

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
“УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

2611

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
З ДИСЦИПЛІНИ “ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ  
І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО”  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З РОЗДІЛУ  
“ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА,  
ЧАСТИНА II (СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ЛИТТЯ)”  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ МЕХАНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ  
УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ

Затверджено на засіданні  
кафедри матеріалознавства.  
Протокол №13 від 23.05.2012 р.

Дніпропетровськ УДХТУ 2013

Методичні вказівки з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму з розділу “Основи ливарного виробництва, частина II (спеціальні способи лиття)” для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: Трофименко В.В., Клименко О.П., Овчаренко В.І. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2013. – 20 с.

Укладачі: В.В. Трофименко, канд. техн. наук  
О.П. Клименко, канд. техн. наук  
В.І. Овчаренко, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск О.Б. Гірін, д-р техн. наук

Навчальне видання  
Методичні вказівки  
з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів  
і матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму  
з розділу “Основи ливарного виробництва, частина II  
(спеціальні способи лиття)”  
для студентів механічних спеціальностей  
усіх форм навчання.

Укладачі: ТРОФИМЕНКО Віталій Васильович  
КЛИМЕНКО Олександр Павлович  
ОВЧАРЕНКО Володимир Іванович

Авторська редакція

Підписано до друку 16.04.13. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.  
Умов.-друк. арк. 0,91. Облік.-вид. арк. 0,97. Тираж 80 прим. Замовлення №258.  
Свідоцтво ДК №303 від 27.12.2000.

---

ДВНЗ УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

## ВСТУП

Основними недоліками виробництва виливків найпоширенішим методом – литтям у піщані форми є:

- великі обсяги транспортування та переробки формувальних і стрижньових сумішей (4...12 т на 1 т виливків), в яку входить сушіння піску, змішування компонентів, аерація та регенерація сумішей і т.д.;
- форма використовується лише один раз;
- нестабільність та невисока точність розмірів виливків;
- висока шорсткість поверхні та великі припуски на оброблення виливків;
- антисанітарні умови праці, спричинені високою запиленістю та загазованістю ливарних цехів;
- дорожняча форм, яка становить близько 50% вартості відливок.

Тому найтрадиційніший спосіб отримання виливків у разових піщаних формах все частіше поступається **спеціальним видам лиття**. Застосування останніх пов'язане зі створенням спеціального оснащення. Лиття таким чином дорожчає і тому стає виправданим завдяки отриманню більш високих властивостей металу, кращої розмірної точності виливків, зниженню трудових, енергетичних і матеріальних витрат у виробництві та експлуатації.

У промислово розвинутих країнах частка спеціальних видів лиття перевищила 40%, у той же час в Україні вона становить лише близько 25%. Приблизно половина виливків, які виготовляють **спеціальними методами лиття**, припадає на *кокільне лиття*, третина – на *відцентрове*, десята частка – на *лиття під тиском*, решта – на *лиття за моделями, що витоплюються* та іншими способами [1].

Спеціальні способи виготовлення виливків відрізняються від лиття в одноразові піщані форми по одній або кільком ознакам:

- конструкції форми;
- матеріалу форми;
- використанню зовнішніх сил при заповненні форми та твердінню в ній відливок.

Одні з них ґрунтуються на застосуванні *постійних форм*, інші – *разових*. При цьому заповнення форм та твердіння відливок в них може відбуватися під дією сил тяжіння, відцентрових сил, вакууму, надлишкового тиску, який створюється повітрям або поршнем.

Класифікація відомих спеціальних способів лиття (далеко не повна) наведена у додатку А.

Технологічні особливості, переваги та недоліки спеціальних методів лиття визначають галузь застосування кожного з них (додаток Б). Загальним для них є те, що всі вони відносяться до прогресивних матеріало-, енерго- та працезберігаючим технологічним процесам, які дозволяють отримувати відливки з конфігурацією, розмірами та чистотою поверхні більш високими, ніж у випадку застосування піщаних форм.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

## СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ЛИТТЯ

**Мета роботи:** ознайомитись з сутністю сучасної технології виробництва відливоків, виготовлених спеціальними способами: кокільним литтям, литтям під тиском, відцентровим литтям, литтям за моделями, що витоплюються, литтям в оболонкові форми тощо.

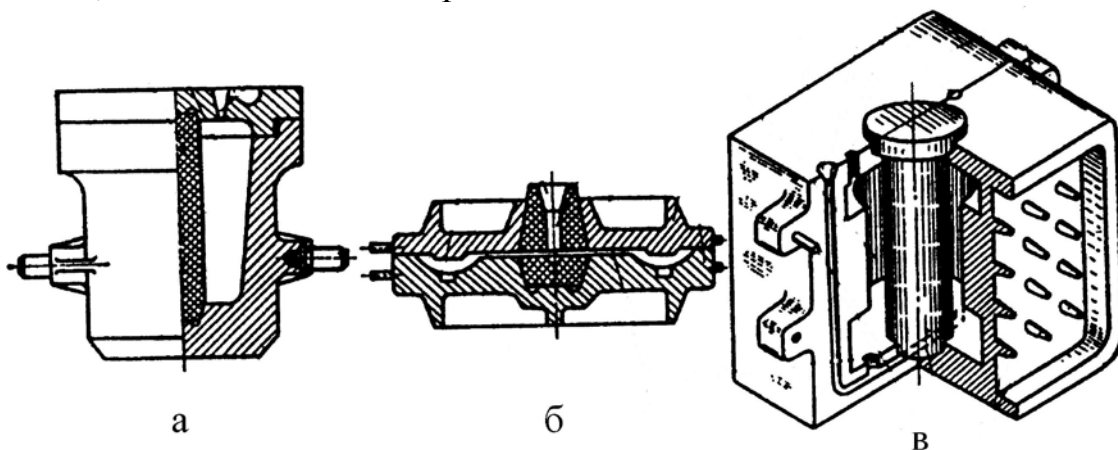
### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

#### 1. ЛИТТЯ У ПОСТІЙНІ ФОРМИ

##### 1.1. ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ У КОКІЛЯХ

**Суть способу** полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). Для утворення у виливку внутрішніх порожнин або отворів стрижні часто роблять також металевими. У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко із сталі.

Для простих за конфігурацією відливоків зі зовнішнім нахилом використовують *суцільні кокілі* (рис. 1, а), а для складних відливоків – *рознімні* з горизонтальною (рис. 1, б) або вертикальною (рис. 1, в) комбінованою поверхнями рознімання. Рознімні частини кокілю центрують між собою, а перед заливанням їх надійно фіксують у складеному положенні. Під час наповнення порожнини кокілю розтопленим металом з неї виходить повітря через випори, а гази, розчинені в металі – через спеціальні щілини глибиною 0,3...0,5 мм, виконані на площині рознімання кокілю.



**Рис. 1.** Кокілі

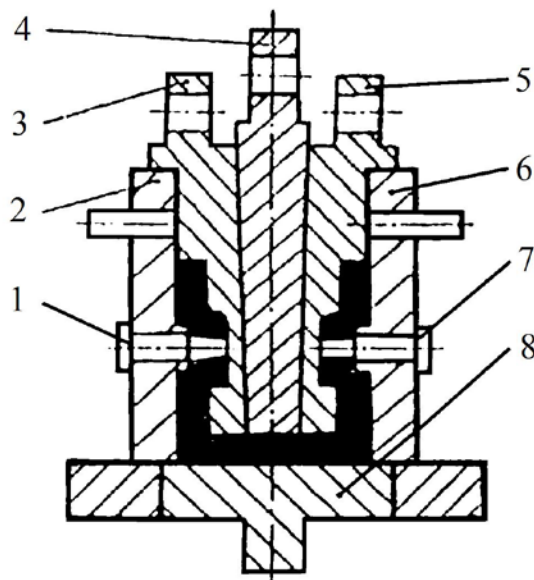
а - суцільний; б - рознімний з горизонтальним розняттям;  
в - рознімний з вертикальним розняттям

*Кокілі* виготовляють з чавунів, сталей, рідше – зі сплавів алюмінію. Для регулювання швидкості охолодження залитого металу й підвищення температурної тривкості кокілю його робочу поверхню покривають

теплоізоляційним матеріалом різної товщини. Значного поширення набули покриття багаторазового використання, які наносять на нагріту поверхню кокілю у вигляді суспензій за допомогою пульверизатора або пензля. До складу суспензій входять один або декілька вогнетривких матеріалів у вигляді дрібних порошків (кварц, циркон, оксид хрому, оксид цинку, тальк, графіт) і зв'язувальна речовина (рідке скло, зволожена вогнетривка глина та ін.). Останнім часом покриття багаторазового використання (оксид алюмінію, вольфрам, молібден) наносять на робочу поверхню кокілю методом високотемпературного напилення. Рідкі покриття одноразового використання на основі мінеральних олив або мазуту наносять перед кожним заливанням форми. Під час дотику з рідким металом вони вигорають, утворюючи тонку захисну плівку. Щоб підтримувати оптимальний температурний режим в межах 200...400°C, робочу поверхню кокілю спочатку нагрівають газовим полум'ям або електричним струмом, а під час експлуатації охолоджують повітрям, водою або мінеральною оливою.

Кокільним литтям виготовляють відливки з чавунів, сплавів алюмінію, магнію, міді, рідше – зі сталей і сплавів титану.

Нижче показана схема будови металевої форми для відливання поршня, яка складається з бічних половин 2 і 6 (рис. 2), нижньої частини 8, двох суцільних стрижнів 1 і 7 та рознімного стрижня, що має центральний 4 й два бічних елементи 3 і 5. Сплав потрапляє в порожнину кокілю через ливниковий канал, який на рисунку не показаний. Після кристалізації металу та його охолодження до заданої температури виймають центральний елемент рознімного стрижня, після чого – бічні його елементи й нарешті – суцільні стрижні. Згодом розкривають бічні половини кокілю й виштовхують відливки.



**Рис. 2.** Схема будови кокілю для відливання поршня:

- 1, 7- стрижень суцільний; 2,6 - бічна половина кокілю;  
3, 5 - бічний елемент рознімного стрижня; 4 - центральний елемент рознімного стрижня; 8 - нижня частина кокілю

Порівняно з литтям в одноразові форми кокільне лиття має такі **переваги**:

- багаторазове використання кокілю – від сотні до десятків тисяч;
- більша точність розмірів, якість поверхні й механічні властивості отриманих відливок;
- вища продуктивність праці, бо не потрібно чистити відливки та виготовляти ливарну форму кожен раз;
- кращі санітарні умови праці;
- ширші можливості механізації та автоматизації процесу.

**Недоліки** лиття в кокіль:

- висока вартість металевої форми і тому лиття в кокіль вигідне лише в серійному й масовому виробництвах;
- обмежені можливості виготовлення тонкостінних відливок, пов'язані зі швидким охолодженням залитого металу.

## 1.2. Лиття під тиском

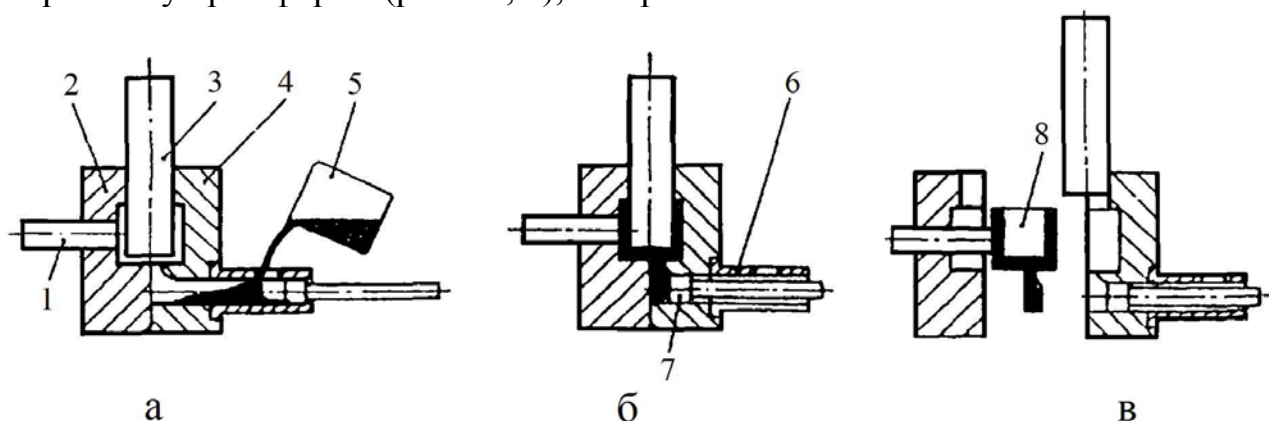
**Суть способу** полягає в тому, що наповнення металевої прес-форми й подальша кристалізація сплаву відбуваються під великим тиском. Завдяки ретельно виготовленим прес-формам і тиску на рідкий метал відливки мають гладку поверхню й точні розміри, а швидке охолодження сприяє формуванню дрібнозернистої структури. Цим способом отримують відливки складної конфігурації масою від кількох грамів до десятків кілограмів зі сплавів алюмінію, цинку, магнію, міді – рідше з чавунів і сталей.

Щоб захистити прес-форму від взаємодії з розтопленим металом й полегшити виймання відливки, перед кожним заливанням змащують робочу поверхню прес-форми емульсією, головними складовими якої є мінеральна олива і вода. Після випаровування води на гарячій поверхні прес-форми залишається тонкий шар мастильного матеріалу. Метал наповнює прес-форму з великою швидкістю, що є перешкодою для повного виходу з її порожнини повітря й газу, який утворився під час згорання мастильного матеріалу. Ось чому відливки, отримані литтям під тиском, мають газоповітряні пори. Щоб зменшити пористість, вакуумують прес-форму, наповнюють її порожнину суцільним (не перемішаним з газами) струменем металу або використовують метал у твердо-рідкому стані. *Прес-форми* для сплавів кольорових металів виготовляють з легованих сталей, а прес-форми для чавунів і сталей – зі сплавів на основі молібдену й вольфраму. Усі сучасні машини для лиття під тиском поділяють на машини з холодною камерою пресування й машини з гарячою камерою пресування. Камерою пресування служить циліндр і поршень.

Розрізняють машини з холодними вертикальною і горизонтальною камерами пресування. Перевагу віддають машинам з горизонтальною камерою пресування як продуктивнішим.

**Машина з холодною горизонтальною камерою** пресування складається з циліндра 6 (рис. 3) з вікном для заливання металу, поршня 7, рухомої 2 і нерухомої 4 половин прес-форми та стрижня 3. Порцію металу заливають ковшем 5 у вікно

циліндра. Після цього поршень пересувається вліво, витісняє метал із циліндра в порожнину прес-форми (рис.2.1, б), створюючи тиск в межах 40...200 МПа.

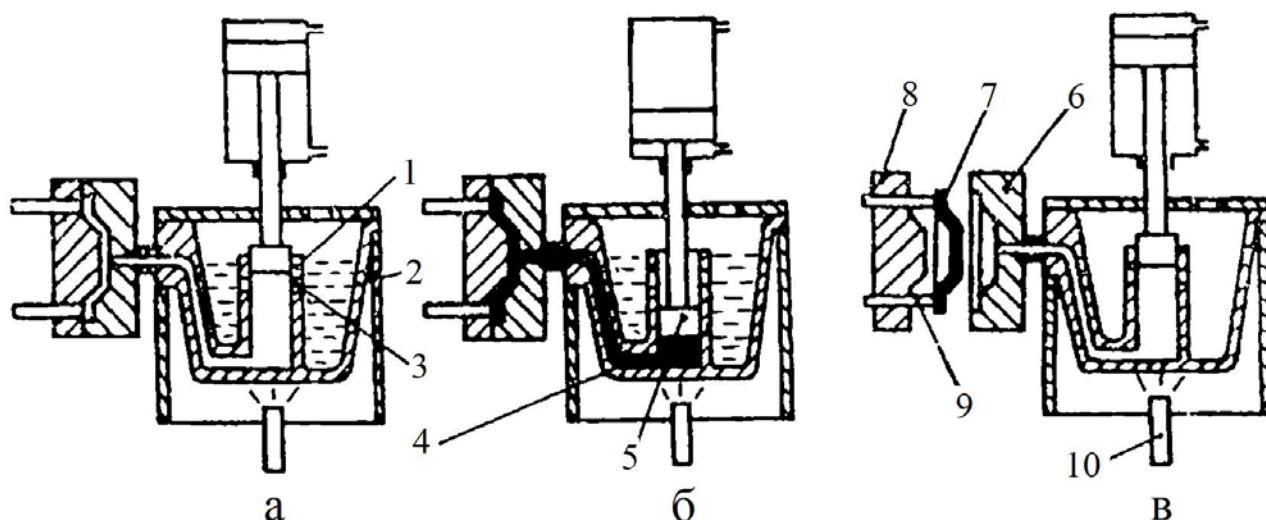


**Рис. 3.** Схема машини для лиття під тиском з холодною горизонтальною камерою пресування:

1 - виштовхувач; 2 - рухома і 4 - нерухома половини прес-форми;  
3 - стрижень; 5- ківш; 6 - циліндр; 7- поршень

По охолодженні відливка до заданої температури виймають стрижень, відводять рухома половину прес-форми вліво і за допомогою виштовхувача викидають з неї відливку (рис. 3, в). Згодом робочу поверхню обдувають стисненим повітрям, змащують емульсією, опускають стрижень, закривають прес-форму і цикл повторюють.

**Машина з гарячою камерою пресування** складається з тигля 2 (рис. 4), циліндра 1, поршня 5, рухомої 8 і нерухомої 6 половин прес-форми та виштовхувачів 9. Необхідна температура металу в тиглі підтримується газовим пальником 10. Крізь отвори 3 метал затікає в середину циліндра. Під час руху вниз поршень витісняє метал з циліндра в порожнину прес-форми через канал 4 (рис. 4, б).



**Рис. 4.** Схема машини для лиття під тиском з гарячою камерою пресування:

1 - циліндр; 2 - тигель; 3 - отвір; 4 - канал; 5 - поршень;  
6 - нерухома і 8- рухома половини прес-форми;  
7- відливка; 9 - виштовхувач; 10- газовий пальник

Після кристалізації металу поршень піднімається і рештки металу стікають в циліндр. Згодом рухома половина прес-форми відходить вліво й виштовхувачі викидають відливку 7 (рис. 4, в). Машина оснащена гідравлічним приводом. Тиск, створюваний в камері пресування, становить 10...100 МПа. У машинах з гарячою камерою пресування немає операції заливання металу, з огляду на що вони продуктивніші порівняно з машинами з холодною камерою пресування. Водночас постійне перебування циліндра й поршня у контакті з розтопленим металом негативно відбивається на тривалості їх експлуатації.

Машини з гарячою камерою пресування використовують для виробництва відливок зі сплавів цинку та магнію.

**Переваги** лиття під тиском перед кокільним литтям:

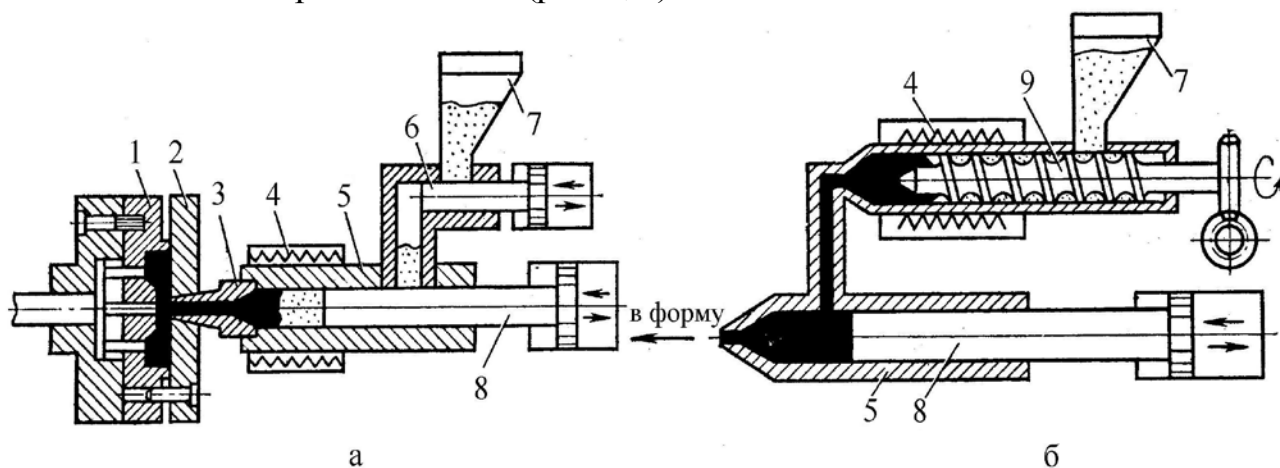
- підвищена точність розмірів і висока якість поверхні відливок;
- можливість виготовлення відливок з товщиною стінки близько 1 мм;
- висока продуктивність, пов'язана з незначною кількістю операцій;
- низька вартість відливок, виготовлених в умовах масового виробництва.

**Недоліки:**

- обмежена маса відливків;
- висока вартість прес-форми;
- наявність у відливку газоповітряних пор.

Лиття під тиском здобуло міцні позиції в масовому виробництві деталей з пластмас.

У в'язкотекучому стані термопласти (поліетилен, вініпласт, полістирол, поліаміди та ін.) переробляють у вироби литтям під тиском на спеціальних автоматичних ливарних машинах (рис. 5, а).



**Рис. 5.** Схеми машин лиття пластмас під тиском:

- а - без попередньої пластифікації; б - з попередньою пластифікацією;  
 1 - прес-форма; 2 - порожнина; 3 - сопло; 4 - електронагрівник; 5 - циліндр;  
 6 - дозатор; 7 - бункер; 8 - плунжер; 9 - шнек

Перероблюваний термопласти у вигляді гранул або порошку із бункера 7 подається дозатором 6 у циліндр 5 з електронагрівником 4. При переміщенні плунжера 8 доза матеріалу переміщується в зону нагрівання, плавиться



(пластифікується) і крізь сопла 3 надходить у порожнину 2 прес-форми 1. Після витримування кількох секунд для твердіння матеріалу (цьому сприяє охолодження прес-форми водою) плунжер 8 повертається у вихідне положення, форма розкривається і виріб за допомогою виштовхувача видаляється.

Для підвищення однорідності матеріалу, що заливається, застосовують машини з попередньою пластифікацією (рис. 5, б). Подача та перемішування матеріалу здійснюється в окремому циліндрі, що нагрівається, за допомогою шнеку 9.

Лиття під тиском характеризується високою продуктивністю: процес виготовлення виробів триває 5...20 с. Вони мають чисту поверхню, точні розміри і не потребують додаткової механічної обробки. Завдяки високій текучості нагрітого до температури 150...300°C пластику і тиску 10...200 МПа. Литтям під тиском одержують вироби складної форми з різною товщиною стінок, глибокими отворами з різьбою, ребрами жорсткості масою від кількох грамів до кілограмів.

### 1.3. ВІДЦЕНТРОВЕ ЛИТТЯ

**Суть способу** полягає в тому, що метал заливають у кокіль, який обертається з певною швидкістю. Заповнення кокілю і кристалізація металу відбуваються під дією відцентрових сил, що забезпечує значну щільність металу, оскільки гази і неметалеві домішки важкий метал витискує до внутрішньої порожнини виливка, а потім їх видаляють при механічній обробці. Перевагою відцентрового виливання є високий вихід придатних виливків (до 90%) завдяки майже повній відсутності витрати металу на ливникову систему і додатки.

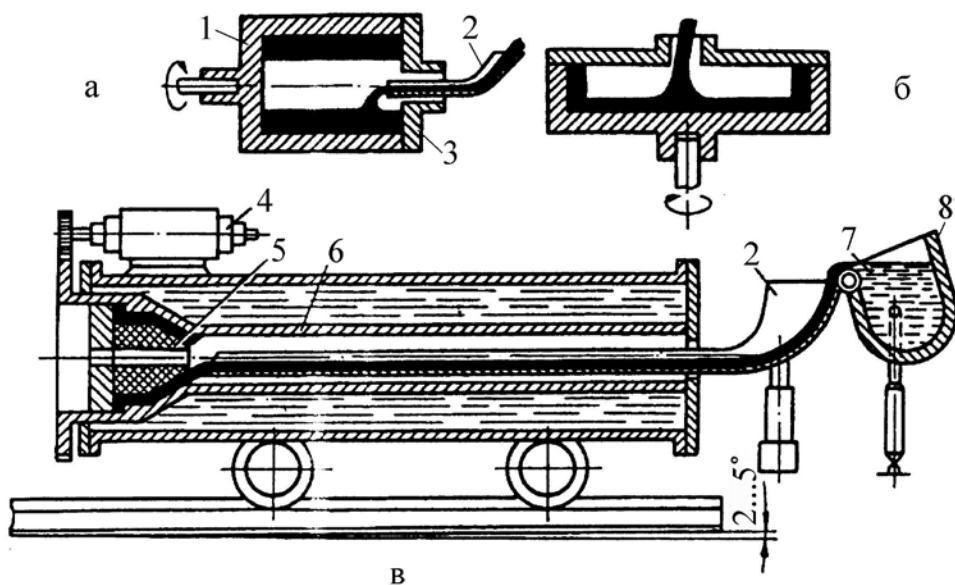
Вісь обертання кокілю може бути горизонтальною (рис. 6, а) і вертикальною (рис. 6, б). В обох випадках вісь обертання збігається з віссю виливка, і тому внутрішня порожнина його утворюється без застосування стрижнів. Цей спосіб поширений при виготовленні виливків, що мають форму тіла обертання.

Машина з горизонтальною віссю обертання складається з циліндричної металевої форми 1 (рис. 6, а), кришки 3 і жолоба 2. Перед заливанням металу формі надають обертального руху. Метал із ковша потрапляє в жолоб, а з нього – у форму. Під час відливання довгих труб жолоб переміщається від одного краю форми до протилежного, що дозволяє рівномірно розподілити метал у формі.

В машині з вертикальною віссю обертання (рис. 6, б) на залитий метал, крім відцентрової сили, діє ще й сила гравітації, яка спричинює різну товщину стінки відливки по висоті. Щоб не допустити великої різниці товщини стінки, висота відливки повинна бути меншою за її внутрішній діаметр.

Найбільш поширено застосовується відцентрове виливання у виробництві чавунних труб в охолоджувальному кокілі 6 (рис. 6, в), який обертається електродвигуном 4. Рідкий чавун 7 з ковша 8 по нерухомому жолобу 2 надходить у кокіль. Залежно від заповнення металом кокіль переміщується на рейках ліворуч. Після заливання кокіль перебуває в крайньому лівому положенні і ще деякий час (до повної кристалізації металу) обертається. Після твердіння металу електродвигун вимикають, трубу разом із стрижнем 5 (він утворює розтруб)

видаляють з форми ліворуч. Одержані чавунні труби на зовнішній поверхні вибілюються, тому їх треба відпалювати при температурі 850...920°C. Цим способом виготовляють труби із чавуну діаметром 80...150, 200...300 мм.



**Рис. 6.** Схеми відцентрового лиття

- а - з горизонтальною віссю виливання; б - з вертикальною віссю обертання;  
в - виливання в водоохолоджувальний кокіль;  
1 - форма; 2 - жолоб; 3 - кришка; 4 - електродвигун; 5 - стрижень;  
6 - водоохолоджувальний кокіль; 7 - рідкий чавун; 8 - ківш

Відцентровим литтям найчастіше виготовляють вироби, що мають вигляд тіл обертання (труби різного призначення, кільця, біметалеві втулки, гільзи двигунів внутрішнього згорання, бандажі коліс трамвайних і залізничних вагонів), матеріалом яких може бути чавун, сталь або сплави кольорових металів. Маса відливок коливається від кількох кілограмів до кількох десятків тонн.

**Переваги** відцентрового лиття порівняно з литтям в одноразові піщано-глиняні форми:

- відпадає потреба в застосуванні стрижнів для відливок з циліндричним отвором;
- отримують відливки зі сплавів з низькою рідкоплинністю.

**Недоліки:**

- труднощі у виготовленні якісних відливок зі сплавів, схильних до ліквіації;
- вільна поверхня відзначається порівняно низькою точністю розмірів.

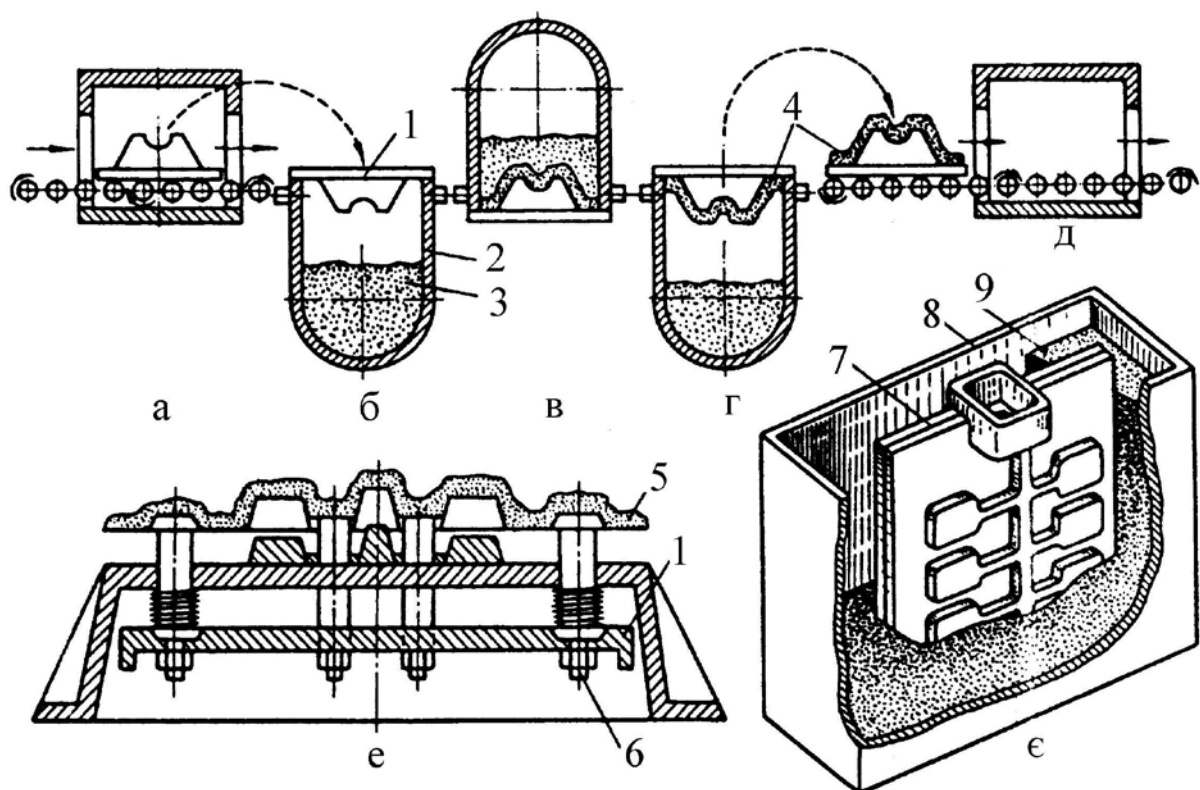
## 2. СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ЛИТТЯ У РАЗОВІ ФОРМИ

### 2.1. ЛИТТЯ У ОБОЛОНКОВІ ФОРМИ

Суть способу полягає у використанні у формовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні

плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє. За точністю розмірів і чистотою поверхні виливки, виготовлені в оболонкових формах, перевершують виготовлені в піщано-глиняних формах. Цей спосіб застосовують у серійному і масовому виробництві дрібних і середніх виливків з будь-яких сплавів.

Виготовлення оболонкових форм починається з нагрівання модельних металевих плит в електричній печі до температури 220..280°C (рис. 7, а). Нагріту модельну плиту 1 (рис. 7, б) закріплюють моделлю вниз над бункером 2 з формовою сумішшю 3, яка складається з піску і домішки 4...6% смоли у вигляді порошку. Бункер разом з модельною плитою повертають на 180° (рис. 7, в), і формова суміш падає на модельну плиту. Смола суміші плавиться і зв'язує зерна піску в напівтверду кірку. Потім бункер повертається у вихідне положення, формова суміш, що не прореагувала, падає на дно бункера, а на модельній плиті залишається напівтверда оболонка 4 завтовшки 6...8 мм (рис. 7, г). Далі модельну плиту подають у піч для остаточного твердіння оболонки при температурі близько 350...500°C (рис. 7, д). Готову тверду оболонку 5 знімають з модельної плити 1 за допомогою виштовхувачів 6 (рис. 7, е).



**Рис. 7.** Схеми виготовлення оболонкової форми

- а - нагрівання модельних плит; б - закріплення модельних плит в бункері;  
 в - налипання формової суміші на плиті; г - обертання бункера;  
 д - твердіння оболонки в печі; е - знімання оболонки з плити;  
 є - скріплення форм та засипання піском;  
 1 - модельна плита; 2 - бункер; 3 - формова суміш; 4 - напівтверда оболонка;  
 5 - тверда оболонка; 6 - виштовхувач; 7 - півформи;  
 8 - металевий ящик; 9 - пісок

Таким способом виготовляють обидві половинки оболонкової форми. Стрижні також виготовляють з цієї суміші в металевих стрижневих ящиках за такою самою технологією. Заключною операцією є складання оболонкової форми з півформ. Півформи 7 (рис. 7, є) скріплюють скобами, струбцинами або склеюють по площині розняття. Складену форму кладуть у металевий ящик 8, засипають навколо крупним піском 9 (або дробом) і заливають металом. Під дією високої температури смола з формової і стрижневої сумішшю поступово вигоряє, оболонка втрачає міцність і легко руйнується при вибиванні виливка.

**Переваги** виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми порівняно з литтям в одноразові піщано-глиняні форми:

- більша точність розмірів та якість поверхні виливків;
- на виготовлення оболонкової форми потрібно в 20 разів менше формових матеріалів, ніж на звичайні разові;
- вищі механічні властивості через дрібнозернисту мікроструктуру отриманих відливок;
- кращі санітарні умови праці;
- серійне і масове виробництво дрібних і серійних виливків з будь-яких сплавів.

**Недоліки** лиття у оболонкові форми:

- висока вартість оболонкової форми;
- обмежені розміри відливок;
- процес виготовлення форми багатоопераційний, працемісткий та тривалий.

## 2.2. Лиття за моделями, що витоплюються

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

У виготовлених виливків немає формувальних уклонів, оскільки форма нерознімна. Для формування використовують кварцову пудру (маршаліт), тому виливки мають точні розміри і високу чистоту поверхонь. Обсяг механічної обробки зменшується на 80...100% і в 1,5...2 рази скорочуються витрати металу на ливникову систему, бо в одній формі виготовляють навіть десятки штук виливків. Цим способом можна виготовляти виливки із сплавів з будь-якою температурою плавлення, а також важкооброблюваних різанням і тиском (жароміцні, жаростійкі, різальний інструмент із швидкорізальної сталі тощо).

Технологія виготовлення суцільної форми виключає зниження точності розмірів форми і стрижня, які неминучі під час виймання моделей з півформ і стрижнів зі стрижневих ящиків, а також зниження точності через неминучі зміщення робочих поверхонь півформ стрижня, що виникають під час складання піщано-глиняної форми. Задля доброї якості поверхні відливки робочу поверхню суцільної форми виготовляють з дрібнозернистого вогнетривкого матеріалу. Істотно поліпшує наповнюваність порожнини висока температура металу. Литтям за моделями, що витоплюються можна виготовляти відливки як

простої, так і дуже складної конфігурації з вуглецевих і легованих сталей, чавунів, корозійностійких, жаростійких і жароміцних сталей та сплавів, а також зі сплавів алюмінію, міді, титану.

Технологічний процес виробництва відливок за моделями, що витоплюються, складається з таких основних операцій:

- виготовлення прес-форми для моделей відливки та для моделі ливникової системи;
- виготовлення моделей з легкотопкої суміші у прес-формах;
- складання моделей відливки й ливникової системи в один блок;
- виготовлення ливарної форми нанесенням на поверхню блока спеціальної суміші у вигляді суспензії з подальшим її сушінням;
- витоплювання матеріалу моделей із форми та її прожарювання;
- наповнення розтопленим металом порожнини форми;
- відокремлювання відливоків від ливникової системи та їх очищення.

*Прес-форма* повинна бути рознімною. Її виготовляють обробкою різанням переважно зі сталі або зі сплавів алюмінію. Конфігурація порожнини прес-форми відтворює відливку (рис. 8, а), а розміри цієї порожнини відрізняються від розмірів відливки на сумарну усадку модельної суміші та усадку металу.

*Моделі* (рис. 8, б) виготовляють з легкотопкої суміші, компонентами якої можуть бути парафін, стеарин, цезерин, віск з бурого вугілля та ін. Модельну суміш 1 у рідкому або пастоподібному стані подають під тиском в порожнину прес-форми 2. Після охолодження прес-форму розкривають і виймають модель. Отримана таким способом модель має гладку поверхню і точні розміри.

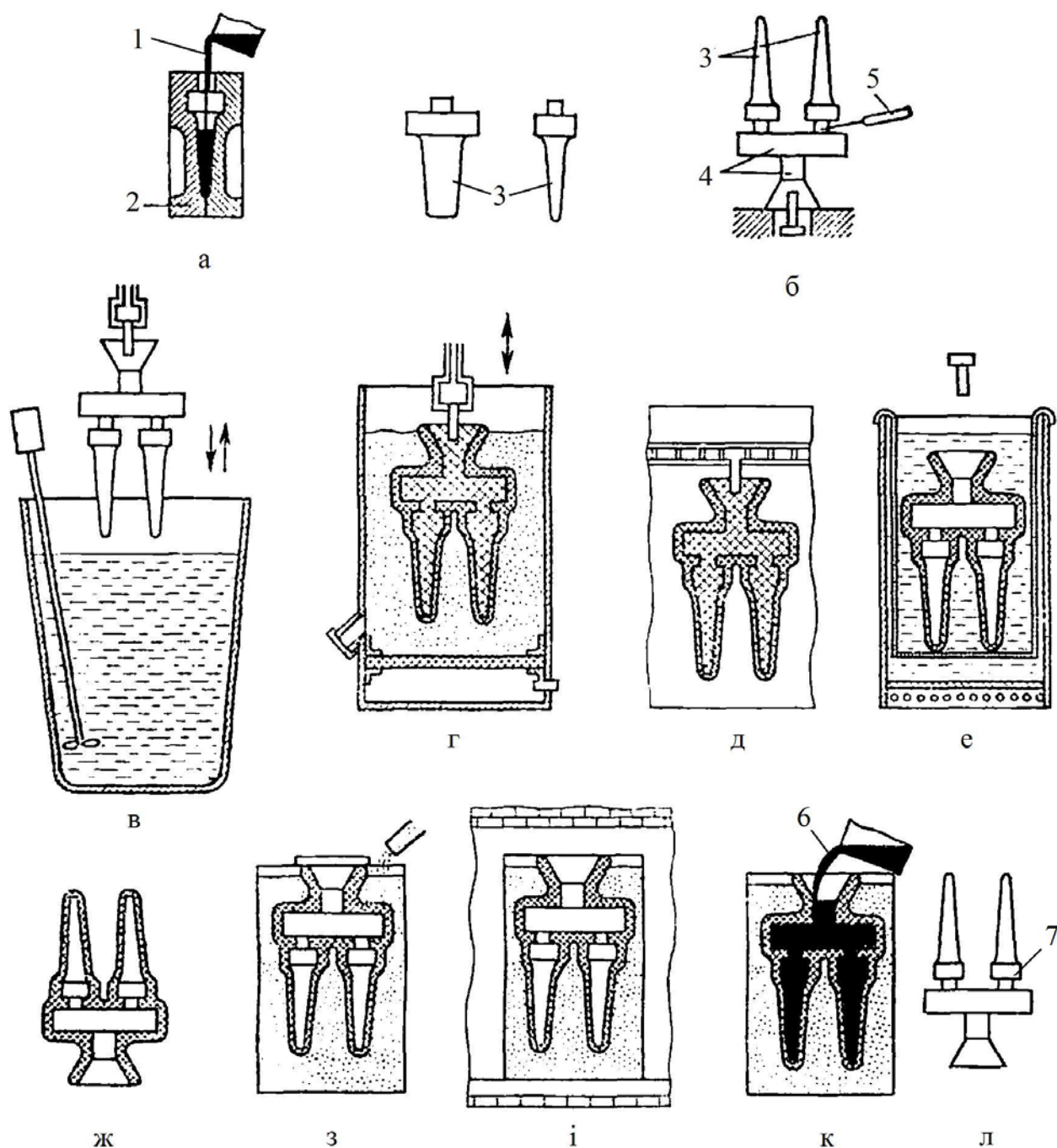
Моделі з'єднують зі спільною ливниковою системою в один блок (рис. 8, б) за допомогою нагрітої пластини 5 або іншим способом. Кількість моделей в одному блоці може доходити до 100 штук.

*Для виготовлення форми* блок моделей занурюють у рідку формову суміш (рис. 8, в). Формова суміш складається із порошку вогнетривкого матеріалу (кварцовий пісок, електрокорунд), перемішаного з рідкою зв'язувальною речовиною переважно гідролізованим розчином етилсилікату. Після виймання з формової суміші на поверхні моделей відливок і ливникової системи залишається тонка липка плівка. Її посипають сухим кварцовим піском (рис. 8, г) і висушують на повітрі протягом 2...4 год. (рис. 8, д). Операцію занурювання, посипання і висушування повторюють 4...6 разів, поки не отримають форму з потрібною товщиною стінки.

Отриману форму разом з блоком моделей нагрівають у термошафі, автоклаві або киплячій воді аж поки не розтопляться моделі і не витечуть з форми (рис. 8, е). Порожню форму (рис. 8, ж) вставляють у металевий контейнер (рис. 8, з), насипають пісок і поміщають у піч для нагрівання при температурі 900...1000°C, щоб випалити залишки модельної суміші, зміцнити форму й підвищити її газопроникність (рис. 8, і).

*Нагріту форму наповнюють рідким металом*, який витісняє повітря й гази з порожнини крізь пори в стінках (рис. 8, к). Після кристалізації й

оохолодження металу форму руйнують, очищають (рис. 8, л) та відрізають відливки від ливникової системи.



**Рис. 8.** Схема процесу виготовлення відливок за моделями, що витоплюються  
 1 - парафін; 2 - прес-форма; 3 - модель; 4 - ливникова система;  
 5 - гаряча пластина; 6 - метал; 7 - відливка

Цей метод отримав промислове застосування у 1940 році для виготовленні лопаток авіаційних газотурбінних двигунів із важкооброблюваних сплавів.

**Переваги** лиття за моделями, що витоплюються перед литтям в одноразові піщано-глиняні форми:

- вища якість поверхні й точність розмірів відливок;
- можливість виготовлення тонкостінних відливок складної конфігурації;

- можливість виготовлення відливок із матеріалів, що мають високу температуру топлення.

**Недоліки:**

- процес виготовлення форми багатоопераційний, працемісткий і тривалий;
- висока вартість відливок;
- значні витрати металу на ливникову систему.

### **2.3. ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИПАЛЮЮТЬСЯ**

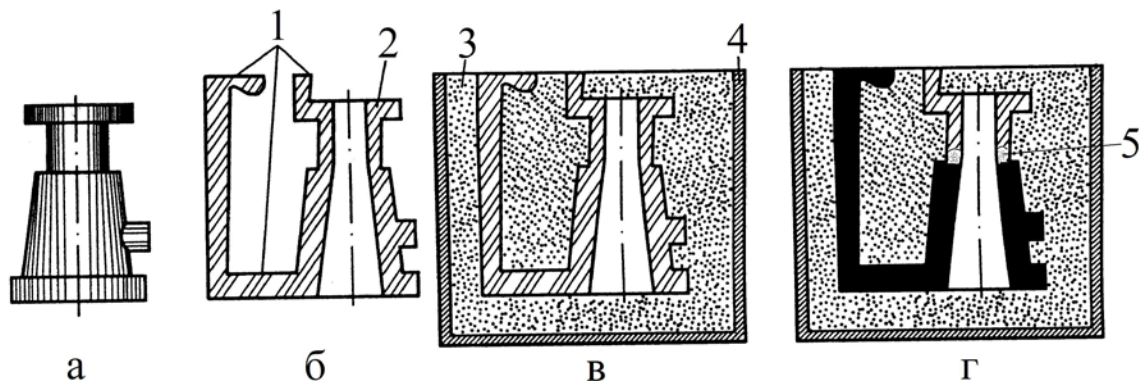
*Суть способу лиття за моделями, що випаляються, в тому, що підвищена точність відливок досягається через застосування нерозбірних ливарних форм, виготовлених за допомогою моделей, які під дією рідкого гарячого металу безпосередньо в формі зазнають термічної деструкції й переходять із твердого стану в газоподібний. Об'єм, який перед тим займала модель, поступово наповнюється рідким металом. Утворювані внаслідок деструкції моделі газу виходять в атмосферу крізь пори між зернами формового матеріалу. Моделі відливки й ливникової системи виготовляють з пінополістиролу переважно обробкою різанням. Частини великих моделей можна виготовляти окремо з плит і блоків пінополістиролу, а потім їх склеювати. У випадку серійного виробництва моделі виготовляють у прес-формах.*

Важливе значення для отримання якісного відливка має швидкість переміщення фронту рідкого металу в формі, яка повинна дорівнювати швидкості повного розкладу матеріалу моделі. Найпростіше регулювати швидкість переміщення металу в формі можна підбором площі поперечного перетину елементів ливникової системи, із яких рідкий метал потрапляє в форму. Тут слід зауважити, що не розкладені частинки твердих або рідких залишків матеріалу моделі можуть стати причиною газових порожнин або неметалевих включень у об'ємі відливки. Матеріалом ливарної форми є сухий пісок без зв'язувальної речовини або металевий дріб. Ливарну форму і модель використовують лише один раз.

Форму із сухого піску виготовляють у контейнері 4 (рис. 9, в), на дно якого насипають шар піску. Згодом на цей шар кладуть в певному положенні модель 2 з ливниковою системою 1. Після цього контейнер наповнюють до верху піском 3, який ущільнюють вібраційним методом. Щоб форма не зруйнувалася під час заливання металу, контейнер накривають металевою плитою з отворами для виходу газів (на рисунку плита не показана). Між фронтом рідкого металу й краєм моделі, що газифікується, існує газовий проміжок 5, на який створюється тиск з боку рідкого металу, що прискорює вихід газів в атмосферу.

Лиття за випаляваними моделями застосовується переважно в індивідуальному виробництві для виготовлення відливок складної конфігурації, насамперед з чавуну й сталі масою від кількох кілограмів до кількох тонн.





**Рис. 9.** Відливок (а), модель відливка з ливниковою системою (б), форма в контейнері (в) і процес заливання форми (г):  
 1 - модель ливникової системи; 2 - модель відливка; 3 - пісок форми;  
 4 - контейнер; 5 - газовий проміжок

**Переваги** лиття за випалюваними моделями порівняно з литтям у піщано-глиняні форми:

- простота виготовлення форми;
- підвищена точність відливки завдяки нерозбірній формі;
- відсутність стрижнів;
- зниження витрат праці на очищення й обрубкування відливок з огляду на відсутність заливів у місцях стику півформи;
- ліпші можливості для механізації й автоматизації.

**Недоліки:**

- продукти неповного розкладу моделі можуть спричинити внутрішні дефекти у відливку;
- застосування піскових форм без зв'язувальної речовини таїть небезпеку порушення рівноваги між розтопленим металом, газовим проміжком і формою, що може стати причиною локального руйнування форми рідким металом.

### 3. ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Металева форма (кокіль), схеми поршневіх машин для виливання під тиском (плакат), схемі відцентрового виливання (плакат), елементи оболонкової ливарної форми, схема виготовлення оболонкової форми (плакат), схеми виготовлення форми за моделями, що витоплюються та випалюються (плакат), матеріал, що роздається.

### 4. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Дати характеристику спеціальним способам лиття у постійні форми: кокільне лиття, лиття під тиском, відцентрове лиття.
2. Накреслити (наклеїти) схему будови кокілю для відливання поршня, схеми машин для лиття під тиском з холодною та гарячою камерою пресування.



3. Описати особливості технології виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми. Накреслити схему виготовлення оболонкової форми.
4. Описати суть способу виготовлення виливків за моделями, що витоплюються та витоплюються. Накреслити схеми та вказати переваги і недоліки.

## **5. ЗМІСТ І ВИМОГИ ДО ЗВІТУ**

У звіті необхідно:

1. Вказати номер і назву лабораторної роботи.
2. Висвітлити мету роботи.
3. Коротко описати суть спеціальних способів виготовлення виливків у постійних формах (кокільне лиття, лиття під тиском, відцентрове лиття).
4. Вказати переваги і недоліки порівняно з одноразовими піщано-глиняними формами.
5. Стисло описати етапи виготовлення оболонкової ливарної форми. Накреслити складену ливарну форму, зазначити її елементи.
6. Порівняти виливки, виготовлені литтям в оболонкові і у піщано-глиняні форми, за якістю виливків, припусків на механічне оброблення та за коефіцієнтом використання матеріалу.
7. Описати суть виготовлення виливків виливанням за моделями, що витоплюються та витоплюються. Вказати переваги і недоліки порівняно з постійними формами.

## **6. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. У чому суть кокільного лиття?
2. Які матеріали використовують для виготовлення кокілів?
3. З яких матеріалів та сплавів виготовляють відливки кокільним литтям?
4. Які переваги і недоліки лиття в кокіль?
5. У чому суть технологічного процесу лиття під тиском?
6. Які існують сучасні машини для лиття під тиском?
7. Які переваги лиття під тиском?
8. Яке призначення і види відцентрового лиття?
9. Які переваги і недоліки відцентрового лиття порівняно з литтям в одноразові піщано-глиняні форми?
10. У чому суть виготовлення виливків виливанням в оболонкові форми?
11. Перелічіть основні операції отримання відливків в оболонкових формах.
12. Які переваги та недоліки лиття в оболонкові форми перед литтям в одноразові піщано-глиняні форми?
13. У чому суть технологічного процесу лиття за моделями, що витоплюються?
14. Перелічіть основні операції виробництва відливків за моделями, що витоплюються.
15. Які переваги та недоліки лиття за моделями, що витоплюються, перед литтям в одноразові піщано-глиняні форми?
16. У чому особливість лиття за моделями, що випаляються?

17. Які переваги та недоліки лиття за моделями, що випалюються, порівняно з литтям у піщано-глиняні форми?
18. Який метод лиття забезпечує найбільшу точність відливка?
19. Які методи лиття не потребують виготовлення моделей?
20. У чому переваги лиття в порівнянні з іншими способами одержання заготовок деталей машин?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волчок И.П., Беликов С.Б. Системы современных технологий. Уч-к для вузов. 2-е изд. - Запорожье, изд. ОАО Мотор Сич, 2004. - 352 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некоз та інш. 2-ге вид., - К.: Вища шк., 2002. - 374 с.
3. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Практикум: Навч. посібник / Василь Попович та інш. - Львів: Видавництво "Папуга", 2004. - 422 с.
4. Материаловедение и технология металлов: Учебник для студентов машиностроит. спец. Вузов / Г.П.Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. - М.: Высш. шк, 2000. - 638с.
5. Технологія конструкційних матеріалів. Практикум: Навч. посібник / В.М. Плєскач, І.П. Волчок. - Запоріжжя: Дике Поле, 2007. - 168 с.
6. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья. Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1983. - 287с.
7. Иванов В.Н. Словарь справочник по литейному производству. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2001. - 464 с.
8. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник / О.С. Комаров, В.Н. Ковалевский, Л.Ф. Керженцева и др. 3-е изд. - Минск: Новое знание, 2009. - 671 с.



Класифікація спеціальних способів лиття [8]

## Додаток Б

### Порівняльні характеристики різних методів лиття

| Спосіб лиття                        | Матеріал відливок                       | Форма і розміри                                                   | Точність (квалітети), шорсткість (Rz, мкм) | Галузі застосування                                                                |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Лиття у піщано-глиняні форми        | Чавун, сталь, рідко – кольорові метали  | Багато габаритні, складні форми                                   | Грубіше 14 кв., Rz>300                     | Всі галузі машинобудування, від масового до одиничного виробництва                 |
| Лиття в оболонкові форми            | Чавун, сталь, рідко – кольорові метали  | Маса менш за 1 т, розміри та форма обмежені                       | Грубіше 14 кв., Rz>300                     | Серійне та масове виробництво                                                      |
| Лиття в кокіль                      | Алюмінієві та мідні сплави              | Маса до 250 кг, форма обмежена умовами виймання відливки з кокілю | 12...14 кв., Rz>40                         | Серійне та масове виробництво                                                      |
| Лиття під тиском                    | Алюмінієві, цинкові, рідше мідні сплави | Маса до 200 кг, форма обмежена умовами розкривання прес-форми     | 7...12 кв., Rz=0,63...40                   | Багатосерійне та масове виробництво                                                |
| Лиття за моделями, що виплавляються | Сталь, спец. сплави, мідні сплави       | Форма обмежена, маса до 10 кг, в худож. литті не обмежена         | 10...14 кв., Rz=2,5...40                   | Серійне виробництво складних за формою виробів, в тому числі з тугоплавких сплавів |