розкатування (роздача) та розгін (розширення), тощо.

Розкатування. Розкатуванням на оправці виконують одночасне збільшення зовнішнього і внутрішнього діаметрів порожнистої заготовки за рахунок зменшення товщини її стінки (рис. 34, д). Незначно збільшується і її висота. За допомогою операції розкатування виготовляють кільця, бандажі коліс і т.п. [2].

Рубанням металу називається операція відділення однієї частини заготовки від іншої (рис. 34, з). Застосовується рубання для отримання із заготовок великої довжини декількох коротких заготовок, для видалення надлишків металу на кінцях заготовок або поковок, для видалення надлишків металу у внутрішньому контурі поковки (вирубання). Рубання металу здійснюється за допомогою сокир різної форми.

Прошиванням називається операція отримання в заготовці отвору (рис. 34 и – л) в поковці шляхом витіснення матеріалу (рис. 38). Прошиванню зазвичай передують осаджування вихідної заготовки.

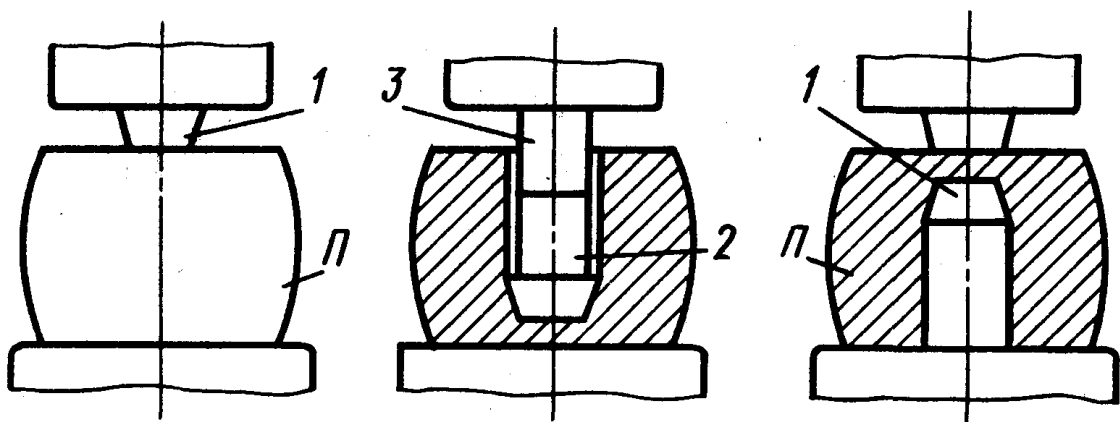


Рисунок 38. Схема прошивання без підкладного кільця: 1 – прошивка; 2 – перша надставка; 3 – друга надставка; П – збільшена частина заготовки

Інструментами для прошивання є прошивки, які можуть бути суцільними або порожнистими. При наскрізному прошиванні порівняно тонких поковок застосовуються підкладні кільця.

Заготовку, що прошивається, поміщають на нижній бойок, прошивку встановлюють на торець заготовки і легкими ударами або натисканнями верхнього бойка вдавлюють прошивку в заготовку.

Отвори до 400 - 500 мм у діаметрі прошиваються суцільними прошивками. Отвори діаметром 300 - 900 мм прошиваються порожнистими прошивками. Прошивання пустотілими прошивками у багатьох випадках має на меті видалити із заготовки центральну браковану зону і використовувати якісніший метал периферійних зон заготовки.

Граничні розміри отворів для поковок регламентовані ГОСТ 7062; 7829. Співвідношення розмірів:

– для поковок з вуглецевої сталі при куванні поковок типу дисків на молотах ($H \leq 0,5 D$), гладких втулок ($0,5 D < H \leq 1,5 D$), брусків та пластин ($H \leq D$) діаметр отвору $d \leq 0,5 H$;

– для розкочених кілець ($H \leq D$), циліндрів ($D < H \leq 1,5 D$), порожніх валів ($L > 1,5 D$) діаметр отвору $d < D$.

Діаметр отвору, що прошивається на молоті повинен становити не менше 40 мм (ГОСТ 7829-70).

При виготовленні в умовах дрібносерійного виробництва партії поковок з відносно складним контуром, що важко виготовити перерахованими операціями, застосовується так зване штампування в підкладних штампах (рис. 34, м). У підкладних штампах можуть виготовлятися головки гайкових ключів, головки болтів, валики з буртиками та інші поковки.

28. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОКОВОК

При виборі операцій формування поковок характеризують здебільшого чотири ознаки:

- 1) відношення довжини до товщини поковки l/h ;
- 2) наявність чи відсутність порожнини;
- 3) наявність або відсутність виїмок чи уступів;
- 4) прямолінійність чи вигнутість головної осі.

За першою ознакою виділяють три групи:

- 1) вали, осі, важелі – $l/h > 1$ – неможливо здійснити без вигинання торця;
- 2) циліндри, бруси – $l/h \sim 1$ – можливі осадки торця;
- 3) диски та пластини – $l/h < 1$ – неможливо провести витягування без викривлення у площині, перпендикулярній головній осі.

З урахуванням 2 і 3 ознак кожна з трьох груп ділять на види. Усього за цією класифікацією є 16 видів. Кожному з видів відповідає свій типовий

технологічний процес кування [4].

Перед куванням і штампуванням вихідний метал (виливки, прутки та ін.) готують до оброблення – проводять зачищення металу, розрізають на частини, вибирають температурний режим і тип нагрівального пристрою.

Зачищення металу від поверхневих дефектів запобігає появі браку в деталях. Куванням отримують поковки простої форми масою до 250 т. з великими напусками. Застосовуючи спеціальний інструмент, зменшують напуск. Припуски та допуски на поковки, що виготовляються на молотах, становлять від 5_{-2}^{+1} мм до 34 ± 3 мм, а на поковки, що виготовляються на пресах - від 10 ± 3 мм до 80 ± 30 мм; для необроблюваних ділянок граничні відхилення знижують на 25 – 50 %.

Із застосуванням підкладних штампів (закритих і відкритих) отримують поковки масою до 150 кг (в основному дрібні до 5 кг) з відносно складною формою, без напусків; припуски – від 3 мм і допуски - $0_{-1}^{+1,5}$ мм і більше.

Гарячим куванням виготовляють поковки: циліндричні суцільні гладкі і ступінчасті (штоки, вісі, вали, колони.); прямокутного перерізу гладкі і ступінчасті (плити, пластини, вкладиші, шпинделі і т.п.); зі змішаними перерізами суцільні ступінчасті та з розташуванням окремих частин в одній, двох, трьох і більше площинах (колінчасті вали тощо); циліндричні порожнисті гладкі та з малими виступами (диски, фланці, колеса, тощо); циліндричні порожнисті гладкі з малим відношенням довжини до розміру перерізу (барабани, порожнисті вали, циліндри тощо); з криволінійною віссю (бугелі, скоби, днища, тощо).

29. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ПОКОВОК

Для зменшення відходів металу і зниження трудомісткості в процесі кування і в процесі подальшої обробки бажано поковки (і виготовлюваним з них деталям) надавати найпростішу форму, обмежену плоскими або циліндричними поверхнями.

Небажані конічні та клинові форми поковок, з перетином циліндричних та призматичних поверхонь із циліндричними. Не можна виконувати кування ребра жорсткості і виступів.

Деталі зі значною різницею поперечних перерізів доцільно замінити поєднанням декількох скріплених або зварених, а деталі складної форми виконувати звареними з декількох поковок або звареними з поковок і виливків.

Через неможливість виконання кування окремих елементів деталі на ділянках цих елементів призначають напуск, який видаляють при подальшій обробці.

Припуски та допуски на поковки з вуглецевої та легованої сталей при

куванні на молотах встановлюють за ГОСТ 7829. Припуски та допуски на поковки з тих же сталей при куванні на пресах встановлюють за ГОСТ 7062-90. Припуски та допуски для поковок із високолегованих сталей та сталей з особливими фізичними властивостями встановлюють за стандартами підприємства.

30. ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КУВАННЯ

Розробка технологічного процесу кування складається з таких етапів [8]:

- проектування поковки;
- розрахунок розмірів та маси вихідної заготовки;
- призначення переходів кування;
- вибір обладнання;
- визначення режимів нагрівання та охолодження;
- призначення термообробки для готової поковки.

Проектування поковки. Креслення поковки розробляють за кресленням деталі. При розробленні креслення поковки треба враховувати деякі особливості процесу, наприклад, уникати похилих поверхонь. Розміри поковок порівняно з розмірами готової деталі збільшують на величину припуску. Для спрощення форми поковки на окремих поверхнях, одержання яких куванням утруднене або неможливе, передбачають місцеве збільшення розміру, що називають напуском.

Розрахунок розмірів та маси вихідної заготовки. Масу вихідної заготовки G_3 при куванні з прокату визначають за формулою

$$G_3 = G_n + G_o,$$

де G_n – маса поковки, кг;

G_o – маса відходів на обробування та зміни структури матеріалу, кг.

Масу поковки розраховують за формулою

$$G_n = V_n \rho,$$

де V_n – об'єм металу поковки, см³;

ρ – густина матеріалу.

Призначення переходів кування. При розробці технології кування необхідно прагнути до найменшої кількості переходів, до мінімуму відходів металу та отримання деталі з високими механічними властивостями.

Вибір обладнання для кування проводиться за необхідною масою падаючих частин молотів або зусилля преса залежно від розмірів заготовки та операції кування.

Термічна обробка готових поковок застосовується для усунення в них крупнозернистої структури, наклепу, внутрішніх напружень і підготовки до механічної обробки. Для поковок зазвичай застосовують відпал (нагрів з подальшим повільним охолодженням у печі) або нормалізацію (нагрів з подальшим охолодженням на повітрі).

Встановлення послідовності операцій та вибір основного інструменту визначається:

- формою і розмірами поковки, що виготовляється;
- видом та розмірами прийнятої для неї вихідної заготовки;
- вихідною та остаточною макроструктурою оброблюваного металу;
- вимогами до мікроструктури металу (в окремих випадках);
- іншими технічними умовами виготовлення поковок.

31. ШТАМПУВАННЯ НА МОЛОТАХ І ПРЕСАХ

31.1. Гаряче об'ємне штампування [3]

У порівнянні з куванням гаряче об'ємне штампування має ряд переваг:

- складніша форма кування й краща якість поверхні;
- зниження припусків на обробку;
- економія металу;
- підвищення точності виготовлення заготовок;
- зменшення штампувальних нахилів за рахунок наявності в конструкції штампувального устаткування виштовхувачів;
- підвищення продуктивності праці;
- зменшення трудомісткості;
- поліпшення умов праці.

До недоліків гарячого об'ємного штампування відноситься:

- дороге оснащення (інструмент – штамп), що дозволяє застосовувати штампування тільки при великому обсязі випуску деталей;
- обмеження щодо маси одержуваних поковок;
- додатковий відхід металу в заусенець (10–30% від маси кування);
- більші зусилля деформування, ніж при куванні.

Застосування уніфікованих блоків штампів зі змінними вставками й уніфікація іншого оснащення дають можливість застосування штампів навіть у дрібносерійному виробництві. Добрий ефект дають комбіновані способи виготовлення заготовок: кування й наступне штампування і т.п.

Гаряче об'ємне штампування поділяється на різні види залежно від типів штампа, устаткування, вихідної заготовки, способу установки заготовки в

штампи й т.п.

Залежно від устаткування є такі види об'ємного штампування:

- штампування на пароповітряних молотах подвійної дії;
- на кривошипних горячештампувальних пресах;
- на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ);
- на гідравлічних пресах;
- на високошвидкісних молотах;
- на спеціальних машинах (кувальні вальці, машини для горизонтального гнуття, ротаційно-обтискні й радіально-обтискні машини, висадні машини, розкатні машини).

Залежно від типу штампа штампування поділяється на такі види:

- штампування у відкритих штампах;
- штампування у закритих штампах;
- штампування у штампах видавлювання.

Гаряче штампування виконується на молотах і пресах у відкритих і закритих штампах, видавлюванням, гнуттям, із застосуванням різних процесів.

Характеристика основних способів гарячого штампування приведена в табл. 17.

З метою підвищення точності розмірів і поліпшення якості штампованих заготовок застосовують напівгаряче штампування, при якому обмежено окалиноутворення.

Способи гарячого штампування

Способи отримання заготовок	Характеристика заготовок, що отримують	Припуски і допуски	Обладнання, що переважно використовується
Штампування у відкритих штампах	Маса до 3 т (в основному 50 - 100 кг); складної форми. Поглиблення або отвори в бічних стінках поковок неможливі	Припуски та допуски за ГОСТ 7505-89. Припуски на сторону для поковок, що виготовляються на молотах, масою до 40 кг з розмірами до 800 мм - від 0,6 - 1,2 до 3,0 - 6,4 мм. Поле допусків від 0,7 - 3,4 до 1,6 - 11 мм. Для штапованих заготовок, що виготовляються на кривошипних пресах, припуски на 0,1 - 0,6 мм менше. При холодному калібруванні (карбуванні) допуски від $\pm(0,1...0,25)$ мм (калібрування звичайної точності) до $\pm(0,05...0,15)$ мм (калібрування підвищеної точності)	Кривошипні гарячештампвальні преси зусиллям 6,3 - 100 МН; штампвальні молоти з масою падаючих частин: пароповітряні подвійної дії 0,5 - 35 т, гідравлічні до 2,5 т; з двостороннім ударом пароповітряні та гідравлічні - до 60 т; простої дії, пароповітряні, ланцюгові - відповідно до 10, 5 та 8 т; гвинтові фрикційні преси зусиллям 0,4 - 60 МН; гідравлічні штампвальні преси зусиллям до 700 МН
Штампування в закритих штампах	Маса до 50 - 100 кг; простої форми, переважно у вигляді тіл обертання. Застосовуються для скорочення витрати металу (відсутні заусенці) і для сталей і сплавів з пониженою пластичністю	Припуски та допуски для зовнішніх діаметрів 5 - 150 мм від $0,4^{+0,3}_{-0,1}$ до $1,6^{+0,7}_{-0,3}$ мм, для діаметрів порожнин 10 - 100 мм - від $1,6^{+0,3}_{-0,1}$ до $5,0^{+0,5}_{-1,5}$ мм	Кривошипні гарячештампвальні (модифіковані), гвинтові фрикційні та гідравлічні преси
Видавлювання та прошивання	Маса до 75 кг; круглі, конічні або ступінчасті, фасонного перерізу; стрижень із масивною формою головки; типу втулок (склянок) з глибокою глухою або наскрізною порожниною та одностороннім фланцем	Припуски та допуски для зовнішніх діаметрів 5 - 150 мм від $0,4^{+0,3}_{-0,1}$ до $1,6^{+0,7}_{-0,3}$ мм, для діаметрів порожнин 10 - 100 мм - від $1,6^{+0,3}_{-0,1}$ до $5,0^{+0,5}_{-1,5}$ мм	Кривошипні гарячештампвальні (модифіковані), гвинтові фрикційні та гідравлічні преси

Продовження таблиці 17

Способи отримання заготовок	Характеристика заготовок, що отримують	Припуски і допуски	Обладнання, що переважно використовується
Штампування у штампах з роз'ємними матрицями на горизонтально-кувальних машинах	Маса до 150 кг; складної форми, наприклад, з отворами в бічних стінках, які неможливо виконати без напусків іншими способами	Аналогічні штампуванню у відкритих штампах, але допуски дещо більші у напрямку роз'єму частин матриць	Те саме і спеціальні машини
	Маса до 30 кг; у вигляді стрижнів з головками або потовщеннями різної форми, порожнисті, з наскрізними або глухими отворами, фланцями та виступами. Переважаюча форма тіла обертання	Максимальні припуски та допуски за ГОСТ 7505. Припуск на 40 - 50% більші, ніж при штампуванні на молотах.	Горизонтально-кувальні машини зусиллям 1 - 4 МН
Гнуття	Вигнуті в одній або декількох площинах, одержувані з прокату різного профілю (стандартного і спеціального)	Залежно від вихідної заготовки. В результаті згинання виникають спотворення на ділянках з малим радіусом	Горизонтально-згинальні машини із зусиллям 0,15 – 5 МН, кривошипні преси
Вальцювання	Змінного перерізу масою до 5 кг, довжиною до 50 - 60 мм, типу слюсарних інструментів, шатунів, кулачків, ланок гусениць	Допуск по довжині заготовки 1 - 5 мм, по висоті та ширині 0,5 - 0,8 мм	Кувальні вальці з діаметром валків 600 – 1000 мм.
Спеціальні процеси: радіальне обтиснення	Суцільні і порожнисті прямі поковки подовженої ступінчастої форми у вигляді тіл обертання з циліндричними або конічними ділянками, ступінчасті або з загостреннями, квадратного або прямокутного перерізу	Припуск, у разі потреби під шліфування. Допуск при обтисканні відповідає 11 - 13-му якості. Шорсткість поверхні при обтисканні Ra = 2,5... 0,63 мкм	Ротаційно-обтискні машини для обтиснення прутків діаметром 4 – 110 мм, труб діаметром 10 – 200 мм; радіально-обтискні для обтискання прутків діаметром 10-200 мм, труб діаметром 10-320 мм

Продовження таблиці 17

Способи отримання заготовок	Характеристика заготовок, що отримують	Припуски і допуски	Обладнання, що переважно використовується
Висаджування на електровисадних машинах (з одночасним контактним електронагріванням)	У вигляді стрижнів з масивними потовщеннями на кінці або в певній частині заготовки (клапани, валики з фланцями тощо)	Дещо більше, ніж при штампуванні на горизонтально-кувальній машині	Електровисадні машини однопозиційні та багатопозиційні, горизонтальні та вертикальні для висадки заготовок діаметром до 50-60 мм.
Висаджування на вертикально-кувальних машинах	Невеликі деталі, що виготовляються витяжкою: зубил, шинних цвяхів, веретен і т.п.	Приблизно ті ж, що й при штампуванні	Вертикально-кувальні машини дво-, трьо- (переважно) та чотирибойкові
Розкочування	Типу кілець діаметром 70 - 700 мм при висоті 20 - 200 мм із заготовок, штапованих на горизонтально-кувальних машинах або кованих на молоті	Допуск для поковок кілець шарикопідшипників діаметром 80 - 700 мм: на зовнішньому діаметру і висоті 1 - 6 мм, на внутрішньому діаметру - 1,5 - 10 мм	Розкочувальні машини для кілець діаметром до 700 мм.
Накатування зубів	Отримання зубів з модулем до 10 мм циліндричних, конічних і шевронних зубчастих коліс діаметром до 600 мм	При гарячому накатуванні (для $m > 2,5$ мм) точність по 8 - 11 квалітету; шорсткість поверхні $Ra = 5 \dots 1,25$ мкм; при холодному накатуванні $Ra = 1,25 \dots 0,32$ мкм	Вертикальні та горизонтальні зубонакатні стани
Поперечне прокатування	Подовженої форми типу ступінчастих валиків, а також втулок	Дещо менше, ніж при штампуванні у відкритих штампах	Тривалкові стани з конічними або дисковими балками; двовалкові стани з гвинтовими калібрами

Закінчення таблиці 17

Способи отримання заготовок	Характеристика заготовок, що отримують	Припуски і допуски	Обладнання, що переважно використовується
Комбіновані процеси	Що вимагають застосування кількох способів для отримання окремих ділянок	Залежно від комбінації застосованих способів	Комплекс з декількох машин: наприклад, молот (прес) і горизонтально-кувальна або горизонтально-згинальна машина і т.п.
Штапування на високошвидкісному обладнанні	Складної форми (ребра); одержують за один удар; економія металу, немає ухилів, тонкі ребра - 0,5-0,8 мм	Допуск $\pm(0,125...0,8)$ мм, шорсткість до Ra 10	Високошвидкісні молоти

Гаряче штапування виконується за двома схемами: у відкритих та закритих штампах (рис. 41) [3].

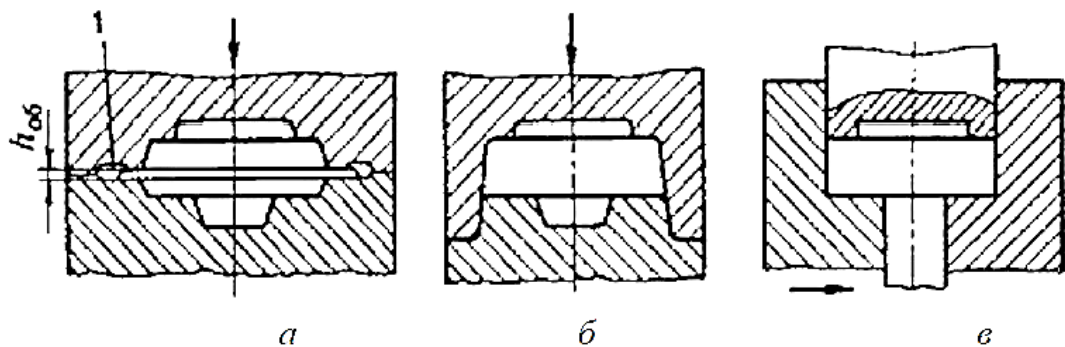


Рисунок 41. Способи гарячого об'ємного штапування:

a – у відкритому штампі; *б* – в закритому штампі з однією площиною роз'єму; *в* – в закритих штампах з двома площинами роз'єму; 1 – простір для виходу надлишку металу

Штапування у відкритих штампах характеризується змінним зазором між рухомою і нерухомою частинами штапу. У цей зазор витікає частина металу - облой, який закриває вихід із порожнини штапу і змушує решту металу заповнити всю порожнину. В кінцевий момент деформування в облой вичавлюються надлишки металу, що знаходяться в порожнині. Це дозволяє не призначати високі вимоги до точності заготовок за масою. Штапуванням у відкритих штампах можна отримати поковку всіх типів.

Штапування у закритих штампах характеризується тим, що порожнина штапу у процесі деформування залишається закритою. Зазор між рухомою та нерухомою частинами штапу постійний і невеликий, утворення

в ньому облою не передбачено. Конструкція таких штамів залежить від типу машини, на якій штамують. Наприклад, нижня половина штампу може мати порожнину, а верхня – виступ (на пресах), або верхня – порожнину, а нижня – виступ (на молотах). Закритий штамп може мати дві взаємно перпендикулярні площини роз'єму.

При штампуванні в закритих штампах необхідно суворо дотримуватися рівність об'ємів заготовки і поковки, інакше при нестачі металу не заповнюються кути порожнини штампу, а при надлишку розмір поковки за висотою буде більшим за необхідний. Відрізання заготовок має забезпечувати високу точність.

Істотна перевага штампування у закритих штампах – зменшення витрат металу через відсутність облою. Поковки мають більш сприятливу структуру, тому що волокна обтікають контур поковки, а не перерізаються у місці виходу металу у облою.

Метал деформується в умовах всебічного нерівномірного стискування при великих стискаючих напруженнях, що дозволяє отримувати великі ступені деформації та штампувати малопластичні сплави.

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

Основні типи молотів: пароповітряні, механічні, гідравлічні, високошвидкісні та ін [4].

Штампування на молотах (рис. 42) виконують з катаної заготовки за один перехід для заготовок простої форми та за кілька переходів – для заготовок складної форми [3].

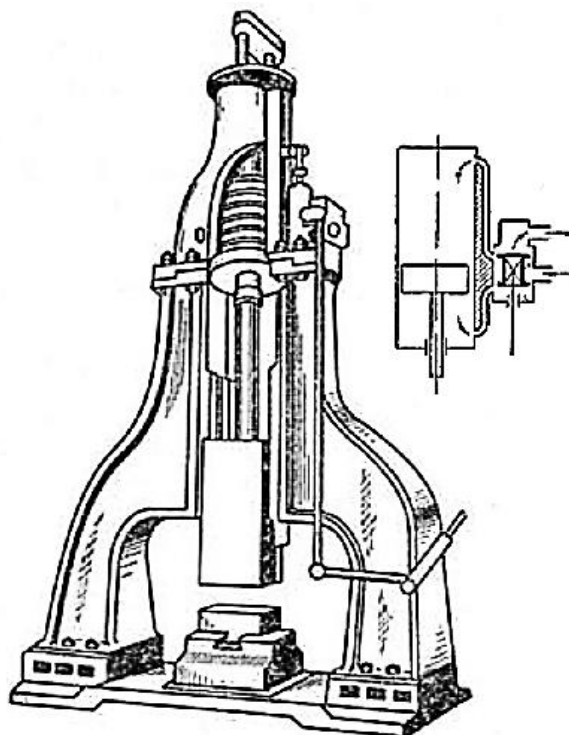


Рисунок 42. Кувальний пароповітряний молот

У штампах розрізняють: штампувальні (кінцеві і попередні), заготівельні та відрубні рівчаки. Кінцевий рівчак виконують з урахуванням усадки металу при охолодженні (усадка сталі близько 1,5%). На периметрі кінцевого рівчака конструюють заусеничну канавку, що створює перепону виходу металу з порожнини і забезпечує заповнення остаточного рівчака.

Обрізання заусенця виконується на обрізних та кривошипних пресах. Великі та середні заготовки з відносно товстим заусенцем обрізають після штампування в гарячому стані.

Дрібні поковки з тонким заусенцем легко обрізають у холодному стані.

Продуктивність холодного обрізання вища, ніж гарячого. Одночасно з обрізанням заусенця часто виконують часткове зачищення на штампувальному нахилі.

При штампуванні отворів у заготовці створюють поглиблення-намітки, які потім прошивають. При штампуванні на молотах та пресах після прошивання наміток діаметр отвору $d \geq H$, але не менше 30 мм.

У **пароповітряних** молотів енергоносієм є пара або повітря для переміщення баби молота. Пароповітряні молоти (рис. 43) приводяться в дію парою або стисненим повітрям тиском 0,7 – 0,9 МПа. Переміщення баби 1 відносно направляючих 2 відбувається при русі поршня 3 під дією стисненої пари або повітря.

При подачі пари (або повітря) у верхню порожнину циліндра 4 падаючі частини переміщуються вниз і завдають удару по заготовці, покладеної на нижній бойок 5. При подачі пари (або стисненого повітря) в нижню порожнину циліндра, падаючі частини піднімаються у верхнє положення [2].

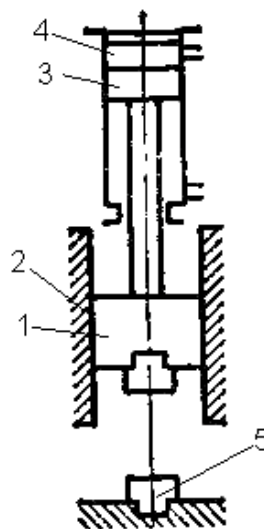


Рисунок. 43. Принципова схема пароповітряного молота

У **механічних молотах** робоче переміщення баби молота здійснюється під дією її сили тяжіння, на відміну від гідравлічних, де енергоносієм є рідина

високого тиску (до 18 МПа) [3].

Високошвидкісні молоти застосовують для штампування поковок з важко деформованих матеріалів (титанові сплави), а також із кольорових, чорних металів та сплавів. Швидкість деформування понад 7 м/с. Як енергоносіє використовується газ високого тиску, процес деформування відбувається за частки секунди. Цей спосіб штампування в порівнянні з описаними на 30–40 % знижує витрату металу і в 2–3 рази збільшує коефіцієнт використання матеріалу. Точність поковок підвищується.

Для виготовлення поковок використовують штампи, що складаються із двох матриць.

Верхню матрицю штапу (рис. 44) кріплять до баби молота, нижню – до штампотримача, встановленого на шаботі.

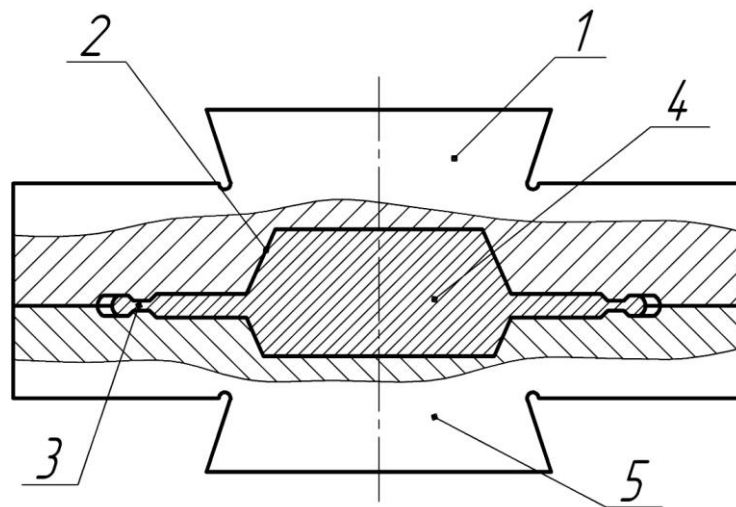


Рисунок 44. Схема молотового відкритого штапу: 1 – верхня матриця; 2 – стінка рівчика (порожнина); 3 – облой; 4 – поковка; 5 – нижня матриця

Вибір молота здійснюють, визначивши масу падаючих частин для штампування в закритих штампах:

$$G_{ПЧ} = (3,5 \dots 5) F_{П},$$

де $F_{П}$ – площа проекції поковки у плані, см².

Штампування на молоті в кожному рівчаку штапу здійснюється не за один, а за кілька ударів. На молоті метал заготовки легше заповнює порожнини рівчаків верхньої половини штапу, ніж нижньої.

Це пояснюється тим, що метал заготовки знаходиться в контакті з верхньою половиною штапа дуже короткий час і менше охолоджується.

У зв'язку з цим вищі частини, наприклад ребра поковки, розташовують у верхній половині штапа.

Площину роз'єму штампів вибирають так, щоб рівчаки мали найменшу глибину і найбільшу ширину, що сприяє кращому заповненню рівчаків штампу металом і зменшує їх зношення. Оскільки молотові штампи не мають виштовхувачів, для легшого вилучення поковки в рівчаку штампу роблять досить великі штампувальні нахили – зовнішні не більше 7° і внутрішні 10° . Різниця в їх величині пояснюється тим, що зовнішні поверхні поковки при охолодженні легко відходять від стінок рівчака, а внутрішні охоплюють його виступи.

Внаслідок ударного характеру прикладення навантаження при штампуванні на молоті в штампах не роблять направляючих колонок через небезпеку їх руйнування та травмування людей.

При штампуванні на молоті за кілька ударів окалина легко видаляється зі штампу струменем стисненого повітря і останній удар наноситься по заготовці, що практично не має окалини. У зв'язку з цим використовують полум'яний нагрів заготовок, як економічніший порівняно з іншими видами нагрівання.

Штампуння на молотах здійснюється як у відкритих, так і у закритих штампах. Штампуння простих за формою поковок виконують в однорівчачових штампах, складних – в багаторівчачових.

Поковки типу шестерень виготовляють осадкою заготовки в торець з наступним штампуванням в чистовому рівчаку; поковки типу шатунів, важелів тощо – з попередньою протяжкою, підкаткою, гнуттям і наступним штампуванням у чорновому та чистовому рівчачах. Такі поковки залежно від маси отримують із штучних заготовок, розрахованих на виготовлення однієї або двох поковок. Дрібні поковки штампують із прутка.

Основними перевагами гарячого об'ємного штампування (ГОШ) є:

- висока продуктивність – до сотень поковок на годину;
- менші припуски та допуски, ніж при куванні. Це призводить до спрощення механічної обробки та зниження її трудомісткості. У деталей, отриманих ГОШ, часто обробляються тільки поверхні, що з'єднуються (середня точність штампування – $IT\ 15 - 16$);

- кваліфікація штампувальника може бути значно меншою, ніж коваля.

Продуктивність штампувальних молотів у десятки разів більша за продуктивність кувальних молотів. Вартість кувальних і штампувальних молотів однакової потужності приблизно однакова.

Разом з тим слід знати, що для ГОШ потрібні набагато більші зусилля, ніж при куванні одностипних деталей. Це пов'язано з тим, що при штампуванні перебіг металу утруднений тертям об стінки рівчака і тим, що деформації піддаються одночасно великі об'єми заготовки. Тому маса штампованих поковок обмежується потужністю обладнання та не перевищує зазвичай 100 – 200 кг.

Процес штампування виконується залежно від виду поковки, матеріалу та характеру виробництва на різноманітних установках. Молоти є більш універсальним і дешевим обладнанням порівняно із пресами, тому на них здійснюють штампування при нижчій серійності поковок, що штамнуються.

32. ШТАМПУВАННЯ НА ПРЕСАХ: СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ

У серійному та масовому виробництві застосовують кривошипні гаряче-штампувальні преси (КГШП) [3] (рис. 45).

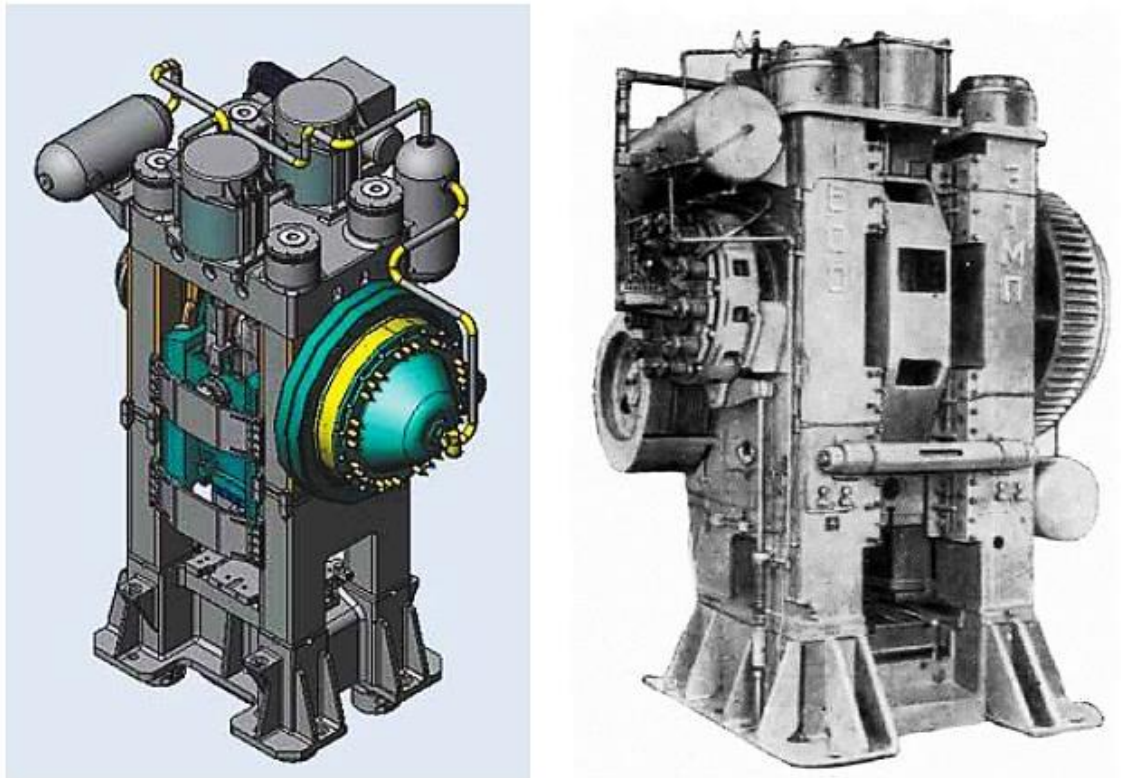


Рисунок. 45. Кривошипні гарячештампувальні преси

Орієнтовно прес вибирають за масою поковки залежно від зусилля штампування.

У порівнянні з молотами штампування на пресі має переваги:

- преси дозволяють знизити вагу заготовки додатково на 12–15 % порівняно із штампуванням на молоті;
- вищий ККД 6–8 %;
- продуктивність до двох разів вища, тому що деформація на пресі в кожному рівчаку відбувається за один хід, а на молоті – за кілька ударів;
- вищий коефіцієнт використання матеріалу;
- вища точність розмірів поковки;
- можливі механізація та автоматизація перекладання заготовок із рівчака в рівчак;

- безшумна робота преса, відсутність вібрацій;
- немає потреби у робітниках високої кваліфікації [4].

Недоліки КГШП порівняно із молотами:

- у 3 – 4 рази вища вартість обладнання;
- можливість заклинювання та виходу із ладу пресів при крайньому нижньому положенні повзуна;
- складніші конструкції штампів;
- перед штампуванням заготовку потрібно очистити від окалини або застосувати види нагріву, що не створюють окалину;
- утворення значнішого заусенця, часткове незаповнення рівчаків [4].

Штампування на кривошипних пресах забезпечує точність штампування вищу, ніж при інших видах штампування і, зокрема, вищу, ніж на молотах. Це пояснюється перш за все фіксованим положенням верхнього штампу, що усуває недоштампування (на похибку отримання розміру впливають лише пружні деформації штампів і заготовки).

Відсутність ударів сприяє більшій стійкості штампів, ніж на молотах, а можливість застосування жорстких виштовхувачів дозволяє значно зменшити штампувальні нахили ($1-3^\circ$). Штампування на кривошипних пресах дозволяє економити до 10% металу порівняно із штампуванням на молотах. Після штампування часто проводять холодне калібрування на спеціальних пресах. При цьому досягається точність розміру до 0,1 мм.

Спрощена схема КГШП представлена на рис. 46.

При обертанні кривошипа 1 шатун 2 здійснює зворотно-поступальне переміщення з повзуном 3 і матрицею 4, завдаючи удару по заготовці, розташованій в нижній матриці штампів. Площини роз'єму штампів не замикаються, як у молотового штампів.

Гарячим штампуванням видавлюванням зазвичай на КГШП отримують заготовки типу валика з потовщенням; валики постійного та змінного перерізу, складної форми, з центральним та ексцентричним розташуванням головки щодо осі; з головкою нескладної вісесиметричної форми (тарілчасті, кулясті, східчасті, фланцеві, конусні); з головкою складної форми та типу розвилін; заготовки типу хрестовин або з двосторонніми потовщеннями та ін. У більшості випадків за поперечними розмірами після видавлювання заготовки мають припуски під шліфування.

Поковки, що штампуються на КГШП, поділяють залежно від характеру деформації металу на два класи:

1. – Клас поковок з переважанням процесу осаджування та клас поковок, що отримуються з переважанням видавлювання;
2. – Клас поковок залежно від конфігурації (п'ять груп). Це шестірні, фланці, розподільники, ступінчасті вали, важелі, хрестовини, кулаки,

стакани [4]. На рис. 47 представлені окремі схеми фасонування заготовок.

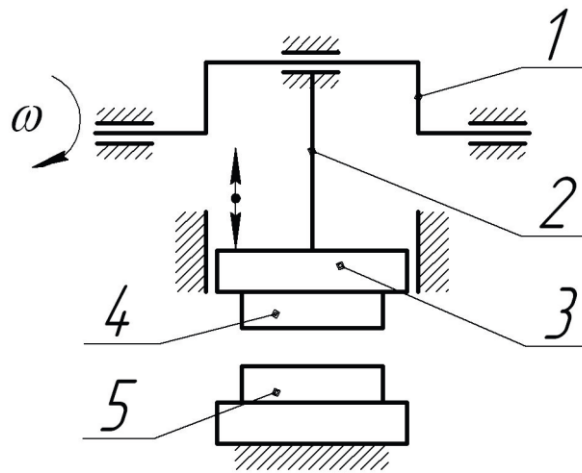


Рисунок 46. Схема механізму КГШП

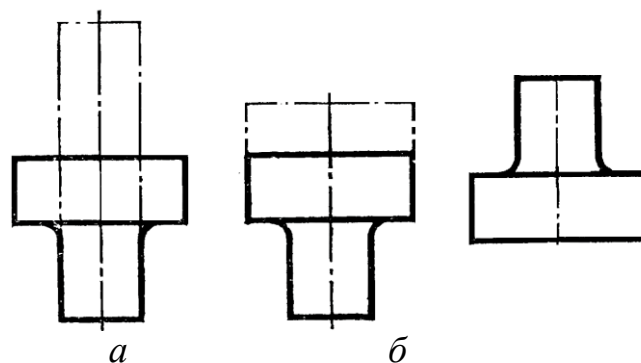


Рисунок 47. Варіанти штампування фланцевої втулки: а – висаджуванням; б – видавлюванням

Кривошипні штампувальні преси зусиллям 6,3 – 100 МН успішно замінюють штампувальні молоти з масою падаючих частин 630 – 10 000 кг. Проте вартість кривошипного гарячештампувального преса в 3 – 4 рази вища вартості еквівалентного за технологічними можливостями молота.

На **гідравлічних пресах** штамнують великі поковки, які неможливо отримати на іншому ковальському обладнанні, а також поковки, для яких необхідний великий робочий хід силових органів.

Робота преса заснована на використанні закону Паскаля (тиск, що передається на рідину зовнішніми силами, передається нею по всіх напрямках однаково).

Зусилля сучасних гідравлічних штампувальних пресів досягає 750 МН. Гідравлічний прес значно дорожчий, тихохідніший і менш продуктивніший, ніж штамповочний молот з еквівалентною масою падаючих частин.

Область застосування – поковки з чорних і кольорових металів у тих випадках, коли не може бути використаний молот: при штампуванні великих поковок з площею проекції до 2,5 м² або масою понад 350 кг.

Штампування на гідропресах у закритих штампах з нероз'ємною

матрицею найчастіше використовують для виготовлення точних, без штампових нахилів заготовок з алюмінієвих та магнієвих сплавів. Штампування з роз'ємною матрицею застосовують для виготовлення дрібних, середніх та великих поковок з чорних та кольорових металів та сплавів. Роз'єм матриць – вертикальний, іноді горизонтальний.

Штампування у відкритих штампах на гідравлічних пресах виконують в одному ривчаку, центр тиску якого розташований в центрі тиску преса. Цим усувається можливість зсуву штамп. Поширене штампування з алюмінієвих та магнієвих сплавів деталей великих розмірів типу панелей, рам та ін.

Гідравлічні преси використовують також для штампування металів і сплавів з невеликою температурою початку штампування (алюмінієві та магнієві сплави) і для штампування великих поковок, які не можна отримати на іншому обладнанні через нестачу потужності.

Гідравлічні штампвальні преси виготовляють з номінальними зусиллями понад 50 і до 750 МН для штампування великих поковок; зусиллями 4 – 5 МН і вище, в основному для штампування малопластичних сплавів [4].

Гвинтові фрикційні преси виготовляють із номінальним зусиллям 0,4 – 1,6 МН. Швидкість повзуна гвинтових пресів (фрикційних, гідравлічних) у момент удару 1 – 3 м/с, що доцільніше, порівняно з пароповітряними молотами та гідропресами. Це зумовило їх застосування для штампування поковок з важкодеформованих і малопластичних сталей і сплавів. Ці преси застосовують для ривчакового торцевого штампування у відкритих і закритих штампах, а також для згинання, правлення і деяких інших операцій.

Наявність великого ходу цих пресів (200–710 мм) дозволяє штампувати високі поковки.

Фрикційні преси дуже зручні у дрібносерійному виробництві. При виготовленні дрібних поковок вони здатні замінити штампвальні молоти, кривошипні преси і навіть горизонтально-кувальні машини [4].

Штампування на фрикційних пресах в закритих штампах з роз'ємною матрицею застосовують для отримання дрібних заготовок із симетричними відростками зі сталі та кольорових металів та їх сплавів. Роз'єм матриці зазвичай вертикальний.

Штампування у відкритих штампах на гвинтових фрикційних пресах застосовують для виготовлення дрібних фасонних заготовок і заготовок типу болтів і заклепок тільки в одному струмку через недостатню точність направлення повзуна. На пресах з точним направленням повзуна можна виконувати багаторівчакове штампування.

Штампування на горизонтально-кувальних машинах. Горизонтально-кувальні машини (ГКМ) - горизонтальні кривошипні гарячештампвальні преси із зусиллями 6,3-125 МН.

Штампування на горизонтально-кувальних машинах застосовується для отримання поковок висаджуванням і прошиванням як з пруткового матеріалу і труб, так і з штучної заготовки в багаторівчачкових штампах з роз'ємними матрицями.

Поковки, що виготовляються на ГKM, зазвичай мають форму тіл обертання з прямою віссю, спрямованою по осі вихідного прутка.

За формою поковки можуть бути віднесені до двох основних груп:

– типу валика суцільного перерізу з одним або декількома потовщеннями;

– типу валика з наскрізним отвором.

У порівнянні з розглянутими моделями ковальських машин штампування поковок на ГKM є продуктивнішим, тому що є напівавтоматичним. Можливе виготовлення валикових заготовок, осей, шківів, втулок (*I-V* груп) [4].

Горизонтально-кувальні машини мають штампи, що складаються з трьох частин (рис. 48): нерухомої матриці 3, рухомої матриці 5 і пуансона 1, що розмикаються у двох взаємно перпендикулярних площинах.

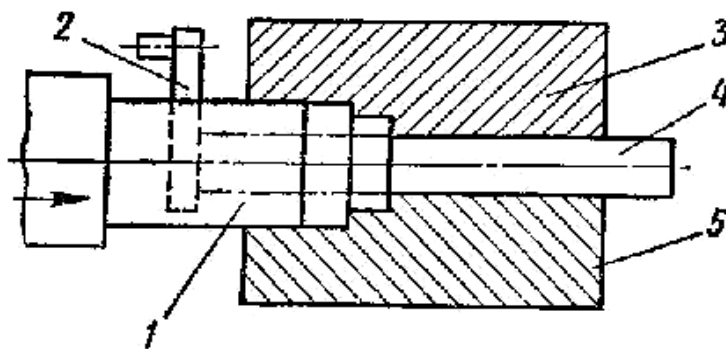


Рисунок 48. Схема штампування ступінчастого валу з фланцем на ГKM

Пруток 4 з нагрітою ділянкою, повернутою до пуансона, закладають в нерухому матрицю 3. Положення прутка визначається упором 2. При включенні ГKM рухома матриця 5 притискає пруток до нерухомої матриці, упор 2 відводиться в бік, а пуансон 1 вдаряє по виступу, деформуючи його [2].

Штампування на ГKM характеризується високою продуктивністю і економією металу в зв'язку з малими втратами на заусенці ($\approx 1\%$), малими штампувальними нахилами (що пояснюється роз'ємною конструкцією штампа) і можливістю отримання заготовок з наскрізними отворами (що неможливо на інших штампувальних машинах).

Наявність в ГKM двох рухів – поздовжнього і поперечного забезпечує велику різноманітність виконуваних робіт і отримуваних поковок.

Поздовжнім рухом головного повзуна виконуються переходи висадки

потовщень, прошивання глухих порожнин, просічки отворів з відділенням поковки від прутка, видавлювання, обрізання заусенця і т.п.

Поперечним рухом бокового повзуна проводяться переходи притискання, відрізання, гнуття, розплющування і т.п. Напівфабрикатом для ГKM служить круглий прокат підвищеної точності.

Найчастіше на ГKM виготовляють заготовки для деталей типу валів з одним або декількома потовщеннями в середині або на кінцях, як симетричними, так і зміщеними відносно осі, а також заготовки для деталей типу втулок, важелів, поворотних цапф передньої підвіски автомобіля і т.п.

Часто штампування на ГKM використовується як підготовча операція перед штампуванням на пресах або молотах.

На ГKM заготовки штамнують зазвичай у кількох рівчаках штампа, розташованих вертикально по висоті блоків. Висаджувальний штамп має два-три рівчаки та у виняткових випадках чотири-п'ять, залежно від довжини деформованої частини прутка та складності конфігурації поковки.

Можливе закрите прошивання отвору в заготовці.

Рівчаки штампів горизонтально-кувальних машин поділяють на підготовчі та остаточні. Форма остаточних рівчаків визначається формою поковки, заданої кресленням. При поздовжньому штампуванні на ГKM попередні операції полягають в осадженні і формуванні заготовки в основному для надання їй стійкості при обробці в наступних рівчаках.

Формувальні, остаточні рівчаки. Чим складніша конфігурація поковки, тим більше операцій необхідно для її формування. Формують у матриці (рис. 49, а), пуансоні (рис. 49, б) або частково в матриці та пуансоні (рис. 49, в).

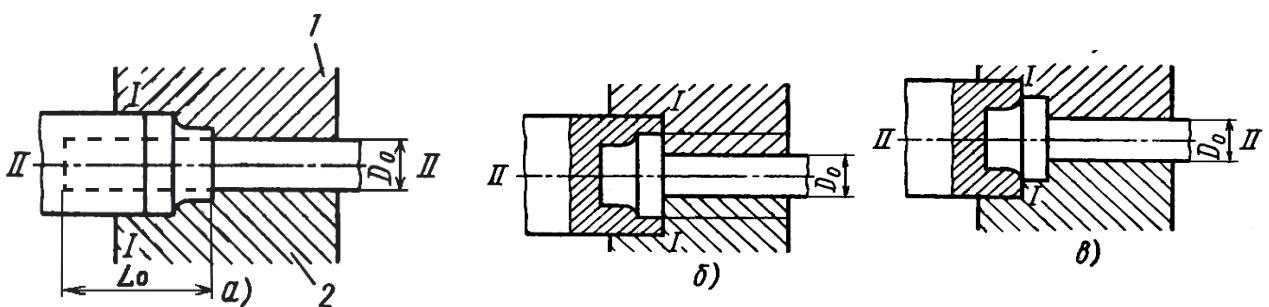


Рисунок 49. Схеми розташування поковок в штампах (горизонтальний розріз штампів, вид зверху): 1 – нерухома частина матриці; 2 – рухома частина матриці

Положення головної площини роз'єму на рис. 49 позначено лінією I-I, а додаткової площини роз'єму, що проходить через матрицю – лінією II-II. Формування в роз'ємній матриці (рис. 49, а) дозволяє штампувати без нахилів, але точність, що отримується при цьому, менша, ніж при штампуванні в пуансоні (рис. 49, б), так як зміщення частин матриці одна

відносно одної призводить до спотворення форми поковки [4].

Формування в пуансоні забезпечує повну відповідність форми кування, але при цьому необхідні штампувальні нахили ($1 - 2^\circ$), що призводять до напусків металу.

Поковки, що виготовляються на ГKM за припусками та допусками ближчі до молотових поковок, ніж до поковок, що виготовляються на КГШП. Продуктивність цих машин приблизно однакова.

Недоліками ГKM є:

- обмежені номенклатура та маса (до 150 кг) штампованих поковок;
- необхідність застосування, як вихідного матеріалу, прокату підвищеної точності;
- при коливаннях об'єму вихідної заготовки через допуск на розміри поперечного перерізу прокату звичайної точності, штампування в закритих і відкритих ривчаках є неможливим або практично нераціональним.

33. ВИСОКОШВИДКІСНЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Штамування на високошвидкісних молотах - один із способів виготовлення точних поковок, як з пластичних, так і з металів і сплавів, що важко деформуються. Збільшення швидкості деформування до 12 м/с суттєвіше змінює перебіг процесу деформування порівняно зі звичайним об'ємним штампуванням на молотах і пресах [3].

Основні технологічні переваги процесу – можливість отримання тонших стінок, ребер, кутів з малими радіусами закруглення, чистішої поверхні.

Це досягається завдяки підвищенню пластичності металів при високошвидкісному штампуванні, зумовленому поліпшенням температурного режиму штампування, посиленням дії інерційних сил, зменшенням контактного тертя, застосуванням закритого штампування (рис. 50).



Рисунок 50. Поковки, одержані високошвидкісним об'ємним штампуванням

Обладнання для високошвидкісного деформування забезпечує виготовлення заготовки за один удар, при цьому виходить менше перекосів і зсувів, ніж при багаторівчаковому штампуванні. Рівчак для виготовлення багатьох складних поковок виконується в одній з половин штампа, а друга половина – гладка, що також усуває вплив зсувів половинок штампа на точність розмірів поковки.

Застосування точного високошвидкісного штампування знижує собівартість виробу за рахунок економії матеріалу (до 30 – 40 %) і зменшує обсяг механічної обробки до 60 %.

Витрати на штампи дещо знижують економію, але загальний економічний ефект може досягати 30 % собівартості виготовлення поковок звичайним штампуванням, особливо при виготовленні деталей складної конфігурації.

Особливості високошвидкісного штампування.

1. Підвищена швидкість деформування (8 – 20 м/с). Відсутність теплообміну дає можливість отримувати заготовки з тонкими ребрами, стінками.

2. Наявність нижнього виштовхувача з великим ходом та значним зусиллям дозволяє отримувати поковки з мінімальними штампувальними нахилами або без нахилів.

3. Точність виконуваних розмірів відповідає 12 – 14 квалітету.

4. Окремі елементи (ребра, лопатки тощо) можна виконувати з допуском $\pm 0,05 - 0,1$ мм.

5. Шорсткість поверхонь поковок з титанових сплавів та сталей $Rz20 - Ra 2,5$, з алюмінієвих сплавів $Ra 0,64 - Ra 0,32$.

6. Високошвидкісне штампування дозволяє обробляти різні метали та сплави.

Високошвидкісні молоти поступаються універсальності пароповітряним молотам, так як не забезпечують можливості багатоперехідного штампування.

Використовують цей метод у дрібносерійному виробництві, але застосування можливе і у крупносерійному та масовому виробництвах.

Економічний ефект у ковальському цеху досягається за рахунок економії металу порядку 20 – 50 % при безоблойному штампуванні (за рахунок зниження припусків, напусків та відсутності облою) і 4 – 10 % при штампуванні у відкритих штампах (за рахунок зменшення маси облою).

Істотно знижується трудомісткість у цехах обробки різанням, особливо при формуванні поковок з необроблюваними поверхнями. Наприклад, при високошвидкісному штампуванні поковок типу лопаток, коліс вентиляторів з торцевим ребрами, коліс турбін, знижується трудомісткість при різанні на 20

– 60 %, збільшується коефіцієнт використання металу в 2 – 6 разів, скорочується загальний технологічний цикл виготовлення в 3 – 18 разів.

Припуски на штампування діаметром до 250 мм з алюмінієвих, титанових, мідних сплавів і сталей зазвичай становить 1 – 2 мм, що приблизно на 30 – 50% менше рекомендованих ГОСТ 7505-89 для поковок I класу точності.

Допуски на розміри поверхонь, що обробляються, призначаються за I класом точності. Для необроблюваних поверхонь допуск призначається не більше 0,2 – 0,3 мм. Напуски призначаються за загальноприйнятою методикою. Штампувальні нахили в 2 – 5 разів менші, ніж рекомендовані ГОСТ 7505-89.

Конструктивні елементи поковок наведено на рис. 51; табл. 18; 19 [3]

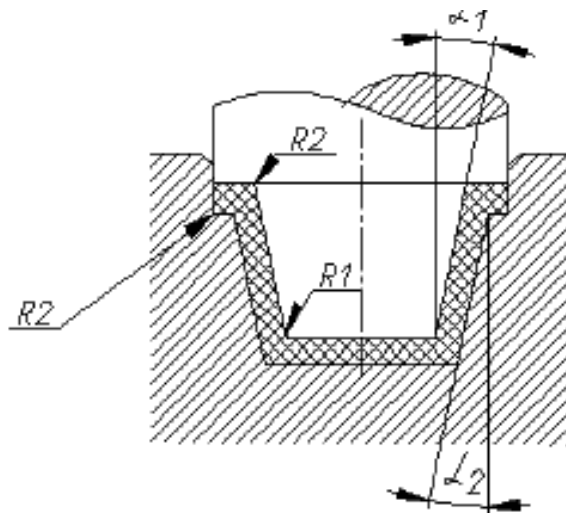


Рисунок 51. Елементи поковки

34. ВИДИ ШТАМПІВ ТА ШТАМПУВАЛЬНИХ РІВЧАКІВ

За наявності або відсутності заусенців розрізняють штампи відкриті та закриті (рис. 52).

Штампування у відкритих штампах характеризується змінним зазором між рухомою та нерухомою частинами штампу.

У зазор витікає заусенець (облой). При зменшенні зазору метал, що знаходиться в цьому зазорі між частинами штампа, інтенсивно охолоджується, збільшується межа текучості металу і зростає опір переміщенню заусенця. Завдяки цьому заповнюється вся порожнина штампа і тільки надлишки металу витісняються в заусенець. Заусенець згодом обрізається в спеціальних (обрізних) штампах [3].

Конструктивні елементи поковок

Найменування конструктивних елементів	Величина конструктивних елементів, досяжна при високошвидкісному штампуванні	При деформації на КГШП
Товщина ребра, мм	0,5 - 1	5
Товщина стінки поковки, мм	0,5 - 1	4
Товщина полотна при $D/h > 30$	0,3 - 1	4 - 5
Радіуси закруглення, мм	1 - 3	2,5 - 4
внутрішні, R_1		
зовнішні, R_2	0 - 1	3 - 5
Штампувальні нахили, град.		
внутрішні, α_1	0,5° - 1°	3° - 5°
зовнішні, α_2	0 - 0,5°	0,5° - 1,5°

Середні орієнтовні розміри та вага поковок, які можна виготовити на високошвидкісному обладнанні.

Параметри поковки	Енергія удару молота, кг·м					
	2500	6300	16000	25000	40000	63000
Розміри (діаметр та висота) поковок, мм	117x14,6	159x19,9	217x27,1	252x31,4	294x36,8	342x42,8
вага, кг	1,2	3,1	7,8	12,0	20,0	31,0

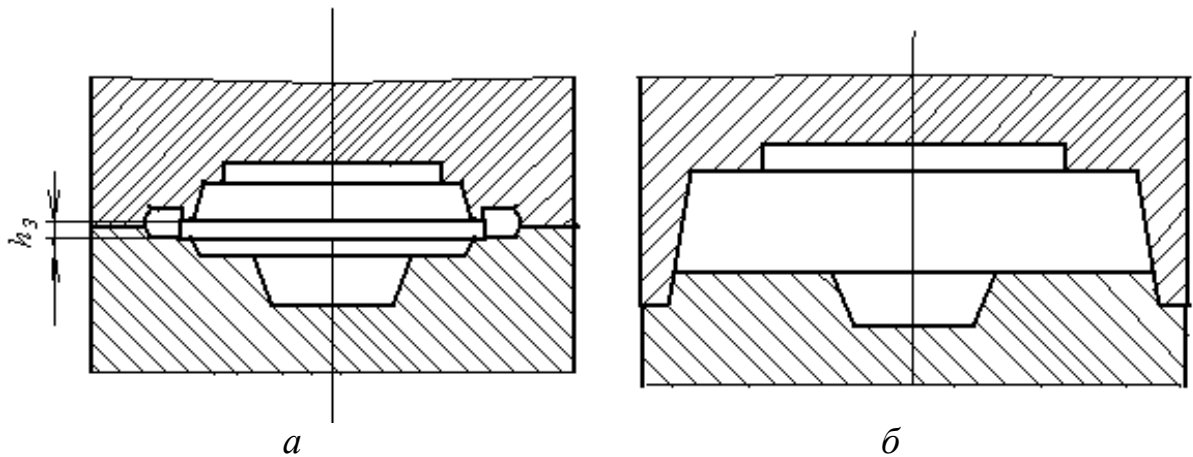


Рисунок.52. Схема штампування у відкритих (а) та закритих (б) штампах

Штампування у закритих штампах відрізняється від штампування у відкритих штампах тим, що деформація заготовки здійснюється у закритій порожнині штампу. Весь об'єм металу, що у порожнині штампа йде на формоутворення поковки та її формування протікає без витікання металу в заусенець. Зазор між рухомою та нерухомою частинами штампу в процесі деформування постійний і дуже невеликий. Він служить тільки для створення рухомої однієї частини штампу відносно іншої. Через нього метал при нетехнологічній конструкції і надмірній масі вихідної заготовки, може витікати в торцевий заусенець, який викликає підвищене зношення штампу, необхідність операцій з видалення заусенців (переважно ручних) [2].

Об'ємне штампування в закритих штампах є прогресивним технологічним методом. Порівняно із штампуванням у відкритих штампах, воно має такі переваги:

- через відсутність заусенців економиться метал, усувається потреба в пресах і штампах для обрізання заусенців, знижується трудомісткість і скорочується цикл штампування;
- сприятлива схема усестороннього стискання сприяє кращому прояву пластичних властивостей металу, що дозволяє штампувати малопластичні сплави і отримувати вищі ступені деформації;
- *KBM* підвищується до 75-80 %;
- поковки мають вищу якість за рахунок раціонального розподілу волокон металу (макроструктури), що плавно обтікають контур поковок.

Недоліки штампування в закритих штампах:

- вимагає ретельнішого відпрацювання конструкції поковки на технологічність;
- вимагає точнішого розрахунку маси вихідної заготовки;
- термін служби закритих штамків менший, ніж відкритих у відкритих (вони часто виходять з ладу через поломки, а не через зношення).

35. ОБРІЗУВАННЯ ЗАУСЕНЦІВ

Штамування на молотах і пресах проводиться переважно у відкритих штампах і супроводжується, відповідно, утворенням заусенців. Крім того, якщо поковка має отвір, то він перегороджений залишками матеріалу.

Обрізування поковок по контуру, тобто обрізання заусенців і прошивання отворів проводиться в спеціальних штампах на обрізних пресах – в холодному або гарячому стані (рис. 53).

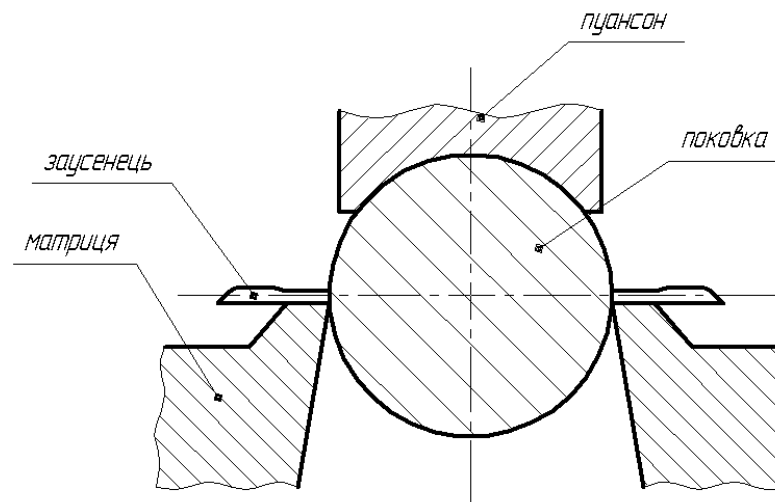


Рисунок 53. Обрізування заусенців

36. ТЕРМІЧНИЙ ІНТЕРВАЛ КУВАННЯ-ШТАМПУВАННЯ

Термічний інтервал кування-штампування – це інтервал між максимальною температурою нагрівання і мінімальною температурою, при якій закінчується кування-штампування.

Верхня межа температури не повинна досягати температури перепаду. Перепад – непоправний дефект нагрівання. Перепад проявляється у інтенсивному окисленні границь зерен, і, як наслідок – підвищення крихкості металу, повної втрати ним міцності і пластичності. Нижня межа температури має забезпечити достатню пластичність матеріалу.

Температуру початку обробки тиском слід призначати на 50 – 100°C нижчою за температуру солідусу сплаву. Фактично цей інтервал кожного сплаву встановлюють за результатами комплексу випробувань. У табл. 20 представлені значення температурних інтервалів для деяких сплавів.

Для стандартних марок матеріалів температурний інтервал обробки тиском визначають за відповідними довідниками.

Значення термічних інтервалів для сплавів

Вид сплаву		Межа, °С	
		верхня	нижня
Сталі	Різного хімічного складу	1100-1300	950-800
Алюмінієві		470-500	400-350
Мідні		700-900	550-800
Магнієві		370-430	300-350
Титанові		1000-1150	700-950

Особливо ретельно необхідно дотримуватися режиму нагрівання титанових сплавів. Титанові сплави відрізняються своїми експлуатаційними властивостями, у тому числі хімічною інертністю. Вони не вступають у реакцію навіть із морською водою. Але ця властивість зберігається лише до температури 500°C. За вищої температури титанові матеріали стають виключно хімічно активними. Вони взаємодіють навіть із повітрям, поглинаючи з нього кисень, азот і, що найшкідливіше, водень. На поверхні з'являється дефектний, так званий альфований шар, що має вкрай низькі експлуатаційні властивості і вкрай погано піддається видаленню при подальшій механічній обробці.

Великі переваги дає ізотермічна обробка титанових сплавів.

Нагрів бажано проводити з найбільшою швидкістю. При цьому менше росте зерно, знижується відхід в окалину. Найбільша технічно можлива швидкість нагрівання залежить від теплопровідності, теплоємності металу, діаметра заготовки, температурного напору печі та деяких інших факторів.

Однак при великій швидкості нагрівання спостерігається значний температурний градієнт від верхніх шарів до внутрішніх. Це сприяє виникненню тріщин. Тому від технічно можливої швидкості нагріву слід відрізнити допустиму швидкість нагрівання. Для виливків і заготовок з великим перерізом застосовують ступінчасте нагрівання: заготовку повільно прогривають до 600 – 700 °С, а потім - з великою швидкістю до кінцевої температури. Крім того, поверхня металу, що нагрівається, зазнає істотних змін. Так, наприклад, при нагріванні сталі товщина шару без вуглецю може досягати 1,5-2 мм.

Щоб знати яким часом можна керуватись для виконання тих чи інших кувально-штампувальних операцій, необхідно знати швидкість охолодження металу. На практиці для цього використовують спеціальні діаграми або розраховують час остигання за емпіричною формулою

$$t_{вост} = 0,006 \Delta T d,$$

де $t_{вист}$ – час вистигання заготовки, с;

ΔT – допустимий інтервал вистигання, °С;

d – діаметр або товщина заготовки, мм.

Але оскільки при куванні-штампуванні більша частина енергії деформації перетворюється на теплову, температура металу під час деформації не знижується. Найбільші втрати теплоти відбуваються до та після деформації. Продовжити перебування металу при температурі кування-штампування бажано для трудомістких процесів. Наприклад, при куванні великих поковок зі злитків і при обробці сплавів, що мають вузький температурний інтервал. Для цього застосовують сповільнювачі охолодження – азбестові ізолятори, індукційні підігрівачі.

Для підтримування необхідної температури доводиться здійснювати повторне нагрівання.

37. НАГРІВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

Обладнання, що застосовується для нагрівання заготовок перед обробкою тиском, поділяється на нагрівальні печі та електронагрівальні пристрої.

До нагрівальних печей (камерних і полум'яних) відносять обладнання, в якому теплота до заготовки передається конвекцією та випромінюванням від нагрівальної камери.

Нагрівання у печах створює окалину. Шар окалини при нагріванні вуглецевої сталі, що складається з FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , може становити 1 – 2 % маси заготовки. Це призводить не тільки до значної втрати металу, але й до додаткових труднощів попереднього очищення заготовки перед обробкою. Вдавлюючись при обробці тиском в тіло заготовки, окалина викликає необхідність збільшення припуску на механічну обробку, що призводить до передчасного зношування як штампів, так і оброблювальних інструментів.

Ці недоліки усуває індукційний нагрів. Він дозволяє створити нове високопродуктивне автоматичне обладнання, що об'єднує в робочому циклі машини нагрівання та штампування. На виробництві працюють штампувальні автомати за вказаним типом.

Важливим технічним фактором є можливість включення електричних штампувальних автоматів в поточкові лінії механічної обробки. У цьому випадку для електричних штампувальних автоматів відпадає необхідність у складному паровому, пічному, нафтовому та вентиляційному господарстві, властивому сучасним ковальським цехам. Такі автомати на вигляд та габаритами наближаються до сучасних металорізальних верстатів. Як і

верстати, вони живляться електроенергією та стисненим повітрям.

Для охолодження індукторів використовують воду. Втрати металу на окалину при індукційному нагріванні до 10 разів менші порівняно з нагріванням у печах. Так як нагрівання здійснюється протягом декількох секунд, поверхня деталі залишається чистою, не встигаючи вкритися окалиною.

У електронагрівальних пристроях теплота виділяється безпосередньо у самій заготовці як теплота опору при пропусканні крізь неї великої сили струму чи збудженні у ній вихрових струмів у спеціальних індукційних печах. Пристосування для індукційного нагрівання заготовки має невелику вагу та габарити і тому може бути вбудовано в штампувальний прес або розташовуватися безпосередньо біля молота, що є достатньо зручно.

Товщина шару заготовки, що нагрівається, залежить від частоти змінного струму: чим вона вища, тим більш поверхневим та інтенсивним буде нагрівання. Тому для розігріву масивних заготовок іноді застосовують промислову частоту (50 Гц). Глибина прогріву у цьому випадку може досягати 25 – 30 % від товщини заготовки. Прогрів по всьому перерізу, тобто центральної частини заготовки, відбувається за рахунок теплопровідності. Електронагрівання є більш екологічним.

Серйозними недоліками цих пристроїв є обмеження за габаритами заготовок, що нагріваються, вимоги їх постійного перерізу, необхідність для кожного типу і розміру заготовки мати відповідний індуктор. Крім того, ККД індукторів відносно невеликий.

38. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ПОКОВОК

Якість поковок і деталей, що виготовляються з них, у значному ступені залежить від термічної обробки.

Метою термічної обробки заготовок є поліпшення оброблюваності різанням; підготовка структури для остаточної термічної обробки, тобто отримання однорідної дрібнозернистої структури; зняття внутрішніх напружень; поліпшення комплексу механічних властивостей.

Флокени – дефекти у вигляді сріблясто-білих плям (діаметром від 2 – 3 мм до 40 – 50 мм). За своїм складом вони відмінні від основного металу. Флокени утворюються внаслідок неодночасного перетворення аустеніту вздовж перерізу поковки, а також внаслідок наявності водню. Флокени іноді (коли ще не відбулося розриву в них металу через тиск водню, що виділяється) можна виправити ізотермічним відпалом.

Крім ізотермічного відпалу для термічної обробки поковок використовують нормалізацію, відпал, високий відпуск, нормалізацію плюс високий відпуск.

Нормалізації піддають поковки з вуглецевих та легованих сталей (20, 30, 35, 40, 45, 20X, 40X), з яких виготовляються вилки, гаки, фланці, втулки, кронштейни, важелі та ін.

Нормалізація поковок з більш легованих сталей (12ХНЗА, 25ХГНМ та ін.) призводить до утворення бейнітної структури, яка ускладнює обробку різанням. Для усунення цього недоліку поковки додатково піддають високому відпуску (600 – 700 °С). Ізотермічному відпалу піддають поковки, для яких особливо важлива хороша оброблюваність різанням.

До них відносяться ковані заготовки зубчастих коліс, валів відповідального призначення, муфт, що виготовляються зі сталей 15ХФ, 15ХГН2ГА, 25ХГМ тощо.

Поковки зі сталей ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ піддають відпалу на дрібнозернистий перліт з метою поліпшення оброблюваності та підготовки структури до остаточної термічної обробки.

Твердість перед обробкою різанням сталей не повинна перевищувати зазвичай НВ 269.

Як термічну обробку кольорових сплавів застосовують гартування і старіння – для надання необхідних механічних властивостей і відпал – для усунення неврівноважених структур і деформаційних дефектів будови.

39. ЯКІСТЬ ПОКОВОК

Якість поковок визначає точність їх розмірів та геометричних форм; механічні властивості; структуру та відсутність зовнішніх і внутрішніх дефектів.

У виробничих умовах причинами браку можуть бути дефекти вихідного матеріалу і заготовки при нагріванні, а також дефекти, викликані відхиленнями від встановленого технологічного процесу.

Можливі дефекти: тріщини; вм'ятини від окалини; вигоряння вуглецю на глибину, що перевищує встановлений припуск; внутрішні розриви металу (внаслідок неправильного ведення кування); невідповідність макро- та мікроструктури; флокени.

Після кування перед термообробкою проводять зовнішній контроль поковок. При контролі дотримуються принципу єдності баз. Basisю для вимірювання служить поверхня, якою заготовка фіксується в пристосуванні при обробці різанням.

За наявності зовнішніх дефектів невеликої глибини їх вирубують. Допускається залишати незначні дефекти без видалення, якщо їх глибина не перевищує 0,5 припуску на обробку [1].

Відповідно до ГОСТ 8479-70 поковки розділені на п'ять груп:

I група – поковки без випробувань, поковки однієї або різних марок

сталей (умови комплектування партії);

II – III групи – поковки однієї марки сталі, випробування на твердість; причому для *II* групи попередню термообробку виконують одночасно для всієї партії, а для *III* – термообробку для кожного поковки за однаковим режимом.

Основними характеристиками для поковок *II* та *III* груп є твердість;

IV група – випробування на розтяг, ударну в'язкість, твердість для поковки однієї плавки сталі та при спільній термообробці;

V група – випробування на розтяг, ударну в'язкість, твердість. Приймається індивідуально кожна поковка.

Основними характеристиками для поковок *IV* і *V* груп є межа текучості, відносне звуження та ударна в'язкість. Для кожної групи поковки, за винятком групи *I*, встановлюється обсяг обов'язкових випробувань (табл. 21).

Віднесення поковки до тієї чи іншої групи встановлює споживач (за погодженням з конструктором виробу). Номер групи обов'язково вказується на кресленні заготовки.

На вимогу споживача в кресленні поковки можуть бути призначені вид, норми та методи додаткових випробувань при здачі поковок (перевірка на флокени, ультразвуковий контроль, величина залишкових напружень, макрота мікроаналіз структури, визначення величини зерна, ударної в'язкості при робочих та негативних температурах і т.д.).

За механічними властивостями поковки, що постачаються після остаточної термічної обробки, поділяються на категорії міцності. Для кожної категорії міцності для поковок *IV* і *V* груп встановлюються відповідні їй норми механічних властивостей, що визначаються при випробуванні на поздовжніх зразках.

Таблиця 21

Види випробувань для груп поковок

Група поковок	Вид випробування	Кількість поковок від партії, що підлягають випробуванню
<i>I</i>	Без випробувань	–
<i>II</i>	Визначення твердості	5% від партії, але не менше ніж 5 шт.
<i>III</i>	Визначення твердості	100 %
<i>IV</i>	1. Випробування на розтяг. 2. Визначення ударної в'язкості. 3. Визначення твердості.	До 100 шт. – 2 шт., більше 100 шт. – 1 %, але не менше 2 шт. (поковки з нижньою і верхньою межами твердості)
		100 %
<i>V</i>	1. Випробування на розтяг. 2. Визначення ударної в'язкості. 3. Визначення твердості.	100 %

Норми твердості для поковок *II* і *III* груп і категорії міцності для поковок *IV* і *V* груп призначаються за згодою виробника із замовником. Марка сталі для всіх груп вибирається за погодженням виробника та замовника і вказується на кресленні деталі та поковки.

40. ВИКІНЧУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ

До викінчувальних операцій відносяться такі операції:

1. Очищення травленням, галтування та дробометне очищення. Для заготовок із сталей застосовують розчин соляної кислоти, для алюмінієвих сплавів – лужний розчин. Після травлення сталеві штамповані заготовки промивають у лужному розчині та у воді, заготовки з алюмінієвих сплавів – у розчині азотної кислоти та у воді. Цей спосіб очищення найякісніший, але дорогий.

2. Галтування застосовується для очищення дрібних та середніх за масою поковок простої форми (короткі валики, зубчасті колеса).

3. Правлення в холодному та рідше у гарячому стані. Гаряче правлення після обрізання заусенців застосовують для заготовок з високолегованої або вуглецевої сталі, при холодному правленні яких можуть виникнути тріщини. Гаряче правлення виконують у остаточному рівчаку, а для заготовок з отвором її проводять у спеціальному штампі. Холодній правці піддають дрібні і середні за масою заготовки складної форми.

4. Калібрування виконується для підвищення точності розмірів, поліпшення якості окремих ділянок або всієї заготовки, забезпечуючи точність 8 – 12-го квалітету та параметр шорсткості поверхні $Ra = 2,5 - 0,32$ мкм.

41. ЗАГАЛЬНІ КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ ДО ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВИГОТОВЛЯЮТЬСЯ ГАРЯЧИМ ОБ'ЄМНИМ ШТАМПУВАННЯМ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ШТАМПОВАНИХ ЗАГОТОВОК

Загальні конструктивні вимоги до деталей, виготовлених гарячим об'ємним штампуванням, такі.

1. Усі поверхні поковки, що пересікаються повинні сполучатися по радіусах для поліпшення заповнення металом порожнин штампа й підвищення стійкості штампа. Значення зовнішніх радіусів встановлюють у межах 1 – 8 мм, внутрішніх – в 3 – 4 рази більше зовнішніх.

2. На необроблюваних поверхнях, перпендикулярних до площини роз'єму штампа, слід передбачати штампувальні нахили (у межах $1^{\circ} - 10^{\circ}$), необхідних для вільного видалення поковки зі штампа.

3. Для спрощення конструкції поковки, підвищення й поліпшення умов

заповнення штампа, в окремих випадках доцільно розділяти деталь на кілька частин, які штампуються окремо, і згодом з'єднуються зварюванням або іншим способом. В інших випадках, навпаки, доцільне об'єднання різних деталей в одну.

4. Правильний вибір площини роз'єму штампа, що забезпечує легке видалення поковки без істотного спрощення форми деталі.

Технологічна форма штампованих заготовок у закритих та відкритих штампах наведена на рис. 54 [5].

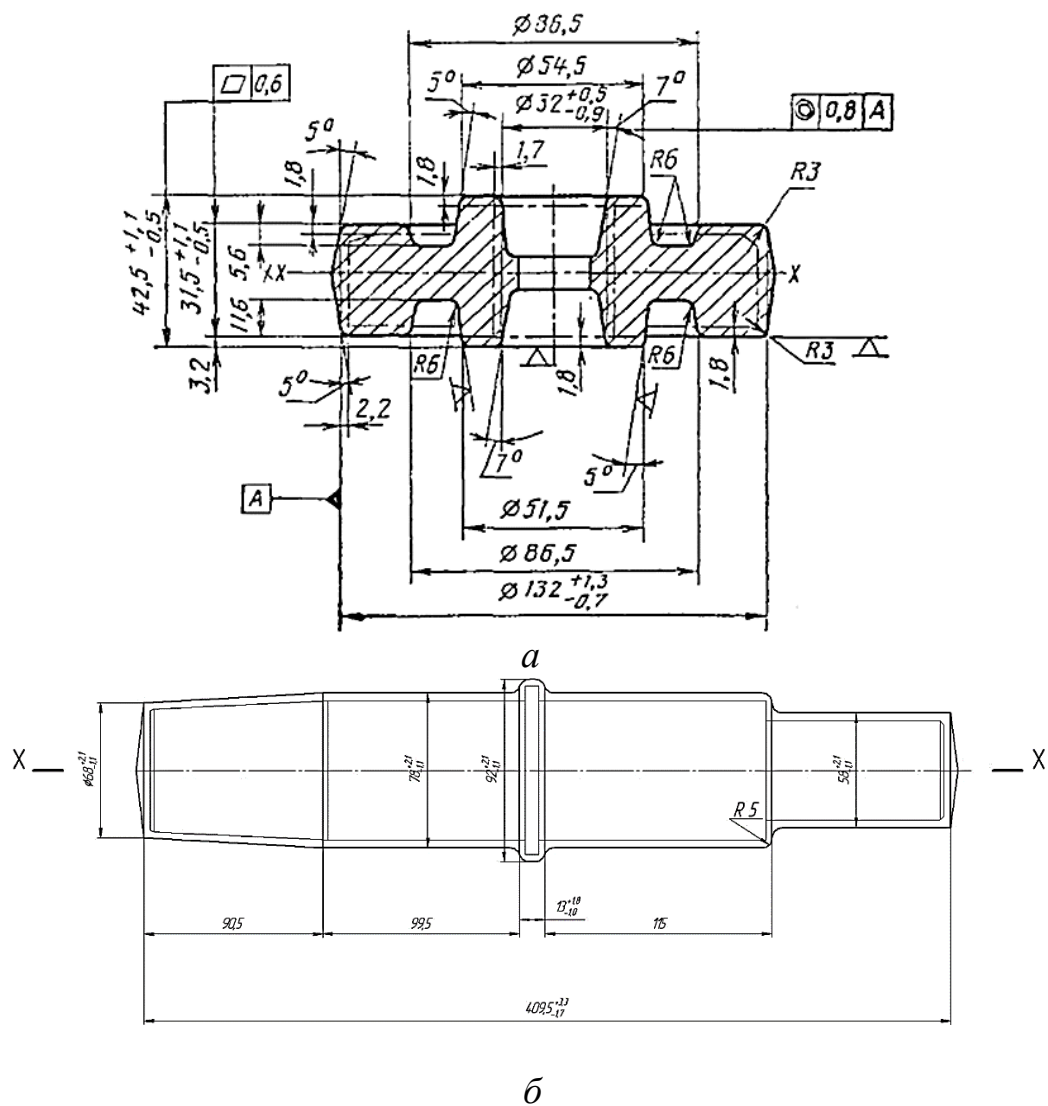


Рисунок 54. Технологічна форма штампованих заготовок, одержаних штампуванням у закритих та відкритих штампах:
 а – диск, б – вал

Поверхню роз'єму зазвичай вибирають так, щоб вона збігалася з двома найбільшими розмірами заготовки. Поверхня роз'єму штампа повинна забезпечувати вільне видалення заготовки зі штампа і контроль зсуву верхньої частини штампа відносно нижньої після обрізання. Глибокі порожнини при штампуванні на молотах розташовують у верхній частині штампа.

Форми штампованих заготовок і площини роз'єму наведені на рис. 55 –

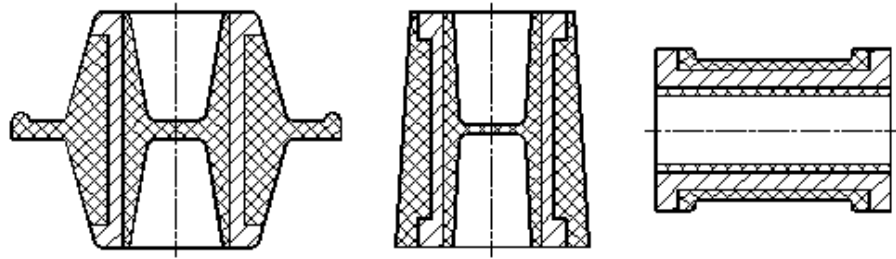


Рисунок 55. Форми штампованих заготовок при штампуванні на молоті, пресі та ГKM

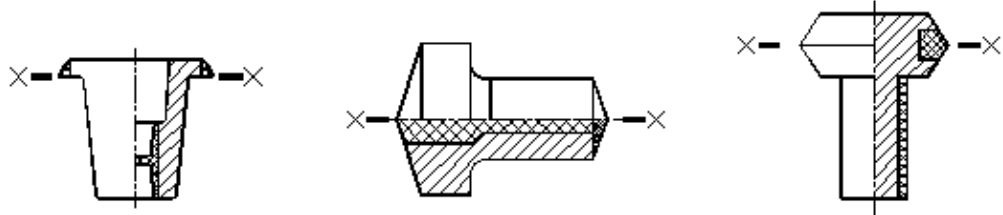


Рисунок. 56. Вплив площини роз'єму штампу на форму штампованої заготовки

У деяких випадках положення площини роз'єму визначається макроструктурою поковки. Наприклад, при штампуванні шестерні, площина роз'єму штампу завжди має бути перпендикулярною до осі деталі. В цьому випадку макроструктура виходить однаковою у всіх зубів шестерні і забезпечує їх високу міцність.

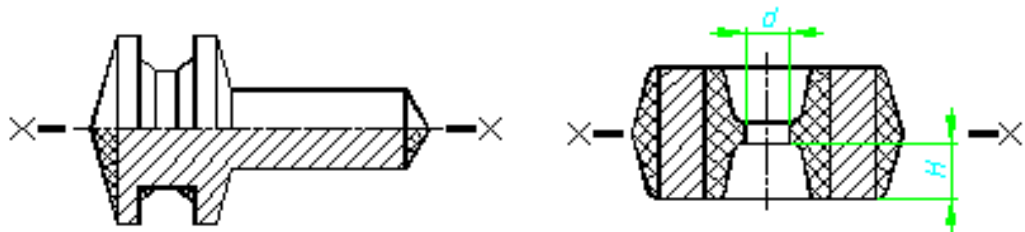


Рисунок 57. Положення площини роз'єму

Для отворів при штампуванні утворюють в заготовці поглиблення, які потім прошивають. Діаметр отвору d у заготовці має бути не менше 30 мм. Рекомендована глибина поглиблення: при виготовленні на пресах і молотах $H = 0,8d$; при виготовленні на ГKM $H = 3d$.

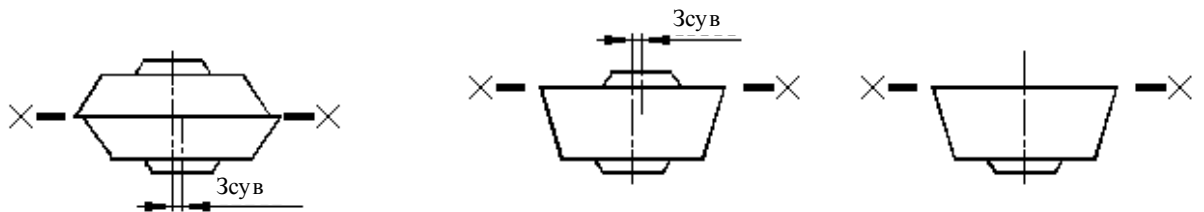


Рисунок 58. Схеми для вибору роз'єму штампу

42. ШТАМПУВАННЯ НА КУВАЛЬНИХ ВАЛКАХ

Штампуння на кувальних валках (рис. 59) в більшості випадків застосовується для попереднього формоутворення заготовок валів складної форми з наступним штампунням на молоті або пресі.

Робочим органом служать два валки, що обертаються в протилежних напрямках, на яких закріплені секторні штампи з рівчачками. Заготовка-пруток, яку прокатують в рівчачках одночасно з обтисканням, рухається, а потім виштовхується. Основною операцією є витягування з наданням заготовці різної форми в поздовжньому і поперечному перерізі.

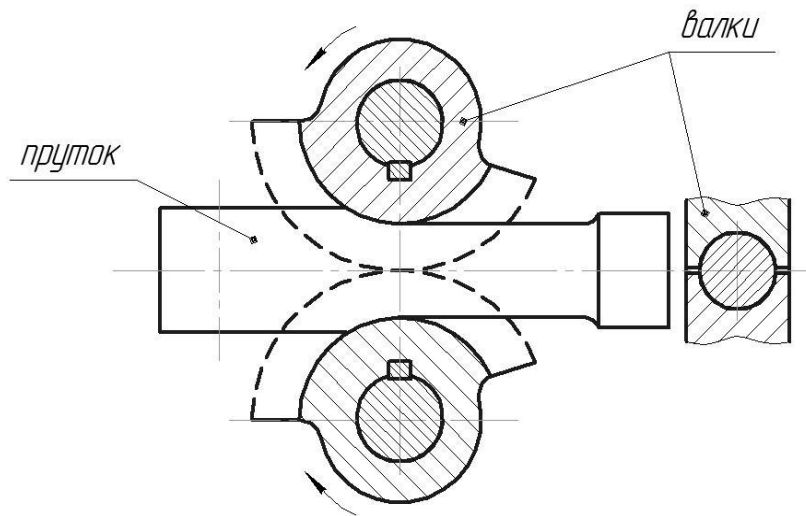


Рисунок 59. Схема штампуння на кувальних валках

43. РЕДУКУВАННЯ

Редукуванням називається процес обтискання і витягування пруткової або трубчастої заготовки, який виконується частими ударами кулачків зі всіх сторін поперечного перерізу заготовки. В результаті переріз заготовки зменшується, а в деяких випадках змінюється і його форма.

Довжина заготовки збільшується. Редукування металу можливе в нагрітому і в холодному стані та забезпечує отримання заготовок з великою точністю: допуск зовнішнього розміру коливається при гарячому деформуванні в межах $\pm 0,3$ мм, внутрішнього - $\pm 0,1$ мм і при холодному відповідно $\pm 0,1$ і $\pm 0,01$ мм.

Холодне редукування застосовується зазвичай при діаметрі заготовок до 20 мм.

Для редукування застосовуються два типи машин – з обертовими і не обертовими матрицями. Головними робочими частинами цих машин є пустотілий шпиндель і обойма, що несе робочий інструмент – матриці.

В машинах першого типу матриці працюють в двох рухах: обертаються разом із шпинделем і рухаються зворотно-поступально, обтискаючи

заготовку. В машинах другого типу матриці мають лише зворотно-поступальний рух.

В зв'язку з цим на машинах першого типу отримують заготовки типу валів, а на машинах другого типу - заготовки з січеннями в вигляді квадрату, прямокутника, шестигранника і т.д. Діаметр прутка вибирається за найбільшим діаметром вала. За рахунок зміни вильоту бойків в міру просування заготовки змінюються її поперечні розміри і досягається отримання валів ступінчатої форми.

Часто після холодного калібрування деякі ділянки заготовки взагалі не потребують механічного оброблення (точність розмірів від $\pm 0,02$ до $\pm 0,2$ мм, шорсткість поверхонь $Rz 3,2$ мкм).

44. ВИСАДЖУВАННЯ З ПРУТКА

Холодне висаджування з прутка застосовується, в основному, для виготовлення кріпильних деталей (болтів, гвинтів), а також дрібних ступінчастих валиків та інших деталей.

Холодне висаджування здійснюється на високопродуктивних висаджувальних пресах-автоматах (до 400 штук за хвилину). Точність розмірів відповідають 9-му квалітету, шорсткість поверхні до $Rz 6,3$ мкм. Заготовкою служить калібрований пруток діаметром до 25 мм. Відходи металу незначні: економія металу порівняно з виготовленням подібних деталей з прутка із зняттям стружки досягає 40%. Одночасно з висадкою можна проводити калібрування гладкої частини деталі шляхом проштовхування її через спеціальну матрицю.

Для висаджування попередньо обробленої заготовки застосовується електровисаджування.

Місцевий нагрів проводиться пропусканням через штамп струму низької напруги. Точність розмірів при цьому досягає 7-го квалітету.

45. ВОЛОЧІННЯ

Волочіння – процес холодного протягування заготовки через отвір в матриці. За одне протягування зменшення площі перерізу заготовки не перевищує 25–35%, тому для досягнення заданих розмірів часто протягують заготовку послідовно через ряд отворів матриць, які поступово звужуються.

Волочінням оброблюють сталі різних марок, а також кольорові метали та їх сплави.

Волочіння застосовується для одержання тонкого проводу діаметром 0,02 – 1 мм і більше; тонкостінних труб, виготовлених попередньо прокатуванням або пресуванням; при калібруванні гарячекатаного сортового

круглого прокату діаметром до 100 мм; для виготовлення фасонних профілів, з яких шляхом розрізання отримують потім готові деталі – призматичні і сегментні шпонки, шліцеві валики, зубчасті і храпові колеса для масового виробництва і т.п.

Цей метод досить продуктивний. Точність профілю досягає 11-го квалітету, шорсткість поверхонь – до Rz 10 мкм.

Крім того, холодне волочіння підвищує твердість і зносостійкість поверхні деталі і дає значну економію металу (наприклад, при виготовленні сегментних шпонок – до 30%).

46. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ

Технологічний процес (ТП) гарячого штампування – це сукупність дій робітника, безпосередньо пов'язаних зі зміною форми і розмірів вихідної заготовки від моменту надходження металу в обробку і до отримання готової поковки [4].

Технологічний процес гарячого штампування виконується в такій послідовності:

- вибір способу штампування;
- розроблення креслення поковки;
- визначення переходів штампування;
- визначення форми та розмірів заготовки;
- вибір ковальсько-штампувального обладнання за потужністю;
- конструювання штампів;
- вибір температурного інтервалу та способу нагрівання;
- визначення виду завершальних та викінчувальних операцій;
- розрахунок техніко-економічних показників розробленого ТП.

Технологічний процес виготовлення поковки включає такі операції: відрізання прокату на мірні заготовки, нагрівання, штампування, обрізання облою та пробивання залишків металу, правлення, термічна обробка, очищення поковок від окалини, калібрування, контроль готових поковок [5].

Перед штампуванням заготовки повинні бути рівномірно нагріті по всьому об'єму до заданої температури. При нагріванні повинні бути мінімальними окалиноутворення (окислення) та знеуглецьовування поверхні заготовки. Використовуються електроконтактні установки, у яких заготовка, затиснута мідними контактами, нагрівається під час пропускання нею струму; індукційні установки, у яких заготовка нагрівається вихровими струмами; газові печі з безокислювальним нагріванням заготовок у захисній атмосфері.

Штампкування здійснюють у відкритих та закритих штампах.

У відкритих штампах отримують поковки подовженої та

вісесиметричної форми.

У закритих штампах – переважно вісесиметричні поковки, у тому числі з малопластичних матеріалів.

Поковки простої форми штампують у штампах з однією порожниною. Складні поковки з різкими змінами перерізів по довжині, із вигнутою віссю тощо, штампують у багаторівчачкових штампах [6].

Після штампування у відкритих штампах проводять обрізування облою та пробивання залишків матеріалу у спеціальних штампах, що встановлюються на кривошипних пресах (рис. 60).

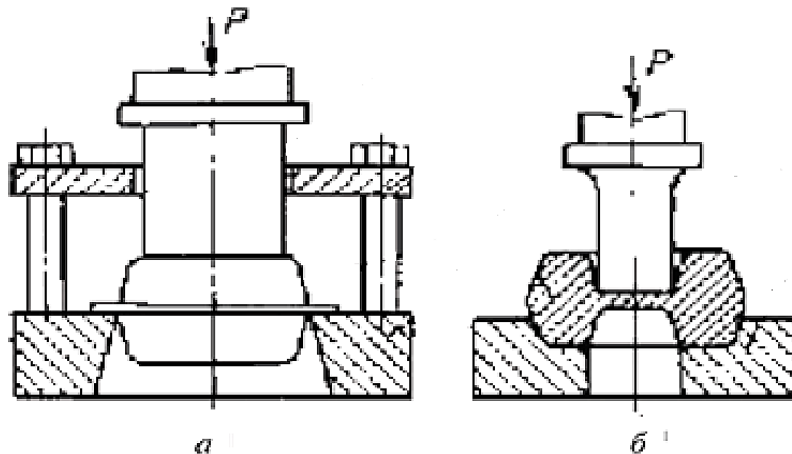


Рисунок. 60. Схеми обрізування облою (а) та пробивання залишку матеріалу (б)

Правлення штампованих поковок виконують для усунення викривлення осей і спотворення поперечних перерізів, що виникають при утрудненому вилученні поковок зі штампу, після обрізування облою і термічної обробки.

Великі поковки і поковки з високовуглецевих та високолегованих сталей правлять у гарячому стані або в чистовому рівчаку штампа відразу після обрізування облою, або на обрізному пресі (обрізний штамп сполучається з правочним штампом), або на окремому обладнанні. Дрібні поковки правлять на гвинтових пресах у холодному стані після термічної обробки.

Термічну обробку застосовують для отримання необхідних механічних властивостей поковок та полегшення їх обробки різанням. Відпал знімає в поковках з високовуглецевих і легованих сталей залишкові напруження, подрібнює зерно, знижує твердість, підвищує пластичність і в'язкість.

Нормалізацію застосовують для усунення крупнозернистої структури в поковках зі сталей із вмістом вуглецю до 0,4%.

Очищення поковок від окалини проводять для полегшення контролю поверхні поковок, зменшення зношення металорізальних інструментів і правильної установки заготовки на металорізальних верстатах.

На дробоструминних установках окалину з поковок, що переміщуються по стрічці конвеєра, збивають потоком дробу діаметром 1 – 2 мм, що летить із

великою швидкістю. У галтувальних барабанах окалина видаляється завдяки ударам поковок одна до одної і до металевих зірочок, які закладені в барабан, що обертається [4].

Калібрування поковок підвищує точність розмірів усієї поковки або окремих її ділянок. Внаслідок цього подальша механічна обробка усувається повністю або обмежується тільки шліфуванням.

Розрізняють площинне та об'ємне калібрування. Площинне калібрування виконують для отримання точних вертикальних розмірів на одній або декількох ділянках кування. Об'ємним калібруванням підвищують точність розмірів поковки в різних напрямках та покращують якість її поверхні. Калібрують у штампах з рівчачками, що відповідають конфігурації поковки [4].

47. ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ

Холодне штампування включає в себе велику різноманітність способів: об'ємне холодне штампування; листове штампування; штампування на машинах для горизонтального гнуття; вальцювання; розкочування; накатування; калібрування.

Об'ємне холодне штампування ділиться на ряд видів: видавлювання; висаджування; радіальне обтиснення; редукування й ін.

Цей спосіб формоутворення усуває втрати металу на пригар і відходи в окалину, що мають місце при нагріванні металу, забезпечує одержання точніших розмірів заготовки і якість поверхні. У результаті холодного деформування в металі усуваються деякі внутрішні дефекти, забезпечується однорідність його структури, відбувається зміцнення поверхневого шару, завдяки чому замість високолегованих сталей у ряді випадків можна використовувати вуглецеві.

Листове холодне штампування поділяється на такі види: розділювальні; формозмінні; комбіновані; штампо-складальні.

Розділювальні види характеризуються наявністю розділення однієї частини металу від іншої: обрізання, надрізання, вирубування, пробивання, проколювання й т.п.

Формозмінні види характеризуються зміною форми заготовок без їхнього руйнування: гнуття, витяжка, відбортовка й т.п.

Комбіновані види поєднують розділювальні й формозмінні види оброблення.

Штампо-складальні види характеризуються механічним з'єднанням окремих листових штампованих деталей (рис.61).

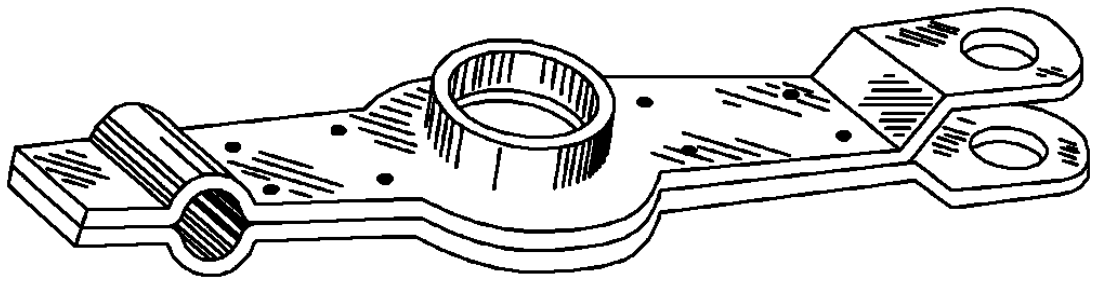
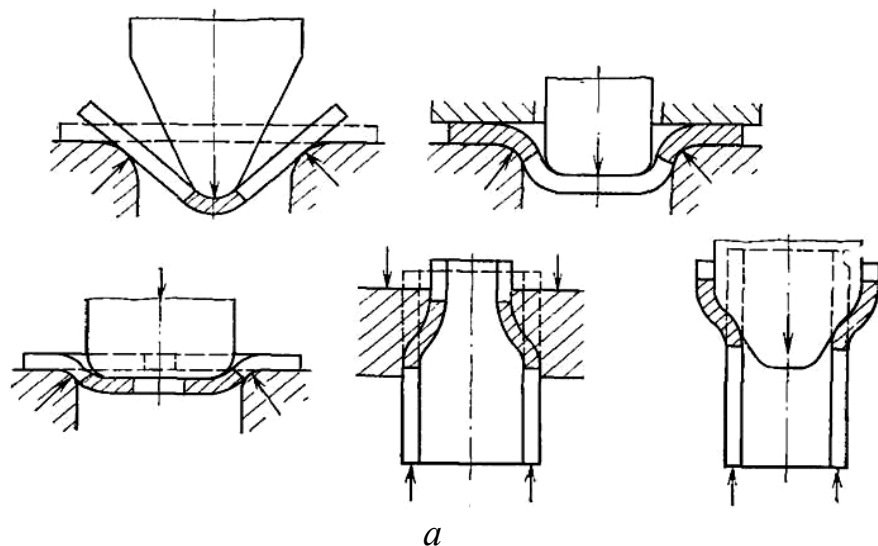


Рисунок 61. Штампо-складальна заготовка

Штампо-складальні операції широко застосовують у масовому й серійному виробництві: для нероз'ємних з'єднань (клепання, холодне зварювання, з'єднання «у замок», відтбортовка, обтискання і т.п.) і роз'ємних (запресовування, відгинання й т.п.).

48. ХОЛОДНЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Видавлюванням можна виготовляти деталі зі сталі та алюмінію, міді, нікелю та їх сплавів (рис. 62).



б

Рисунок 62. Листове штампування: *а* – схеми штампування; *б* – одержувані деталі

Вихідними заготовками зазвичай є: прутки, дріт, листи, смуги, труби та періодичний прокат.

Якість поверхні штампованої деталі залежить від якості поверхні інструменту (не вище $Ra = 0,32 - 0,08$ мкм), мастильного матеріалу та ін. Параметр шорсткості внутрішньої поверхні деталей з кольорових сплавів $Ra = 0,16$ мкм, зовнішньої – $Ra = 10$ мкм.

Висаджують заготовки зі сталі з вмістом вуглецю до 0,05%, а в деяких випадках – при зниженому ступені деформації – з вмістом вуглецю до 1,1%.

При висаджуванні, що часто поєднується з видавлюванням і радіальним обтисканням, виготовляють суцільні деталі типу тіл обертання, що іноді містять невеликі елементи з двома осями симетрії і більше.

Такі деталі виготовляють на високопродуктивних холодновисадних автоматах з каліброваного матеріалу (8 – 11-го квалітету) діаметром до 52мм. Найбільша довжина деталі, що штампується на автоматах, становить 200 – 300 мм, а на спеціалізованих автоматах – до 400 мм.

При напівавтоматичному висаджуванні заздалегідь нарізаних заготовок можна отримати деталі довжиною до 1200 – 1800 мм.

Діаметр вихідної заготовки при радіальному обтисканні $d_o = (1 \dots 1,2)d$, а при видавлюванні - $d_o = (1,25 \dots 1,35)d$.

Критерієм можливості штампування висадкою є відношення h_o/d_o , де h_o , d_o – висота і діаметр частини, що висаджується, відповідно.

Залежно від об'єму, одержуваного під час висаджування потовщення, для попередження поздовжнього вигину заготовки процес виконують за один чи кілька переходів.

За один, два переходи висаджування виготовляють деталі простої форми (заклепки, гвинти, болти), за три - шість переходів – деталі складної форми з головкою великого діаметра і малої висоти, довгі порожнисті та інші деталі.

При висаджуванні можна отримувати поперечні розміри деталей з точністю 8 – 9 -го квалітету; розміри за довжиною - з точністю 11 – 12-го квалітету; досягається шорсткість поверхні $Ra = 2,5 - 0,63$ мкм.

Для радіального обтиснення можна застосовувати всі метали, у тому числі і металеві порошки. Твердість матеріалу для обтиску заготовок діаметром більше 5 мм $\leq 25HRC$, $\sigma_s \leq 14$ МПа, $\delta \geq 4\%$, $\psi \geq 25\%$; матеріал вихідної заготовки діаметром до 5 мм може бути твердішим.

Для отримання високої якості деталей застосовують калібровані холоднотягнуті прутки. Діаметр прутка не більше 50 – 60 мм. Сталі підвищеної оброблюваності різанням деформують при $\psi \leq 25\%$. Обтисканням у порівнянні з висадкою можна обробляти заготовки зі сталі з підвищеним ступенем деформації (ψ приблизно становить 50 %), що містять більш ніж удвічі вуглецю, у сім разів більшу кількість кремнію, в 1,5 рази марганцю.

Добре обробляються деталі з міді (без домішок свинцю), латуні, алюмінію та корозійностійких сталей.

Радіальним обтисканням можна виготовляти в гарячому та холодному стані ступінчасті та подовжені деталі із жароміцних та інших малопластичних сплавів, пустотілі деталі зі складною конфігурацією внутрішньої поверхні, деталі з отворами малих діаметрів на великій довжині, виконувати складальні операції.

Складанням отримують деталі з двох втулок, втулки і валика та деталей інших типів різного поперечного перерізу.

При холодній обробці параметр шорсткості поверхні $R_a = 0,32 - 0,08$ мкм; при гарячій - $R_a = 5 - 1,25$ мкм; точність при холодній обробці відповідає 6 – 9-му квалітету; при гарячій обробці – 11 – 13-му квалітету.

Креслення штампованої при радіальному обтисканні заготовки виконують з урахуванням припусків на подальшу обробку і можливих перепадів ступеней. Припуск на діаметр передбачають у разі необхідності подальшої механічної обробки. Припуск за довжиною обумовлений появою утяжок в процесі обтиснення на кінцях заготовки, глибина яких при $\psi = 0,50 - 0,75$ становить 50 – 100% від діаметра кінцевої ділянки. З підвищенням міцності металу та збільшенням ступеня деформації глибина утяжки зменшується.

Редукування застосовують для формоутворення суцільних та порожнистих ступінчастих деталей типу валів, осей, пальців, а також для виготовлення болтів, шпильок, шліцевих валів тощо зі сталей з низьким, середнім і високим опором деформуванню.

Досяжний параметр шорсткості поверхні $R_a = 0,16 - 0,04$ мкм; точність визначає відносне збільшення діаметрального розміру, яке залежить від марки сталі і ступеня деформації та знаходиться в межах 0,15 – 0,45 % від діаметра матриці. При редукуванні прямокутних шліців у жорстких конічних матрицях точність відповідає 6 – 10-му квалітету.

49. ЛИСТОВЕ ШТАМПУВАННЯ

Холодне листове штампування особливо широко застосовується в автомобілебудуванні. Такі досить складні деталі і конструкції, як кузови легкових автомобілів, кабіни вантажних автомобілів та інші виготовляють за цим методом. Холодним листовим штампуванням виготовляються різні кожухи, ємності, фрикційні диски, ковпаки, прокладки тощо (рис. 63).

В сучасному автомобілі до 50–70 % деталей виготовлено листовим штампуванням; трудомісткість їх виготовлення складає 7–15 % від загальної трудомісткості.

Матеріалом для листового штампування служить тонколистовий метал і

стрічка. Листове штампування досить продуктивне і точне – без особливих утруднень може бути витриманий 12– 13 квалітет точності.

Розміри деталей, які отримують в одному штампі, можуть бути витримані в межах 9 -го квалітету. Така висока точність виключає наступне механічне оброблення або зводить його до мінімуму. Для відновлення пластичних властивостей металу після штампування здійснюють відпал заготовок.

Основним обладнанням для листового штампування є кривошипні і гідравлічні преси.

Основні переваги листового штампування:

- можливість виготовлення міцних, легких і жорстких тонкостінних деталей простої і складної форми, одержати які іншими способами важко;
- висока продуктивність і економія металу;
- широкі можливості автоматизації й роботизації;
- взаємозамінність деталей і висока чистота поверхні;
- не потрібна операція нагрівання металу і поверхневий шар не окислюється;
- зміцнення оброблюваного матеріалу;
- відсутнє або незначне наступне механічне оброблення.

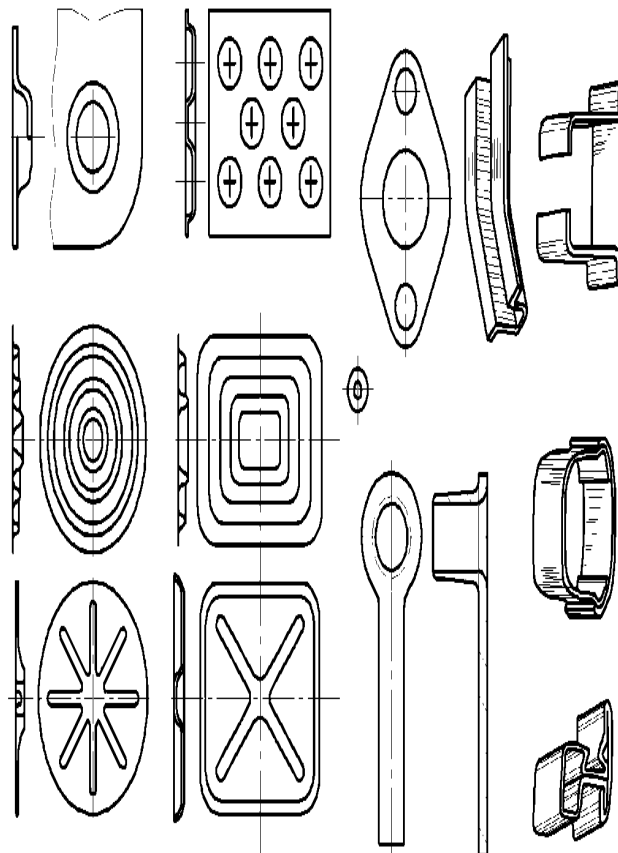


Рисунок 63. Деталі, що виготовляються холодним листовим штампуванням

Доцільність застосування листового холодного штампування визначається рядом умов, насамперед серійністю випуску виробу, конфігурацією деталі, механічними властивостями матеріалу, необхідною точністю виготовлення. Застосування листового штампування вигідно у таких випадках:

- деталь має складну форму з розмірами невисокої точності;
- при наявності в деталей прорізів з гострими кутами;
- при виготовленні деталей, заготовки яких мають вигляд шайб або шайб із отворами;
- для виготовлення деталей будь-якої форми з листового матеріалу, якщо будуть виправдані витрати на виготовлення й експлуатацію штампа;
- при обробленні деталей Г-подібної, П-подібної або іншої форми складного контуру.

При виготовленні листових деталей, особливо великих, невеликими партіями, не економічно застосовувати складні штампи. В таких випадках застосовують штампування гумою або штампування вибухом.

50. ПРОГРЕСИВНІ СПОСОБИ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ

50.1. Штампування вибухом

Для штампування вибухом застосовують різні енергоносії: газові суміші, порох і т.п.

Найбільшого поширення набув спосіб дії на заготовку вибухової хвилі через передаюче середовище, наприклад, воду (рис. 64) [3].

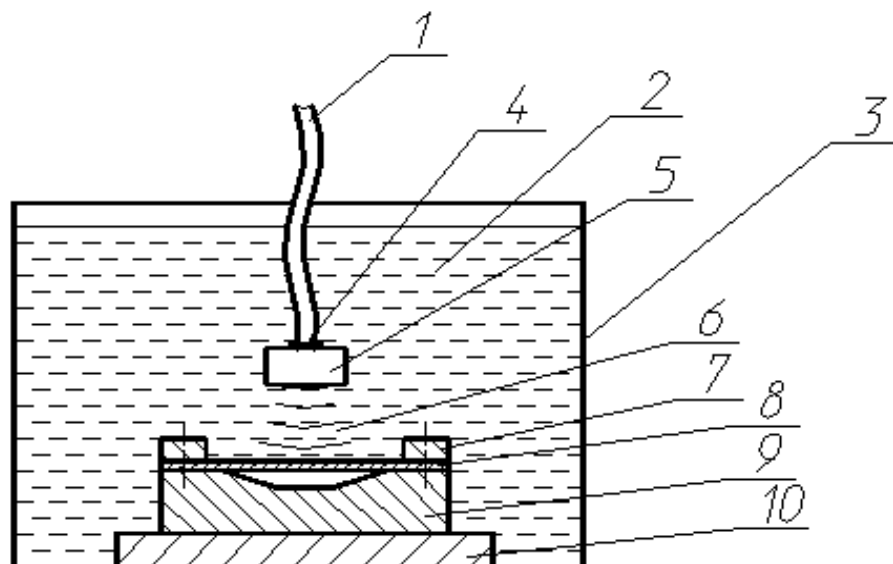


Рисунок 64. Штампування вибухом: 1 – провід, 2 – вода, 3 – бак, 4 – детонатор, 5 – запал, 6 – вибухова хвиля, 7 – притискачі, 8 – заготовка, 9 – матриця, 10 – основа

Вибухове штампування через воду розвиває більшу енергію деформації, ніж через газ і забезпечує кращу якість поверхні виробу.

Матрицю накривають заготовкою та поміщають у басейн. У воді на деякій відстані від заготовки здійснюють вибух. В результаті ударна хвиля за доли секунди деформує заготовку.

При штампуванні безпосередньо вибухом детонаційна хвиля, що виходить із запальної труби із швидкістю до 3500 м/с, діє на лист і деформує його за формою матриці.

При штампуванні вибухом на поверхні листової заготовки створюється дуже великий питомий тиск при високій швидкості деформування. При цьому важко деформовані метали: титанові сплави, нержавіючі і жароміцні сталі та ін. стають пластичнішими і можуть бути піддані деформуванню приблизно на 75% більше, ніж при звичайних методах штампування.

50.2. Штампування електроіскровим розрядом у рідині

Штампування електроіскровим розрядом у рідині (рис. 65), аналогічно штампуванню вибухом, характеризується високим тиском та великими швидкостями деформування [3].

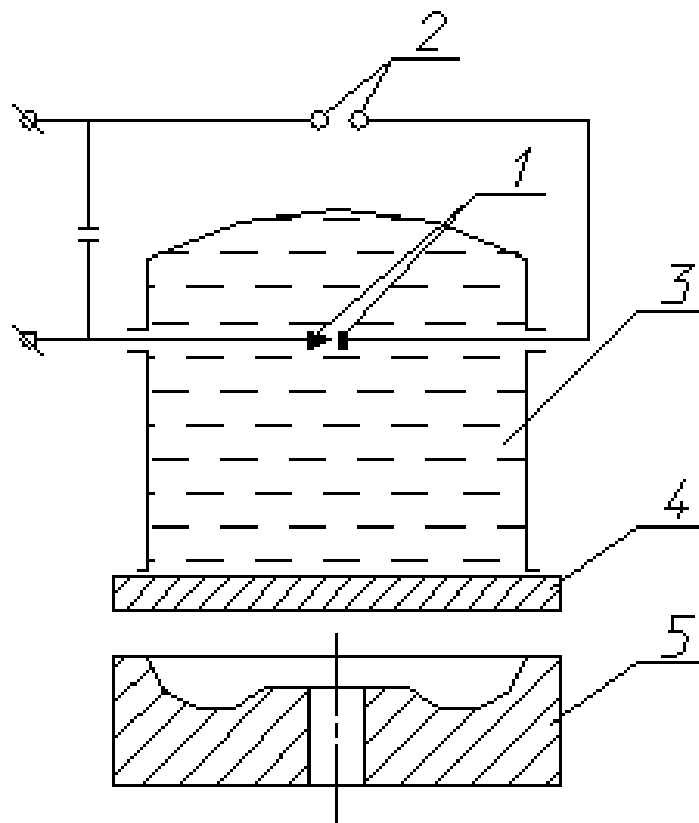


Рисунок 65. Штампування електроіскровим розрядом у рідині: 1 – електроди, 2 – розрядник, 3 – резервуар, 4 – заготовка, 5 – матриця

У процесі штампування при досягненні певного потенціалу на конденсаторі відбувається іскровий розряд, що створює ударну хвилю, яка створює тиск на заготовку і деформує її за формою матриці.

50.3. Електромагнітне штампування

Електромагнітне штампування характеризується тим, що тиск на метал, необхідний для надання йому необхідної форми, створюється в результаті впливу на заготовку сил імпульсного електромагнітного поля (рис. 66).

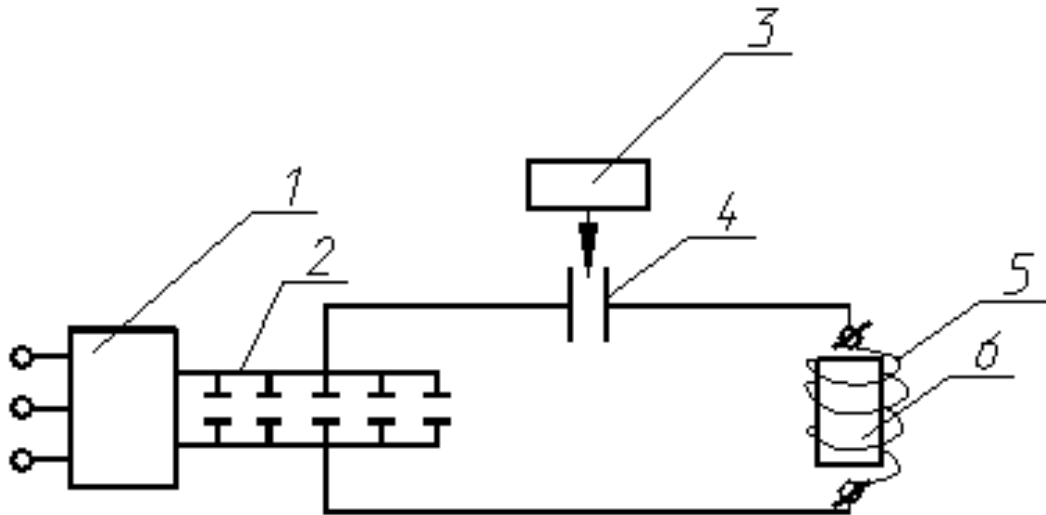


Рисунок 66. Штампування електромагнітне: 1 – зарядний пристрій, 2 – емнісний накопичувач, 3 – регулятор напруги, 4 – 3-х електродний розрядник, 5 – індуктор, 6 – заготовка

Принцип дії магнітно-імпульсної установки заснований на тому, що при розряді конденсатора через індуктор, навколо нього утворюється потужне імпульсне магнітне поле, а в розміщеній поблизу заготовці виникають вихрові струми, що взаємодіють з полем. В результаті заготовку притискають до матриці дуже великі імпульсні механічні сили, що викликають деформування заготовки.

51. ШТАМПУВАННЯ ГУМОЮ

Штампування гумою виконується найчастіше на гідравлічних пресах. Цей метод застосовують для отримання деталей з алюмінієвих, мідних сплавів і низьковуглецевої сталі товщиною до 2 мм.

При застосуванні цього методу спочатку виготовляють із загартованої вуглецевої сталі матрицю товщиною 4 – 5 мм, що утворює за профілем деталь, яку вирубують. На матрицю кладуть лист матеріалу (рис. 67), а на нього накладають лист щільної гуми. Зім'ята пуансоном гума вдавлює матеріал листа в прорізі матриці і відбувається відрізання матеріалу гострими краями матриці.

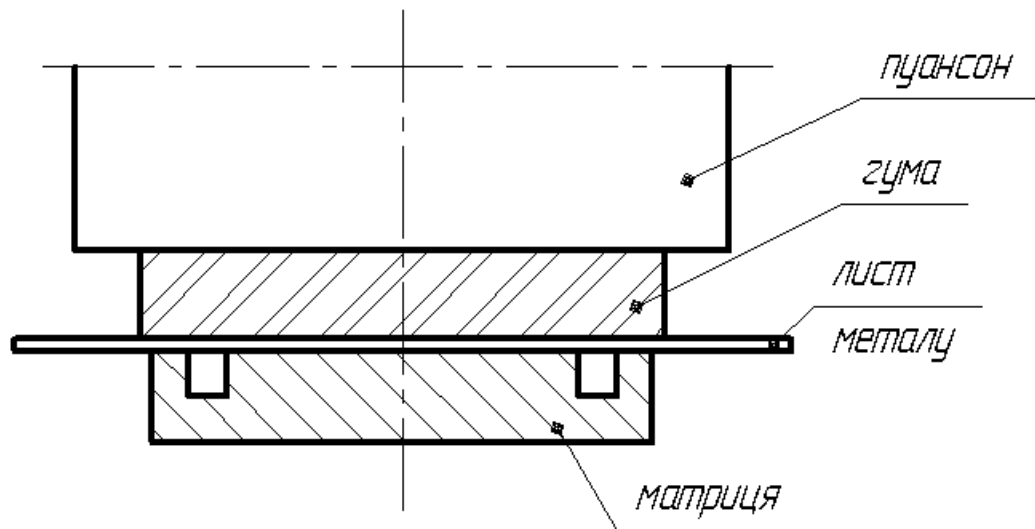


Рисунок 67. Штампування гумою шайби

Щоб виконати цим способом витягування, виготовляють пуансон необхідної форми. Вдавлюють пуансоном листову заготовку в гумову подушку, і під дією стиснутої гуми заготовка обтягує пуансон.

52. ЗАГОТОВКИ З ПРОКАТУ

52.1. Загальна характеристика прокатного виробництва

Прокатування – це деформація металу, стискання його валками, що обертаються; в результаті металева заготовка витягується і зменшується в поперечному перерізі.

Для прокатування металу в прокатних цехах встановлюють стани різного типу та призначення. Робоча лінія стану зазвичай складається з робочої кліті, шпинделів для приводу валків, шестеренної кліті, редуктора, муфт і головного електродвигуна.

Вихідний матеріал для прокатного виробництва – злитки та литі заготовки. Вони мають поперечний переріз квадратної або прямокутної форми, у деяких випадках – круглої (при виробництві труб, коліс і бандажів).

Технологічний процес прокату складається з прокату злитка в напівфабрикат та з напівфабрикату в готовий прокат.

Основними операціями технологічного процесу прокатного виробництва є: підготовка вихідних матеріалів до прокатування; нагрівання цих матеріалів перед прокатуванням; прокатування; обробка, включаючи різання, охолодження, правлення, видалення поверхневих дефектів, термічна обробка та ін. Основні види прокату та його застосування наведені в табл. 22 [3].

Види і область застосування сортового прокату і профілів

Вид прокату або профіль	ГОСТ	Характеристика поперечного січення	Застосування
1. Сортовий 1.1. Круглий, гарячекатаний підвищеної та нормальної точності	2590-88	Постійне	Гладкі та ступінчасті вали з невеликим перепадом діаметра ступенів, стакани діаметром до 50мм, втулки із зовнішнім діаметром до 25 мм.
1.2. Круглий калібрований			
1.3. Квадратний, шестигранний та смуговий гарячекатаний звичайної точності	2591-88 2879-69 103-76		Невеликі деталі типу важелів, тяг, планок та клинів
1.4. Квадратний та шестигранний калібрований	8559-75 8559-78		
2. Листовий 2.1. Товстолистовий гарячекатаний	19903-74	Змінне	Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми; циліндричні порожнисті заготовки типу втулок та валів
2.2. Тонколистовий гарячекатаний та холоднокатаний	19903-74 19904-74		
3. Труби 3.1. Сталеві безшовні гарячекатані, холоднотягнуті і холоднокатані	8732-78 8734-75		Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, склянки, барабани, ролики, вали; дозволяє знизити витрати металу на 20 – 70 % та час обробки на 20 – 40 %.
3.2. Електрозварні фасонні квадратні та прямокутні	16704-76 8639-82 8645-68		
3.3. Спеціальний профіль	6856-56		
4. Профільний сортовий 4.1. Сталь кутова рівностороння та нерівностороння	8509-86 8509-86	Постійне	Балки, кронштейни, полиці; зварні металургійні конструкції (рами, плити, станини, підставки, корпуси)
4.2. Балки двотаврові широкополочні та полегшені	8239-72		
4.3. Швелери звичайні та полегшені	8248-77E		

Продовження таблиці 22

Вид прокату або профіль	ГОСТ	Характеристика поперечного січення	Застосування
5. Періодичний 5.1. Поздовжній	8319.0-75 8319.13-75	Змінне	Осі автомобіля та ін. Деталі крупносерійного та масового виробництва. Дозволяє до 15% знизити витрати металу, на 25 - 30% підвищити продуктивність і на 10 - 20% знизити собівартість виготовлення деталей автомобіля та ін.
5.2. Поперечно-гвинтовий	8320.0-83 8320.13-83		Шпинделі текстильних машин, вали електродвигунів і коробок передач, осі вагонеток, півосі та розподільні вали, важелі та ін. деталі крупносерійного та масового виробництва
5.3 Поперечний	-	Змінне	Шарики для підшипників кочення, вугільних та цементних млинів; порожнисті профільовані трубчасті заготовки (велосипедна втулка та ін.)
6. Фасонний спеціальний	-	Постійне або незначно змінене	Обід колеса, башмаки гусениць трактора та інші деталі крупносерійного та масового типу виробництва. Економія металу 30 - 40 %, зниження трудомісткості виготовлення деталей в 10 – 20 разів, на 20 – 30 % підвищуються механічні властивості
7. Гнуті профілі 7.1 Холодногнуті кутові швелери U-подібні нерівнобокі, С-подібні та коритоподібні	19771-74 19771-74 8278-83 8281-80 8282-83 8282-77	Постійне	Рами, опори, кронштейни, консолі, ребра жорсткості та ін. деталі крупносерійного та масового виробництва
7.2 Фасонні гнуті сталеві	11474-76		Обрамлення, окантовка, радіаторні трубки та ін. деталі, які повинні бути легкими та жорсткими

Продовження таблиці 22

Вид прокату або профіль	ГОСТ	Характеристика поперечного сечення	Застосування
8. Пресовані профілі	-	-	Порожністі профілі діаметром до 400 мм із кольорових металів та сплавів, пресовані в гарячому стані. Легкоплавкі метали (олово, свинець), пресовані в холодному стані. Знижуються витрати металу на 20-50%, у кілька разів зменшується трудомісткість виготовлення деталей

Технологічні процеси виготовлення прокату поділяються на три базові види (рис. 68).

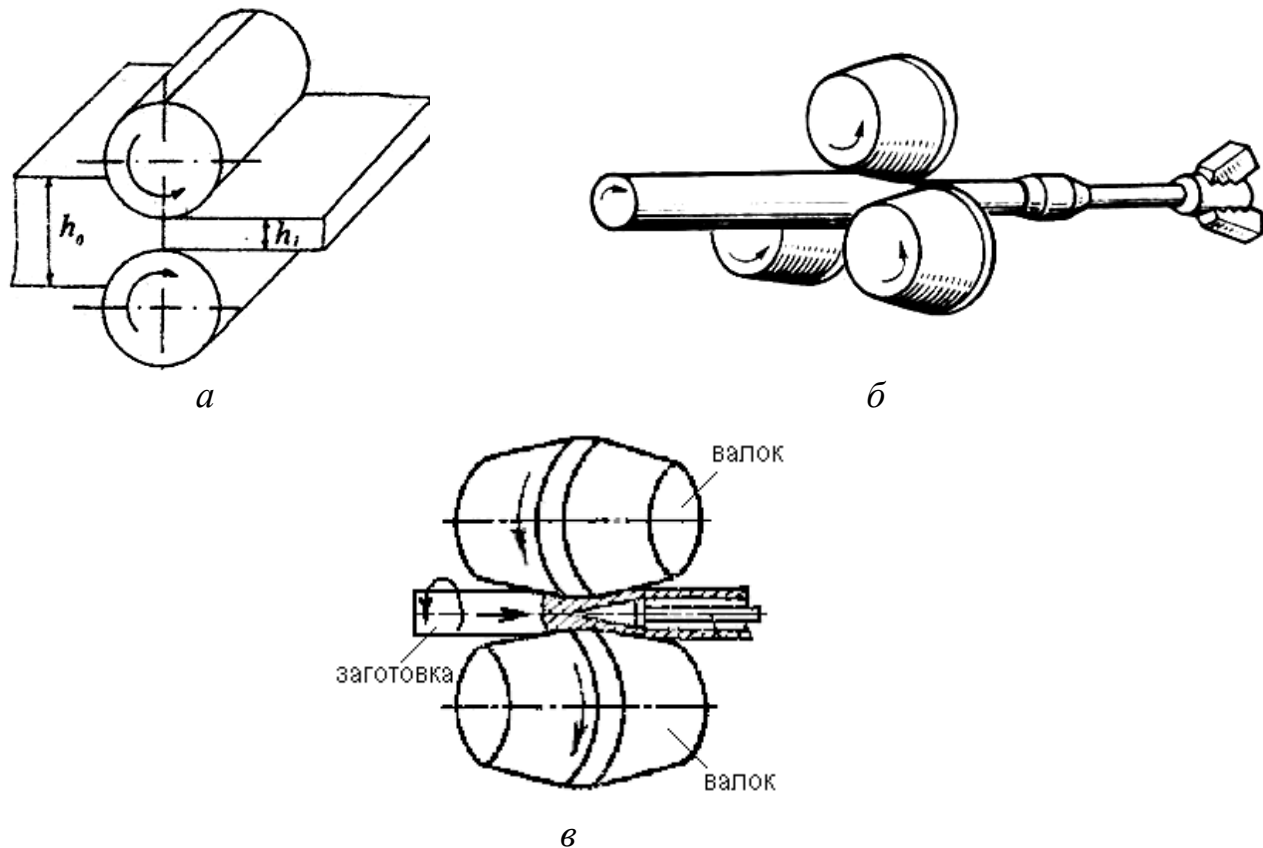


Рисунок 68. Основні способи прокатування: *a* – поперечне; *б* – поздовжнє; *в* – гвинтове

1. Поздовжнє прокатування (ГОСТ 8319, ГОСТ8319.13) здійснюється між двома валками, розташованими в одній площині, що обертаються

назустріч один одному. Профілі поздовжнього прокатування служать для виготовлення балок передніх осей автомобіля, лопаток та ін.

2. Поперечне прокатування (ГОСТ 7524) – обидва валка обертаються в одному напрямку, при цьому поздовжня вісь заготовки (вісь прокатування) розташована вздовж довжини валка.

Застосовують для виготовлення кульок підшипників кочення, профільних трубчастих деталей (втулки).

3. Гвинтове прокатування – нагадує поперечне, але валки розташовані не паралельно один до одного, а перехрещуються під деяким кутом і складаються з кількох конусів.

Поперечно-гвинтове прокатування (ГОСТ 8320.0, ГОСТ 8320.13) є основною операцією для безшовних труб та інших спеціальних профілів. Воно використовується для виготовлення валів електродвигунів, шпинделів машин, осей важелів.

Поперечно-клиновим прокатуванням отримують ступінчасті вали з різкими переходами по діаметру (коливання діаметра в межах одного відсотка). Цей вид прокатування служить для виготовлення валів коробки передач автомобіля, валиків та інших деталей типу тіл обертання крупносерійного та масового виробництва.

Періодичні профілі прокату відповідають виготовлюваним з них деталям. Валки нагадують валки сортопрокатного агрегату. Вони представляють собою рівчаки-калібри.

Різновид періодичного прокатування – гаряче пілігримове прокатування. Робоча кліть стану гарячого пілігримового прокатування труб складається з двох каліброваних однорівчакових валків, які обертаються вбік, протилежний руху гільзи.

Інший різновид періодичного прокатування є планетарне прокатування тонкого листа, при якому валки, зібрані в систему, цикл за циклом деформують метал, що надходить.

52.2. Періодичне прокатування

Максимальної схожості конструктивних форм і розмірів заготовок та готових деталей можна досягти застосуванням спеціальних профілів металу. Застосування періодичного прокату, тобто прокату з максимальною схожістю заготовки й деталі, забезпечує підвищення коефіцієнта використання металу при штампуванні в середньому на 10 – 15% завдяки скороченню втрат на облой, сприяючи одночасно підвищенню продуктивності праці як у заготівельних, так і в механообробних цехах. На рис. 69 наведені схеми періодичного прокатування різних заготовок: розподільного вала (*a*); кульок, виготовлених методом поперечного розкочування (*b*).

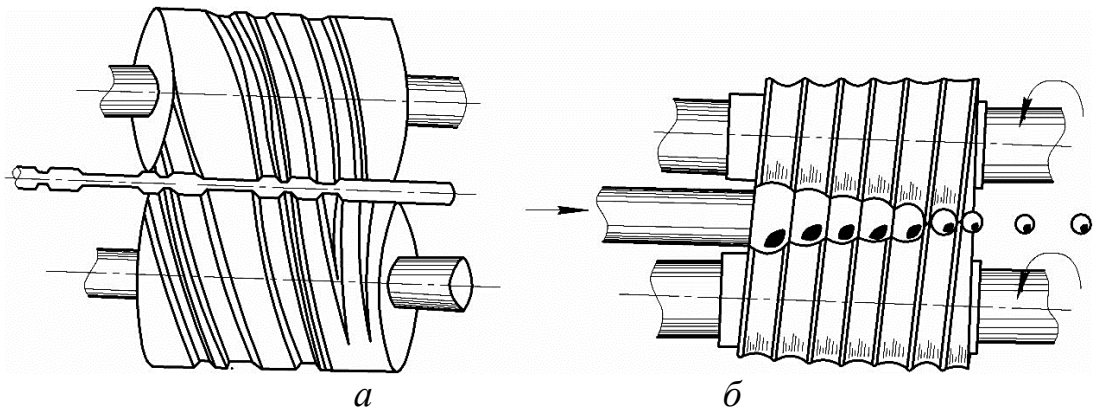


Рисунок 69. Схеми періодичного прокатування: а) розподільного вала; б) кульок

З готового профільного прокату заготовки виготовляють переважно в масовому виробництві. У багатьох випадках цей спосіб не вимагає застосування механічного оброблення або обмежує його викінчувальними операціями.

Періодичне прокатування (рис .70) виконується на спеціальних прокатних верстатах таким чином: нагрітий пруток пропускають між трьома валками, осі яких синхронно то зближуються, то розсуваються під дією копіра, що пересувається з тією ж швидкістю, що і пруток, який прокатується.

В результаті профіль прутка в поздовжньому січенні повторює профіль копіра.

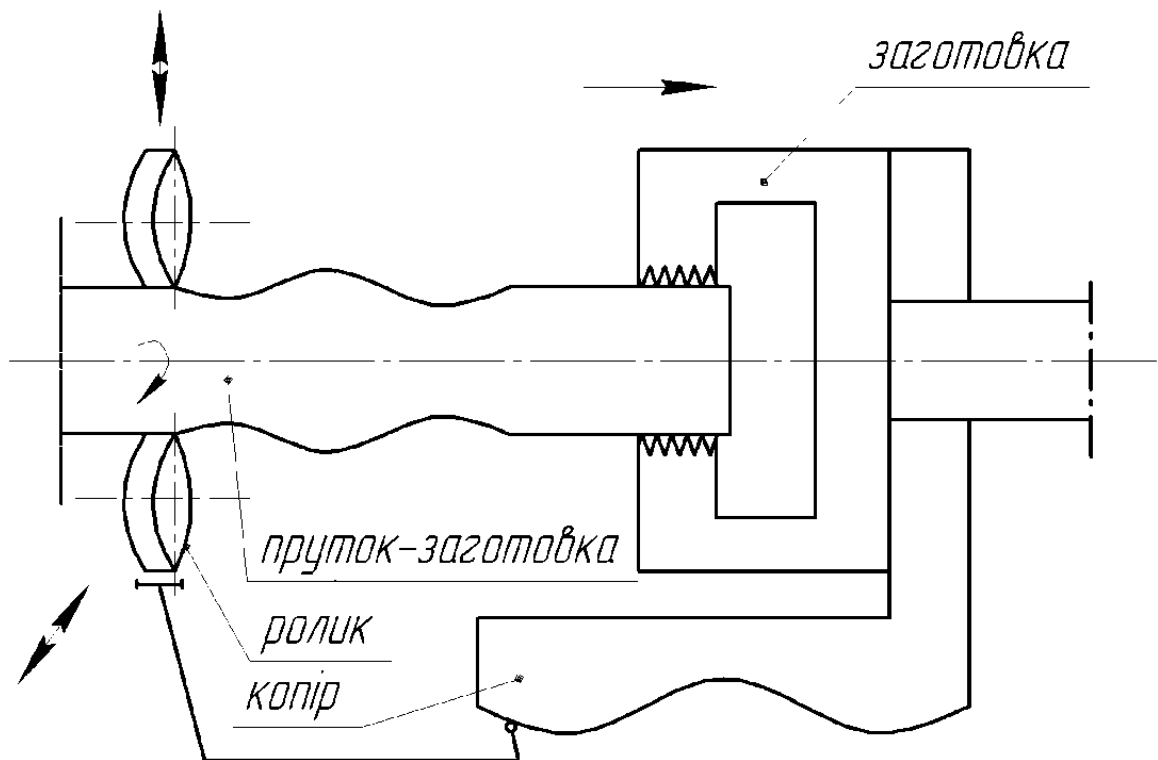


Рисунок 70. Схема одержання заготовок періодичним прокатуванням

Цим методом виготовляють заготовки для різного виду валів, а крім того, як вказувалося вище, метод використовується для попереднього формоутворення заготовок, штампованих на молотах, що дає значну економію металу.

52.3. Ротаційне обтиснення

Ротаційно- та радіально-обтискні машини застосовуються для обробки виробів, що мають широкий діапазон розмірів (рис. 71). На ротаційно-обтискних машинах обробляють вироби діаметром від 0,15 мм (суцільного профілю) до 320 мм (труби). На радіально-обтискних машинах – суцільні профілі діаметром до 400 мм та порожнисті, діаметром до 600 мм.

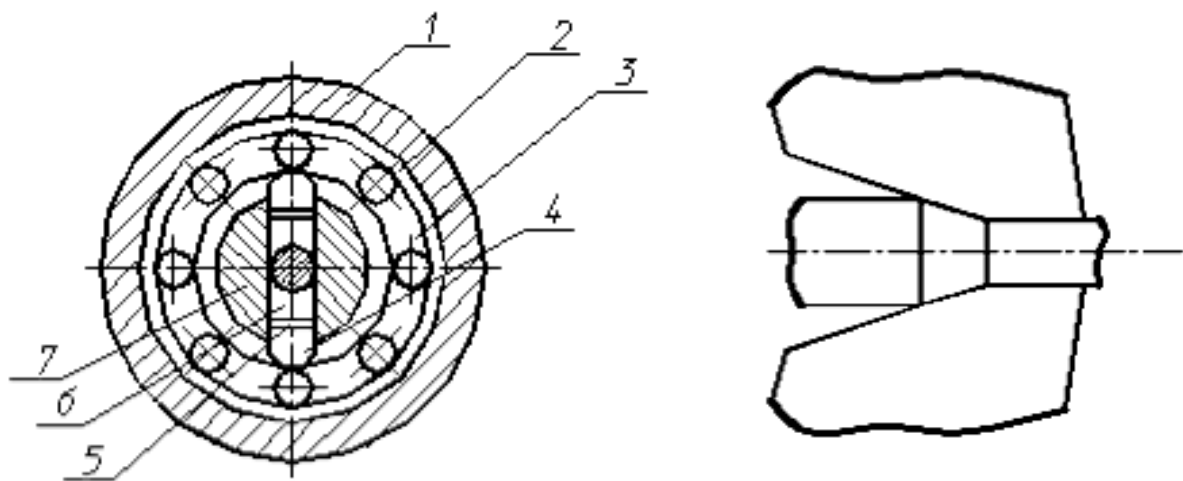


Рисунок 71. Схема ротаційного обтиснення: 1 – нерухома головка, 2 – сталеве кільце, 3 – обойма з роликми, 4 – бойок, 5 – прокладка (товщиною 5 – 10мм для компенсації зношення бойка та матриці), 6 – матриця, 7 – шпиндель

В отвір нерухомої частини головки запресовується кільце 2. Між кільцем і шпинделем 7 міститься циліндрична обойма 3 з парною кількістю циліндричних роликів. Ролики виступають з отвору обойми. Шпиндель 7 має паз, в який вставляються дві матриці 6 і два бойки 4. При обертанні шпинделя разом з ним обертаються матриці і бойки, які під дією відцентрової сили намагаються переміститися від осі обертання до периферії, але виступаючі з обойми ролики змушують бойки періодично повертатися назад, внаслідок чого матриці зближуються та деформують заготовку. У момент, коли матриці знаходяться в розтисненому стані, заготовка подається на деяку величину поздовжнім супортом.

Для заготовки з вуглецевої сталі при величині обтиснення 1 – 3мм та кількості обертів шпинделя 500 – 600 об/хв швидкість подачі заготовки становить від 10 до 50 мм/сек.

Ротаційним обтисканням можна виготовляти ступінчасті і подовжені

поковки, вироби з жароміцних та інших малопластичних сплавів, порожнисті вироби з суцільною конфігурацією поверхні.

За допомогою цього методу можна деформувати заготовки зі сплавів на основі алюмінію, металокераміки та металопорошків.

Точність та чистота обробки виробів методом обтиснення залежать від якості виготовлення та геометрії інструменту, жорсткості, якості складання та ретельного налагодження механізму обтиснення.

Припуски і допуски на штампування ступінчатого вала при холодному ротаційному обтисканні приведені в табл. 23 [3].

Таблиця 23

Припуски і допуски на штампування ступінчатого вала при холодному ротаційному обтисканні, мм

Загальна довжина L (мм), твердість заготовки	Припуск	Діаметр заготовки, мм							
		5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50	51-55
До 60	<i>a</i>		0,50±0,05	0,25±0,1	-	-	-	-	-
61-120		1,50±0,1	0,75±0,05	0,50±0,1	0,50±0,1	0,50±0,1	0,75±0,1	-	-
121-180		-	1,00±0,10	0,75±0,1	0,75±0,1	0,75±0,1	1,00±0,1	1,5±0,2	1,8±0,5
181-240		-	2,00±0,10	1,50±0,1	1,00±0,1	1,00±0,1	1,50±0,2	1,5±0,2	2,0±0,5
241-360		-	-	2,50±0,2	2,00±0,2	1,50±0,2	1,80±0,2	1,8±0,2	2,2±0,5
361-480		-	-	-	2,50±0,5	2,00±0,5	2,10±0,5	2,2±0,5	2,5±0,5
481-600		-	-	-	-	3,00±0,5	2,50±0,5	2,5±0,5	3,0±0,5
601-720		-	-	-	-	-	4,00±0,5	3,5±0,5	3,5±0,5
721-840		-	-	-	-	-	-	4,5±0,5	4,0±0,5
841-1000		-	-	-	-	-	-	6,0±0,5	5,0±0,5
> 1000		-	-	-	-	-	-	-	6,0±0,5
До 1000	<i>b</i>	0,5±0,2	0,5±0,2	1±0,5	1±0,5	1,5±0,5	2±1	2,5±1	3±1
Більше 1000		-	-	-	2±1	3±1	4±2	5±2	6±2
HRB<83	<i>c</i>	5,0±0,5	10,±1	15±1	20±1	30±1,5	40± 1,5	50±1,5	65±2
HRB>83		2,5±0,5	5±0,5	7±0,5	10±1	15±1	20±1	25±1,5	30±1,5

Величина c для заготовок діаметром 5 – 15 мм відноситься до заготовок з $L < 1000$ мм; для заготовок діаметром 16 – 55 мм величина c однакова для $L < 1000$ мм і для $L > 1000$ мм.

Примітка: Припуски a на діаметри $d_1 - d_4$ однакові.

Можна отримувати поверхню Ra 0,32 – Ra 0,16 мкм при холодній та Rz 20 – Ra 2,5 мкм при гарячій обробці відповідно.

У цих випадках обтискання дозволяє замінити точіння і шліфування. Точність при гарячому обтисканні – 11 - 13 квалітет, при холодному – 7 – 9

квалітет.

У процесі ротаційного обтискання покращується структура металу і підвищуються його механічні властивості. Підвищення міцності виробів після обтиснення визначає доцільність використання обтиснення в тих випадках, коли виконання термічної обробки після виготовлення деталі ускладнене.

Швидкість обертання заготовки при обтисканні встановлюється дослідним шляхом такою, щоб забезпечити задану чистоту поверхні.

Переведення виробів (ступінчастих валів) зі штампування або механічної обробки на гаряче обтиснення дає економію металу від 20 до 60 %.

Холодне ротаційне обтискання забезпечує порівняно з точінням не тільки значну економію металу, але і вищу продуктивність. Наприклад, після впровадження ротаційного обтиснення при виготовленні спеціальних гайок, продуктивність у порівнянні з точінням на револьверних верстатах зроста майже в 4 рази і досягла 900 гайок за зміну.

При використанні ротаційно-обтискних автоматів продуктивність порівняно із точінням може зростати до 400% і досягати понад 1000 виробів на годину.

Процес ротаційного обтиснення є різновидом обробки металів тиском у гарячому і холодному стані.

При обтисканні прутків діаметром більше 50 мм рекомендується попередньо нагрівати їх до температури кування.

Переваги ротаційного обтиснення порівняно з токарною обробкою: збільшується продуктивність у 3 – 4 рази; економиться метал, так як немає стружки; матеріал готової деталі на 30% міцніший за сирий матеріал (за рахунок зміцнення).

Можна обтискати труби діаметром до 150 мм і суцільні вироби діаметром до 75 – 80 мм; мінімально можливий діаметром виробу, що отримується обтисканням – 0,4 – 0,5мм.

52.4. Радіальне видавлювання

Основні типи деталей, що виготовлені радіальним видавлюванням показані на рис. 72 [3].

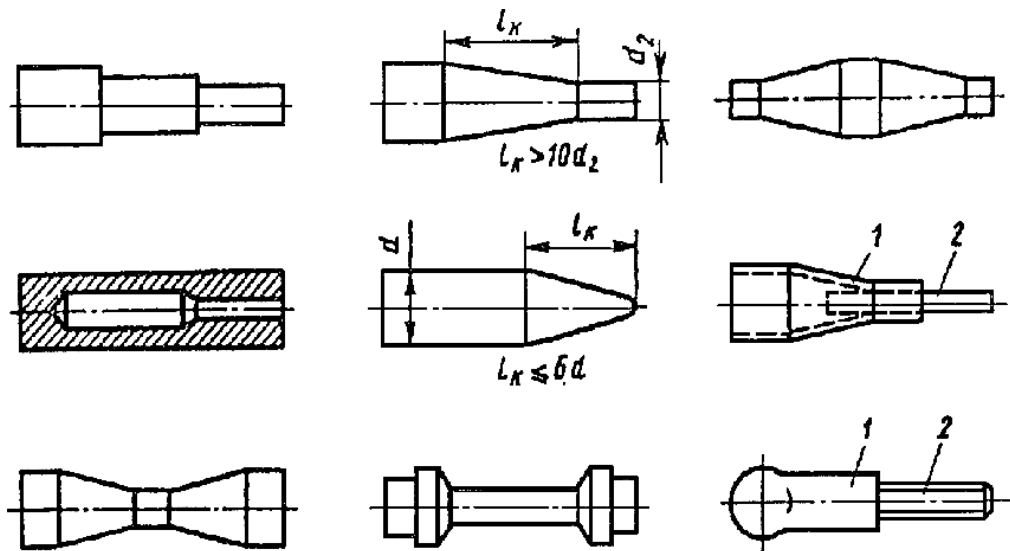


Рисунок 72. Основні типи деталей, що виготовлені радіальним видавлюванням

52.5. Заготовки, отримані гарячим прокатуванням

У вигляді заготовок для виготовлення деталей в машинобудуванні використовують такі види прокату:

- гарячекатані прутки круглі і профільні (з квадратним і шестигранним січенням);
- гарячекатані профілі, часто спеціальні;
- труби;
- листи.

Заготовки у вигляді круглих гарячекатаних прутків звичайної і підвищеної точності застосовуються найчастіше при обробленні деталей на револьверних верстатах.

Для оброблення на токарних автоматах застосовуються холоднотягнуті калібровані прутки 5 класу точності. Калібровані прутки вищих класів точності (до 2а) не піддають обробленню лезовими інструментами, а відразу шліфують. Порізані за довжиною прутки застосовують як заготовки для валів на потокових і автоматичних лініях.

Широке застосування знаходить прокат стандартних профілів (кутники, швелери і т.д.), а також часто виправдовується застосування спеціальних профілів прокату. Застосування прокату спеціального профілю значно скорочує механічне оброблення, а інколи і повністю виключає його. Виготовлення деталі зводиться до розрізання прутка.

Для виготовлення деталей типу кілець, втулок і гільз широко застосовуються безшовні труби.

52.6. Трубний прокат

Трубний прокат – сталевий безшовний гарячекатаний, холоднотягнутий та холоднокатаний (ГОСТ 8732, ГОСТ 8734) – служить для виготовлення циліндрів, втулок, гільз, шпинделів, стаканів, барабанів, роликів, пустотілих валів.

Способи виготовлення труб:

- прокатування із круглої заготовки (без шва);
- зварювання з листа (зі звареним швом).

Для гарячого прокатування труб застосовують такі методи, як:

1. Гаряче прокатування труб на короткій оправці;
2. Поздовжнє прокатування труб на довгій оправці – найпрогресивніший метод виробництва тонкостінних труб малого діаметра;
3. Поперечно-гвинтове прокатування труб на довгій оправці;
4. Періодичне (пілігримове) прокатування труб на довгій оправці.

Холодне прокатування труб є основним способом виготовлення товстостінних та особливо товстостінних труб з точним внутрішнім каналом.

Цим забезпечується повна відсутність втрат металу, отримання високих обтискань на стінці та діаметру.

53. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ

Метод отримання різних матеріалів і деталей з металевих порошків шляхом їх пресування і подальшого спікання, минаючи стадію плавлення металу, називається порошковою металургією [1].

Порошкова металургія базується на спіканні металевих порошків під високим тиском близько 1000 – 6000 кг/см².

Спосіб широко застосовується при виготовленні твердосплавних пластинок для різальних та вимірювальних інструментів, а також для виготовлення дрібних деталей. Наприклад, мало навантажені дрібні шестерні автомобільних масляних насосів виготовляються із залізного порошку цим способом. При цьому знижується розхід металу на 27%, трудомісткість на 70 %, собівартість на 30%.

Вироби, отримані порошковою металургією, мають особливі властивості – пористість, високу твердість, тугоплавкість і т. п. Метод дає можливість отримувати абсолютно готові вироби або деталі з незначними технологічними припусками.

В даний час металокерамічні вироби широко застосовуються у вигляді антифрикційних (підшипники ковзання), фрикційних (вузли зчеплення в літакобудуванні та автомобілебудуванні), а також у вигляді фільтрів, магнітів, електроконтактів та ін. Втрати металу при виготовленні цих деталей

методами порошкової металургії складають 3 – 7 %.

Технологічний маршрут виготовлення заготовок методом порошкової металургії складається з таких операцій:

1 – приготування порошкової шихти (попередній відпал, просіювання, змішування порошків);

2 – пресування – формування заготовки;

3 – спікання;

4 – контроль якості.

Порошки отримують двома способами:

- механічним – подрібненням стружки та ін;

- фізико-хімічним – відновленням оксидів та ін.

Другий спосіб більш економічний і універсальний [7].

Для підвищення механічних властивостей деталей, а також надання їм деяких спеціальних властивостей додатково можуть застосовуватися: допресовування з повторним спіканням; калібрування; просочення більш легкоплавкими металами, пластмасами та маслом; механічна, термічна, хіміко-термічна обробка, кування, прокатування, штампування при підвищених температурах.

Під формуванням (пресуванням) металевих порошків та їх сумішей розуміється операція, в результаті якої під дією прикладених сил з безформного сипучого порошку виходять відносно міцні заготовки з урахуванням допусків на усадку при спіканні, а також прокатуванням вільно насипаного порошку та порошку, укладеного в еластичні оболонки. Спікання може проводитися при пресуванні.

Широке застосування знаходить метод холодного пресування у закритих прес-формах [7]. Він є найпростішим, легко піддається автоматизації та дозволяє отримати вироби різних форм та розмірів. Існує два методи пресування: одностороннє та двостороннє (рис. 73).

Недоліком одностороннього пресування є нерівномірність густини та твердості по об'єму виробу.

У зв'язку з цим одностороннє пресування переважно застосовується для виготовлення деталей простої конфігурації (втулки, циліндри тощо) і мінімальної висоти.

Для виготовлення виробів з рівномірною густиною застосовують двостороннє пресування, яке може здійснюватись прикладанням зусилля пресування до верхнього і нижнього пуансонів.

При пресуванні в закритих прес-формах можуть бути використані як механічні, так і гідравлічні преси спеціального призначення, а також преси, оснащені спеціальними пристроями, що застосовуються для пресування пластмас.

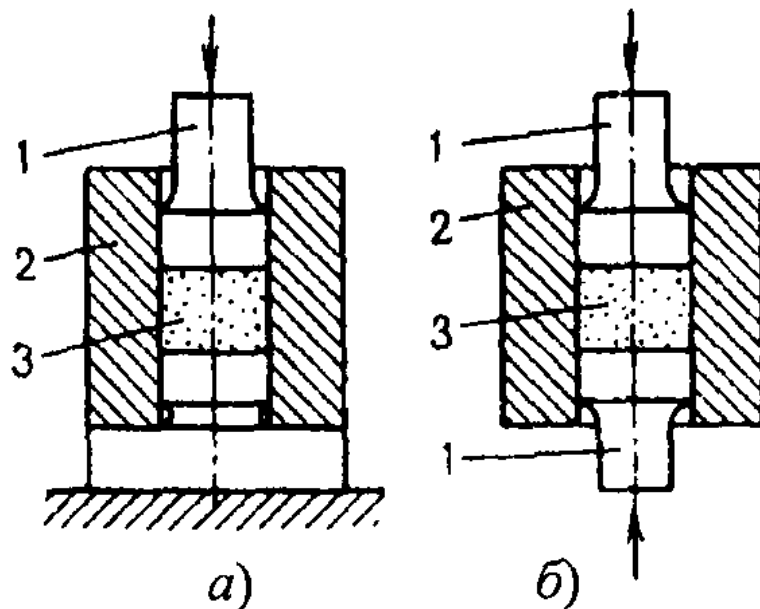


Рисунок 73. Схеми холодного пресування: *а* – одностороннього; *б* – двостороннього
1 – пуансон; 2 – прес-форма; 3 – порошок

Крім цих методів в даний час розроблено ряд інших: прокатування металевих порошків, пресування вибухом, вібропресування і т. п.

Заготовки, отримані після пресування, мають низькі механічні властивості, а також не мають потрібних хіміко-фізичних властивостей. У зв'язку з цим «сирі» заготовки піддають спіканню при температурі 0,7 – 0,9 від температури плавлення металу порошку однокомпонентної шихти або температури плавлення основного компонента в багатоконпонентній шихті.

Розміри металокерамічних деталей після спікання виходять з точністю 12 – 14 квалітетів і $Ra = 10$ мкм. Калібрування у спеціальних прес-формах підвищує точність до 8 – 11 квалітетів при шорсткості поверхні $Ra = 1,25 - 2,5$ мкм.

Залежно від конфігурації заготовки, одержувані шляхом порошкової металургії, класифікують за групами складності (табл. 24).

Один з основних показників якості деталей, одержаних методом порошкової металургії – рівномірність густини. З ускладненням форми заготовки утруднюється досягнення рівномірної густини в усіх частинах. При виготовленні заготовок методом порошкової металургії необхідне виконання наступних умов:

1. Відношення товщини стінок у напрямку пресування до максимального поперечного розміру не повинно перевищувати одиниці. Мінімальна товщина стінки заготовки циліндричної форми 1,0 – 1,2 мм, для заготовок іншої форми – 1,5 мм. У великих заготовках мінімальна товщина стінки збільшується на 0,8 мм на кожні 25 мм довжини. Товщина донної частини глухих отворів не менше ніж 2 – 3 мм.

2. Радіуси закруглень внутрішніх кутів спряжених стінок - не менше 0,3

мм, зовнішніх – не менше 2,5 мм.

3. Для полегшення виштовхування стінки, перпендикулярні до площини роз'єму прес-форми, повинні бути з нахилом (кут 5 – 10°).

4. Потовщення, приливи, фланці розташовувати в площині, перпендикулярній до напрямку пресування і за можливості ближче до верхньої межі матриці.

5. Канавки, поглиблення та виїмки виконувати у напрямку пресування. Заготовки з вузькими пазами можуть мати дефекти.

Таблиця 24

Класифікація заготовок, які одержують методом порошкової металургії

Група складності	Характеристика		Відношення висоти заготовки до товщини стінки
	перерізу заготовок за висотою (вздовж осі пресування)	поверхонь, що обмежують заготовку за висотою	
I	Постійне січення без отвору	Паралельні площині	1...3
II	Те ж саме, з одним або декількома отворами в напрямку пресування.	Те саме	До 8
III	Те саме	«»	8...10
IV	Заготовки із зовнішнім або внутрішнім буртом	«»	До 6
V	Те саме	«»	6...8
VI	Заготовки з кількома переходами за висотою, без отворів	«»	–
VII	Декілька зовнішніх або внутрішніх переходів за наявності отворів у напрямку пресування	Непаралельні площини або криволінійні поверхні, що перетинають осі пресування	–

Точність заготовок залежить від точності преса, прес-форм, стабільності пружних деформацій при холодному пресуванні і об'ємних змін при спіканні, зношення форми, зростання лінійних розмірів напівфабрикатів і виробів при зберіганні.

Точність геометричної форми та взаємного розташування поверхонь заготовок, одержаних методом порошкової металургії, визначається точністю прес-форм, яка повинна бути мінімум на квалітет вищою точності заготовки.

Метод порошкової металургії має свої особливості, що обмежують його застосування:

- порошкова маса не в змозі заповнити кути форми;
- неможливо правильно сформувати заглиблення, різьбу та інші елементи, розташовані під прямими кутами до напрямку пресування;
- нерівномірність щільності викликає великі напруження в деталях під час їх виготовлення, особливо під час спікання, при якому з'являються нерівномірні усадки, короблення і навіть тріщини;
- при пресуванні в закритих формах максимальна маса виробів досягає не більше 20 – 30 кг, при цьому необхідні преси великої потужності;
- через високу вартість технологічного оснащення метод економічний в умовах крупносерійного і масового виробництва, але при появі групового методу виготовлення заготовок застосування методу може бути рентабельним і в умовах дрібносерійного виробництва.

54. ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВОК З ПЛАСТМАС

Пластмаси мають ряд цінних якостей, завдяки яким їх питома вага в машинобудуванні має тенденцію до зростання.

До основних експлуатаційних переваг пластмас відносяться: мала густина, висока демпфуюча здатність, порівняно висока стійкість до агресивних середовищ, високі електро-, тепло-, звукоізоляційні, фрикційні та інші властивості [5].

До технологічних переваг пластмас відносяться простота і легкість отримання заготовок складної форми при невисоких (порівняно з металами) температурах формоутворення, технологічна простота армування пластмасових деталей металевими елементами, висока точність одержуваних розмірів, що не вимагає в багатьох випадках механічної обробки, відмінна оброблюваність різанням при порівняно низьких енерговитратах.

Недоліки пластмас: знижені механічні характеристики міцності, невисокий температурний режим експлуатації і вузький його діапазон, обмеженість у розмірах, обумовлена неможливістю виготовляти прес-форми великих розмірів, висока вартість, що перевищує вартість чорних металів.

За поведінкою при нагріванні пластмаси поділяють на дві основні групи: терморективні (реактопласти) та термопластичні (термопласти). Реактопласти при нагріванні спочатку переходять у в'язкотекучий стан, а потім перетворюються на незворотні, неплавкі та нерозчинні речовини. На відміну від них термопласти при нагріванні і охолодженні здатні

багаторазово переходити з твердого стану у в'язкотекучий і назад, тобто змінюватися зворотно.

З пластмас виготовляють досить велику номенклатуру деталей: зубчасті колеса, зірочки, штурвали, важелі, корпуси, кронштейни, втулки, кришки, ковпаки, кріпильні та інші деталі в побутовій та декоративній техніці, при виготовленні дитячих іграшок і т.д. [5].

54.1. Способи виготовлення заготовок із пластмас

Лиття під тиском (рис. 74) є найпродуктивнішим способом отримання деталей з пластмас. Використовується в масовому виробництві заготовок простої та складної конфігурації. Здійснюється на спеціальних машинах, призначених для розплавлення пластмаси і подачі її поршнем або шнеком під тиском 50 – 250 МПа в закрити прес-форму, що охолоджується, при розкритті якої виріб автоматично виштовхується [5].

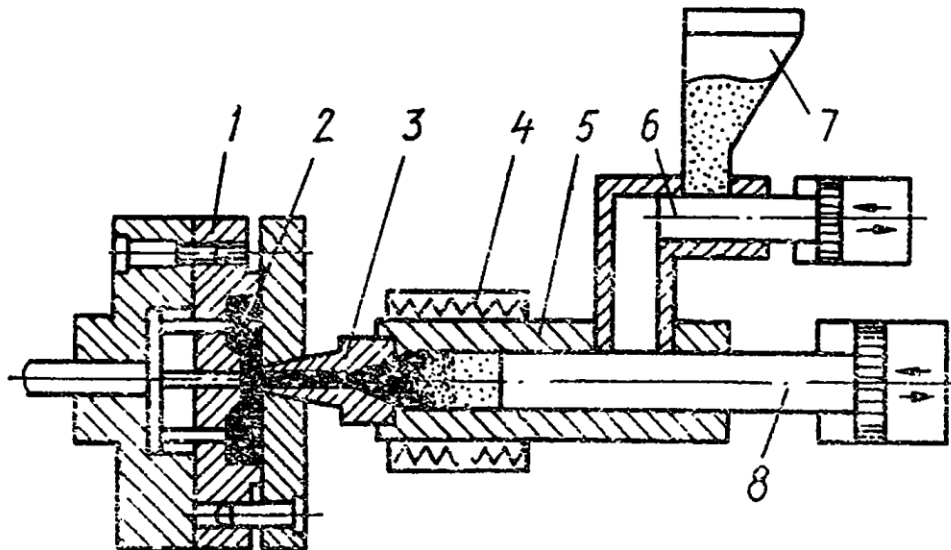


Рисунок 74 Схема дозуючого та пресувального пристроїв машин для лиття під тиском: 1 – прес-форма; 2 – виріб; 3 – сопло; 4 – електронагрівальний пристрій; 5 – ливарний циліндр; 6 – дозуючий плунжер; 7 – бункер; 8 – плунжер ливарного циліндра

Вихідним матеріалом при цьому способі виготовлення заготовок служать термопласти: поліамід, поліетилен, капрон, етрол, полістирол, поліпропілен, поліформальдегід, поліуретан, поліхлорвініл. В якості матеріалів при пресуванні застосовуються термопласти без наповнювача, а також реактопласти (порошкоподібні, волокнисті та шаруваті) [5].

Пряме (компресійне) пресування застосовується для заготовок дрібних та середніх розмірів і здійснюється на гідравлічних пресах зусиллям 100 – 10000 кН із гідравлічним виштовхуванням. Пресування може проводитися в закритих і відкритих прес-формах. [5].

Ливарне пресування використовується для виробництва заготовок

складної конфігурації з локальними потовщеннями, тоншими перерізами і глибшими отворами, ніж у заготовок, що виготовляються прямим пресуванням.

Вихідним матеріалом при цьому способі служать прес-порошки, волокніти і терморективні матеріали з порошковими і дрібноволокнистими наповнювачами [5].

Пневматичне формування використовується для заготовок відкритого типу (кришки, контейнери, корита та ін.) з листових термопластів товщиною 1,5 – 4 мм. Як вихідні матеріали використовують, наприклад, оргскло, вініпласт, поліетилен, полістирол [5].

Вакуумне формування використовується для неглибокої витяжки великогабаритних заготовок панельного типу. Виріб формується вакуумним всмоктуванням попередньо розм'якшеного листа в матрицю, а виштовхується стисненим повітрям. Вихідний матеріал – листовий термопласт товщиною 1,5 – 3 мм [5].

Комбіноване формування застосовується для виробів складної конфігурації, а також при глибокій витяжці. Вихідний матеріал – листовий термопласт товщиною 2 – 4 мм. Формування здійснюється на спеціальних машинах, оснащених опокою з притискним кільцем та пуансоном [5].

Екструзія (видавлювання) використовується для виробництва профільної заготовки необмеженої довжини, а також для нанесення пластмасової ізоляції на дрiт. Здійснюється на різного типу шнекових екструзійних машинах.

Точність для розмірів елементів заготовок, що оформлюються в одній частині форми, може бути в межах 7 – 17 квалітетів. Шорсткість поверхні пластмасових заготовок залежить від якості обробки прес-форм, виду наповнювача і технологічних режимів формування.

Параметр шорсткості поверхні заготовок, що виготовляються литтям під тиском і пресуванням, відповідає $Ra = 0,32 - 1,25$ мкм, а в окремих випадках досягає $Ra = 0,08 - 0,32$ мкм. Орієнтовні межі значень припусків для різних матеріалів коливаються в межах: при точінні – 0,1 - 2,5 мм, фрезеруванні – 1 – 4 мм, шліфуванні – 0,5 – 0,4 [5].

55. ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Вибір способу отримання заготовки насамперед проводять при технічному опрацюванні креслення. Саме тоді технолог, вивчаючи креслення деталі, подає найраціональніші способи отримання заготовки цієї деталі і рекомендує конструктору внести відповідні зміни або допущення в креслення деталі (що стосуються, наприклад, наявності ливарних або штампувальних нахилів, шорсткості необроблених поверхонь і т.п.). Вибір цей не має

серйозного техніко-економічного обґрунтування і носить попередній характер.

Кінцевий вибір способу отримання заготовки проводять технологи-механіки при розробленні технологічного процесу механічного оброблення деталі. Цей вибір повинен бути підкріплений техніко-економічним розрахунком.

Вибір того чи іншого способу отримання заготовки визначається такими факторами[5].

1. Технологічною характеристикою матеріалу деталі, тобто його ливарними або пластичними властивостями, а також структурою матеріалу деталі (розташуванням волокон, величиною зерна і т.д.).

2. Конструктивними формами і розмірами заготовки. Наприклад, чим більша деталь, тим дорожче обходиться виготовлення штампів і металевих форм.

3. Великою програми випуску деталей.

4. Виробничими можливостями заготівельних цехів (наявністю відповідного обладнання).

5. Часом, необхідним і наявним для підготовки виробництва.

При виборі методу отримання заготовки слід прагнути до того, щоб норма розходу матеріалу на кожну деталь була найменша.

Структура норми витрат має вигляд:

$$H = Q_r + Q_t + Q_z ,$$

де Q_r – чиста вага (вага готової деталі);

Q_t – вага технологічних відходів;

Q_z – вага заготівельних відходів.

Зниження чистої ваги деталей досягається конструктивними удосконаленнями, а також застосуванням якісніших матеріалів, економічних профілів прокату і т.д.

Величина технологічних відходів визначається кількістю матеріалу, що йде в стружку, вагою припливів і ливників у відливках, облою і заусенців при штампуванні, кількістю матеріалу, що йде у відходи при нагрівання і т.д.

Величина заготівельних втрат визначається в основному умовами постачання матеріалу. Наприклад, відходи прутка через неkratність його довжини довжині оброблюваної деталі, збільшені відходи металу в стружку при відсутності прутка необхідного діаметру і т.п.

При виборі заготовок необхідно пам'ятати, що залежно від методу отримання заготовки знаходиться не тільки трудомісткість і вартість

отримання самої заготовки, але і продуктивність праці і вартість оброблення на наступних етапах технологічного процесу.

Тому вибір заготовки необхідно проводити на основі техніко-економічного розрахунку, в якому визначають цехову собівартість деталі, в яку входять затрати на отримання заготовки, затрати на оброблення деталі і цехові накладні витрати.

$$C = H_a + \sum t_{ум} \cdot l_{заг} \left(1 + \frac{Z_{заг}}{100} \right) + \sum t_{умобр} \cdot l_{обр} \left(1 + \frac{Z_{обр}}{100} \right),$$

де H_a – ціна 1 кг матеріалу;

$\sum t_{ум} \cdot l_{заг}$ – виробнича заробітна плата у заготівельному цеху на одну заготовку;

$t_{умзаг}$ – штучний час на одну операцію в хв.;

$l_{заг}$ – хвилинна ставка робітника при виконанні цієї операції;

$Z_{заг}$ – процент накладних витрат у заготівельному цеху;

$\sum t_{умобр} \cdot l_{обр}$ – виробнича заробітна плата у механооброблювальному цеху на одну деталь;

$Z_{обр}$ – процент накладних витрат у механооброблювальному цеху.

Таким чином, у випадку багатоваріантної задачі, коли заготовка може бути одержана декількома методами, слід віддавати перевагу методіві, що забезпечує найменшу собівартість деталі.

56. КОНСТРУЮВАННЯ ЗАГОТОВКИ

Вибравши спосіб одержання заготовки, технолог розробляє креслення заготовки. Креслення заготовки розробляється за кресленням готової деталі. Спочатку викреслюються контури готової деталі суцільною тонкою лінією. Потім вирішуються такі завдання:

1. Встановлюють напрямок лінії роз'єму штампів і її розташування.

В більшості випадків роз'єм встановлюють в площині найбільшого січення заготовки (рис. 75).

Однак від цього правила відступають, якщо при іншому роз'ємі досягається значне зменшення маси поковки (рис. 76) або у випадку, якщо та чи інша поверхня поковки не повинна мати напуску, що створюється штампувальним нахилом, що вимагає розташування цієї поверхні перпендикулярно ходу молота, а також якщо при іншому роз'ємі спрощуються підготовчі переходи штампування (наприклад, гнуття, рис. 77).

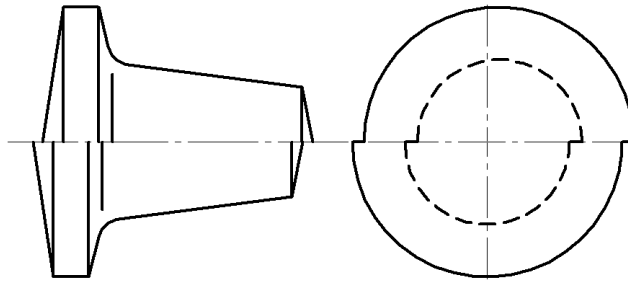


Рисунок 75. Поковка, яка одержана в штампах з роз'ємом в площині найбільшого перерізу заготовки

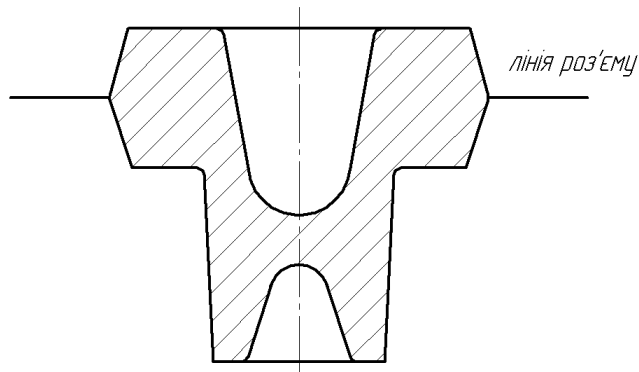


Рисунок 76. Поковка, яка отримана в штампах з роз'ємом в площині, перпендикулярній площині найбільшого перерізу заготовки

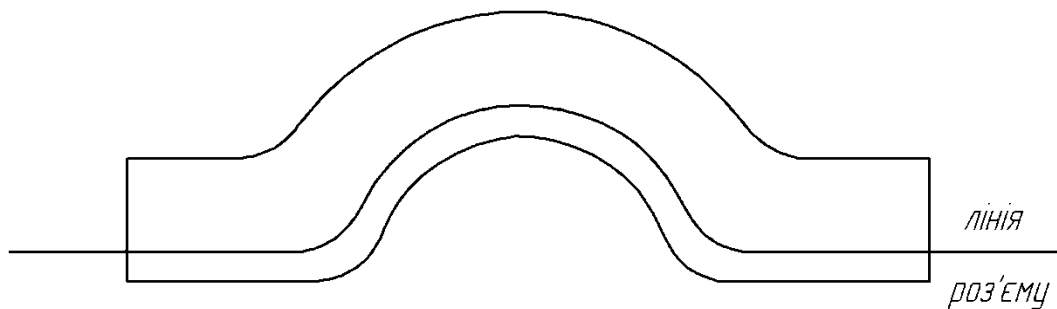


Рисунок 77. Поковка зігнутої форми

При встановленні лінії роз'єму слід враховувати також наступне:

а) заповнення остаточного ривчак за рахунок осадження в ньому металу (наприклад, коли ривчак ширший, ніж заготовка, (рис. 78, а) проходить легше, ніж заповнення його вдавненням (наприклад, коли заготовка по ширині перебиває ривчак (рис. 78, б);

б) ривчак у верхньому штампі заповнюється вдавлюванням легше, а поверхня заготовки в ньому виходить чистішою, ніж в нижньому штампі. Тому порожнини під тонкі і високі ребра, бобишки і т.п. слід розташовувати у верхньому штампі.

При штампуванні у відкритому ривчаку для забезпечення зручного зрізу заусенця, лінію роз'єму встановлюють так, щоб штампувальні нахили на боковій поверхні поковки йшли від неї вгору і вниз.

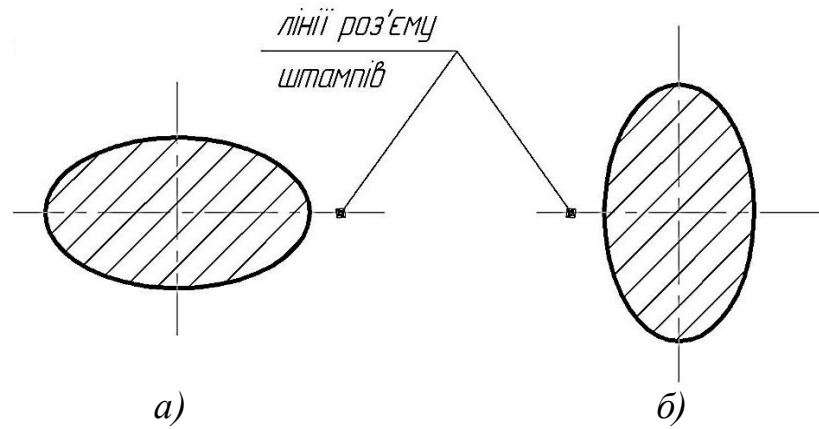


Рисунок 78. Заповнення перерізу штамованої заготовки:
а – осадження; б – вдавлення

При штампуванні в закритому штампі, щоб в найбільшій мірі утруднити вихід металу заготовки в роз'єм, лінію роз'єму встановлюють на зовнішній бічній поверхні поковки біля верхньої, або біля нижньої її кромки так, щоб зовнішні штампувальні нахили йшли від неї лише в один бік, тобто тільки вниз або тільки вгору (рис. 79).

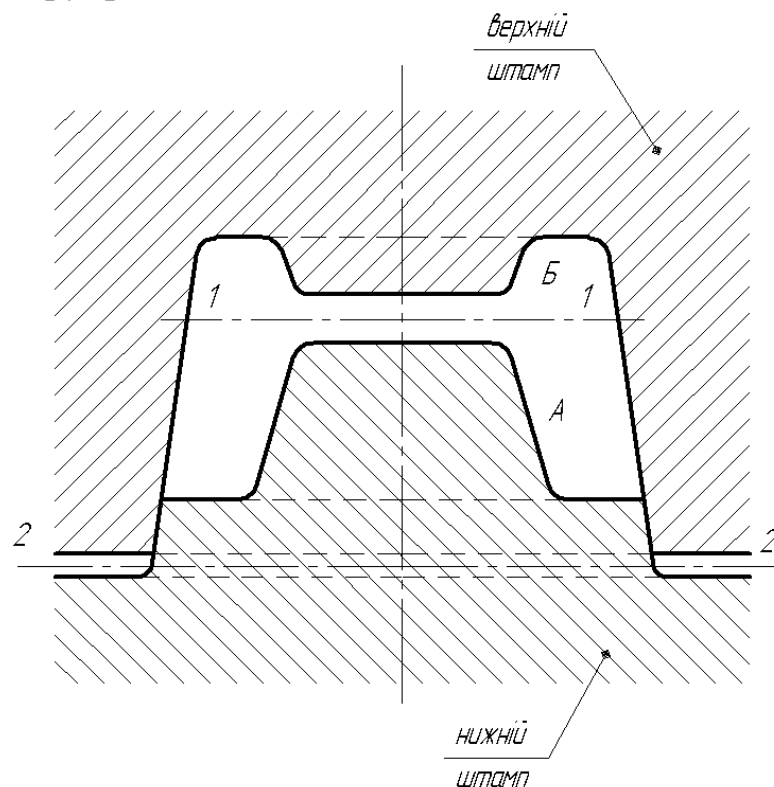


Рисунок 79. Схема штамованої заготовки в закритому штампі:
1-1 – внутрішня лінія роз'єму; 2-2 – зовнішня лінія роз'єму.

У поковок з прошивними отворами внутрішня лінія роз'єму розділяє порожнину закритого рівчака за висотою на відкриту зі сторони роз'єму частину А (рис. 79) і закриту частину Б.

Сили тертя, що виникають при штампуванні на зовнішніх поверхнях рівчака, завжди направлені в сторону роз'єму. Тому заповнення відкритої

частини рівчака протікає легше, ніж закритої частини. Для того, щоб заповнення закритої частини рівчака випереджало вихід металу до роз'єму, необхідно закриту частину робити нижчою (меншою) ніж відкритої.

Для цього внутрішню лінію роз'єму слід розташовувати відповідно в 1,5 – 4 рази ближче до дна рівчака, ніж до роз'єму штампа.

При штампуванні не уникнути зсуву штампів на лінії роз'єму за рахунок зазору між направляючими і бабою, а відповідно, і зсув верхньої і нижньої частин поковки одна відносно одної (рис. 75). Допустиме значення зсуву верхньої і нижньої частин поковки у всіх випадках обумовлюється на кресленні окремо.

2. Призначають штампувальні нахили (рис. 80). Штампувальні нахили необхідні для полегшення видалення поковки з рівчака.

Усадка металу поковки є основним фактором, що визначає величину необхідних штампувальних нахилів. В зв'язку з цим слід розрізняти зовнішні і внутрішні нахили. В зовнішніх нахилах нормальний тиск між поковкою і стінкою штампу в результаті усадки зменшується і навіть може утворити зазор. Навпаки, у внутрішніх нахилах усадка приводить до збільшення нормального тиску між поковкою і стінкою штампу. Тому нахили внутрішніх стінок поковки повинні бути більші зовнішніх.

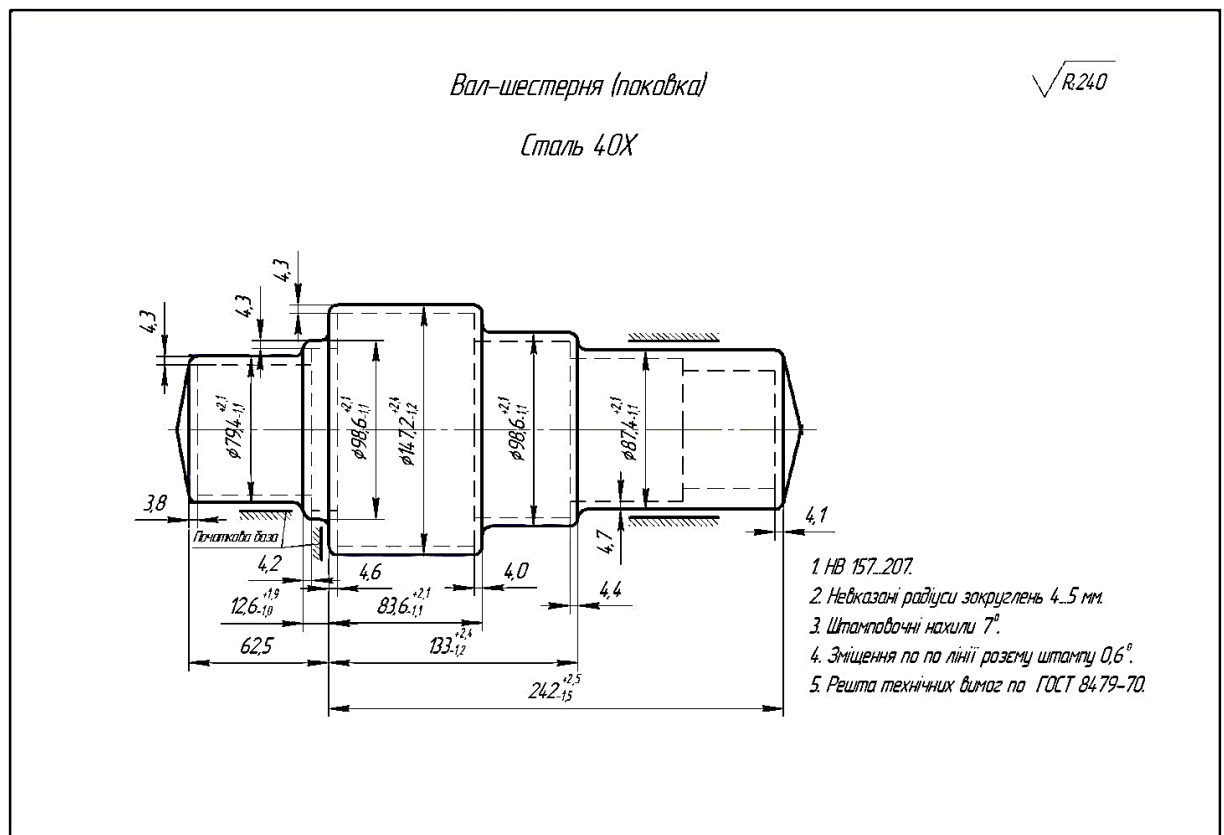


Рисунок 80. Приклад оформлення креслення поковки

При встановленні величини штампувальних нахилів для кожної з

поверхонь слід користуватись нормальним рядом значення нахилів (ГОСТ 7505-89) і прагнути до їх уніфікації для кожної даної поковки. Різні зовнішні нахили слід призначати тільки у випадку, коли це не ускладнює виготовлення штампу. Зазвичай застосовують нахили рівні 3 ; 4 ; 5 ; 7 ; 10 . Максимально допустимі нахили згідно ГОСТ 7505-89 складають 7° для зовнішніх і 10° для внутрішніх стінок.

3. Викреслюють контур заготовки.

Орієнтуючись за раніше викресленим контуром готової деталі, залишаючи припуски на поверхні, що піддаються механічному обробленню, викреслюють профіль заготовки. Потім наносять штампувальні нахили на поверхні заготовки, перпендикулярні лінії роз'єму. Далі замінюють гострі кромки на поверхні поковки радіусами, так як кути кінцевого жолоба штампу стають концентраторами напружень, що приводить до утворення на них тріщин. А також затікання металу в кути різко утруднено і вимагає підвищеного тиску при штампуванні.

Значення радіусів заокруглень зовнішніх кутів (так звані зовнішні радіуси заокруглень) встановлені ГОСТ 7505-89 в межах 0,08–8 мм залежно від маси поковки.

При недостатніх радіусах заокруглень виступаючих кромки штампу вони швидко спрацьовуються. Крім того, діючи на штампований метал як ножі, вони перерізують його волокна. Для уникнення цього необхідно, щоб так звані внутрішні радіуси заокруглень на поковках, відповідні виступаючим кутам рівчака, були приблизно в 3–4 рази більші від прийнятих для даної поковки зовнішніх радіусів заокруглень (рекомендовані величини 1,5 – 3,0 мм).

4. Проставляють розміри і допуски.

Проводять розмірні виносні лінії, проставляють розміри, значення яких знаходять шляхом розрахунку операційних розмірних ланцюгів, і допуски на них. Розміри штампованих поковок слід проставляти від тих точок або поверхонь, які служать базами на перших операціях механічного оброблення. Недотримання цього правила приводить до збільшення коливань величин припусків і, відповідно, до збільшених середніх припусків.

Допуски на штампувальні поковки з чорних металів регламентовані ГОСТ 7505-89 (штампування у відкритих штампах). Стандартом передбачений поділ поковок за точністю на три основні групи. Найточнішими є поковки I групи. В додаткову четверту групу виділені поковки, що піддаються калібруванню (чеканці).

Допуски встановлюють перш за все залежно від маси поковки. В межах кожної вагової групи елементи допусків визначають залежно від розмірів.

Причинами відхилень дійсних розмірів заготовок від номінальних є:

а) недоштампування за висотою;

- б) зношування кінцевого рівчака штампа;
- в) коливання усадки при вистиганні поковки;
- г) усадка опорної частини поверхні роз'єму штампу;
- д) ексцентриситет прошивки відносно вісі рівчака;
- е) зсув штампів і т.д.

Підвищене зношування бокових стінок рівчака приводить до призначення допусків на горизонтальні розміри дещо більшої величини, ніж на вертикальні, де основним фактором, що визначає величину допуску, є недоштампування.

За ГОСТ 7505-89 встановлюються і величини припусків, якими користуються у випадках, коли припуски не розраховуються, тобто в умовах серійного виробництва.

При штампуванні в закритих рівчаках допуски призначаються також за ГОСТ 7505-89 з наступним корегуванням коливання об'єму штампованої заготовки.

Після поставлення допусків на розміри штампованої заготовки в технічних вимогах на полі ескізу вказуються допустимі величини зміщення штампу, ексцентриситет отворів, кривизни або коливання деталі, а також радіуси заокруглень кутів і штампувальні нахили.

При проектуванні інших видів штампів (на пресах або горизонтально-кувальних машинах) слід враховувати особливості цих методів штампування. Складові допуски для таких штампованих заготовок регламентуються за ГОСТ 7505-89.

5. Розроблене технологом механічного оброблення креслення заготовки узгоджується з технологом заготівельного цеху, в конструкцію заготовки вносяться уточнення і зміни з врахуванням фактичних можливостей наявного обладнання і специфічних особливостей даного методу одержання заготовки.

Аналогічна методика розроблення креслень заготовок, які отримують іншими способами (литвом, порошковою металургією тощо).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Евдокимова О. П., Скобелев С. Б. Проектирование и производство заготовок : конспект лекцій. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013.
2. Кушнер В. С., Верещака Ф.С., Схиртладзе А. Г., Негров А. Д. Технологические процессы в машиностроении. В 2 ч. Ч. 1. Металлургия, литейное производство и обработка резанием. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. 200 с.
3. Пегашкин В. Ф., Пегашкина Е. В. Методы получения заготовок деталей машин: учебное пособие. Нижний Тагил: НТИ, 2016. 81 с.
4. Минаков А. П. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов. Калининград : Изд-во КГТУ, 2005. 144 с.
5. Руденко П. В., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении : учеб. пособие. Киев: Выща школа, 1991. 247 с.
6. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
7. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов : учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов. М. : Машиностроение, 2004. 512 с.
8. Титов Ю. А., Титов А. Ю. Свободная ковка. Основные операции и технологии: учеб. пособие. Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2011. 73 с.
9. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
10. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. Дячун А.Є. Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення профільних гвинтових заготовок: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Дячун Андрій Євгенович; ТДТУ ім. І. Пулюя. – Т., 2008. – 208 с.
13. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожнисті циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.
14. Драган А. П. Результаты экспериментальных исследований формообразования гвинтових гофрованих заготовок / А. П. Драган, А. Є. Дячун // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Тернопіль, 2006. Т.11, №3. С. 86-91.