



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ
УКРАЇНИ



МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

НІКОПОЛЬ, НТ НМетАУ
2004

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

**з дисциплін: „Основи технології галузі”
„Металургія чорних металів**

за розділом:

„ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА”

Укладачи

**Г.О. Козлов
О.О. Сірак**

РЕКОМЕНДОВАНО
ПЦК металургійних дисциплін та
ПЦК інженерної механіки НТ НМетАУ
Протокол №___ від ” __” січня 2004 року

**НІКОПОЛЬ, НТ НМетАУ
2004**

СУТНІСТЬ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА І ЛИВАРНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ

Ливарним виробництвом називається процес одержання фасонних деталей заливкою розплавленого металу в форми. Форма заповнюється металом через систему каналів, яка називається ливниковою системою. При цьому зовнішні контури виливки (відливки) визначаються порожниною форми, а внутрішні — утворюються фасонними вставками, які називаються стрижнями. Форми, які використовують для одержання однієї виливки, називаються одноразовими, а для одержання сотень і тисяч виливків — постійними (багаторазовими). Одноразові форми руйнуються при видаленні із них виливок. Постійні форми найчастіше виготовляють із металу і вони не руйнуються при видаленні виливка. Така металева форма називається кокілем. Напівпостійні форми виготовляються із високовогнетривких матеріалів і використовуються десятки разів. Одноразові форми виготовляють з піщано-глинистих, піщано-смоляних та піщано-керамічних сумішей. Вони можуть виконуватись об'ємними (великі завтовшки) або оболонковими (малі завтовшки). Найпоширеніші — піщано-глинисті. В одиничному виробництві виготовлення виливок в піщано-глинистих формах є найпростішим і дешевим способом. Проте виливки, одержані в таких формах, мають низьку точність, потребують завищених припусків на механічну обробку, а технологія їхнього виготовлення пов'язана з переробкою значної кількості формуючих матеріалів, що погіршує умови праці та ускладнює автоматизацію технологічного процесу. При використанні будь-яких форм складання технологічної карти виготовлення виливки починається з розробки креслення деталі з урахуванням властивостей сплаву. Крім механічних, фізичних і хімічних властивостей, ливарні сплави повинні мати визначені (і враховані в першу чергу) технологічні ливарні властивості, основними з яких є:

- рідкоплинність;
- ліквіація домішок;
- газопоглинання;
- об'ємна та лінійна усадки.

Під рідкоплинністю розуміють здатність сплаву при заливці відтворювати рельєф порожнини форми. При недостатній товщині стінок відливки чи низькій рідкоплинності сплаву форма заповнюється не повністю, деталь виходить з "недоливом" і бракується.

Рідкоплинність визначається за особливою технологічною пробою шляхом заливки форми у вигляді спіралі перерізом $0,56 \text{ см}^2$ та позначками через кожні 50 мм довжини. Довжина заповненої сплавом спіралі є характеристикою рідкоплинності досліджуваного сплаву. Рідкоплинність залежить від типу сплаву та температури заливки

металу: чим вище температура заливки, тим більша рідкоплинність сплаву. Добра рідкоплинність у чавуна, силуміну (сплав алюмінію та кремнію), олов'яної бронзи. При добавці фосфору рідкоплинність чавуну і бронзи зростає ще більше. Вміст у чавуні від 0,5 до 1,5 % фосфору дає змогу відливати тонкостінні опалювальні радіатори, поршневі кільця та інші тонкостінні деталі. Із бронзи з 1 % фосфору одержують художні відливки скульптур, барельєфів, тонкостінних ґрат. Тугоплавкі компоненти (вольфрам, титан, молібден, ванадій) знижують рідкоплинність сплаву.

Під ліквациєю розуміють неоднорідність сплаву за хімічним складом в різних частинах перерізу відливки після кристалізації металу. Ліквация залежить від хімічного складу сплаву та швидкості охолодження відливка. Причиною ліквациї є направлена кристалізація сплаву від поверхні до центру стінки відливки. В першу чергу кристалізуються тугоплавкі компоненти сплаву і їхні зростаючі кристали відтісняють легкоплавкі компоненти від периферії до центру. Найінтенсивніше ліквірують шкідливі домішки — сірка і фосфор. Чим крупніша відливка і повільніше її охолодження, тим сильніше розвивається зональна ліквация, яка призводить до погіршення механічних властивостей частин відливки, що тверднуть в останню чергу. З утворенням ліквациї можна боротися або прискореним охолодженням відливок у формі, або раціонально конструюючи їх, коли за рахунок направленої тверднення можна більшу частину ліквіруючих домішок вивести в надлив.

Під газопоглинанням, або схильністю до поглинання газів, розуміють здатність металу в рідкому стані розчиняти в собі гази. При охолодженні сплаву і в процесі його кристалізації розчинність газів (азоту, водню та інших) зменшується. Якщо газопроникність форми і стрижнів недостатні, то в тілі відливки можуть створюватися газові раковини і пори. Розчинність газів у рідкому металі зростає з підвищенням температури, тому перед заливкою метал не бажано перегрівати. Для зменшення газонасиченості сплавів застосовують плавку в вакуумі або в середовищі інертних газів.

Під усадкою розуміють властивості сплаву зменшуватись в об'ємі (об'ємна усадка) та лінійних розмірах {лінійна усадка) при затвердінні та охолодженні. Усадка виражається в процентах (%) та залежить від хімічного складу сплаву і температури виливки. З підвищенням температури виливки сплаву усадка її збільшується.

Об'ємна усадка металу спричинена зменшенням об'єму металу відливки в процесі кристалізації, оскільки в рідкому стані метал займає більший об'єм, ніж у твердому з щільним упакуванням атомів в кристалічній ґратці. Затвердіння металу в кожному перерізі відливки проходить пошарово від периферії до центру. В результаті цього всередині перерізу відливки, де метал кристалізується в останню чергу, створюється концентрована раковина або розподілена пористість. Такі

дефекти приводять до локальної концентрації механічних напружень, знижують міцність і тріщиностійкість відливки. Найбільш небезпечними дефектами є усадочні раковини. Для боротьби з концентрованими усадочними раковинами застосовують такі методи:

- конструювання рівностінних відливок;
- установка холодильників;
- установка надливів.

У рівностінній відливці кристалізація завершується одночасно по всьому перерізу, а тому недостача металу в центральних перерізах відливки створює не усадочну раковину, а усадочну пористість. Якщо відливка має стовщення, т(встановивши холодильники, можна штучно створити одночасне затвердіння металу в місцях його накопичення й уникнути утворенні раковин, але не пористості. Як холодильник для сплавів з невисокої температурою плавлення використовують чавунні або сталеві бруски, збільшуючи з їх допомогою за рахунок тепловіддачі швидкості охолодження потовщеного перерізу і наближаючи її до швидкості тонких перерізів.

Для одержання відливку без пористості зі сплаву з підвищеної об'ємною усадкою необхідно забезпечити направлене затвердіння металу знизу вгору, а в верхній частині відливки створити додатково порожнину — надлив. У цьому випадку нижні частини відливки процесі кристалізації будуть насичуватись за рахунок рідкого металу, що лежить вище, тобто на завершальній стадії — за рахунок металу надлива, який має найбільший переріз. Концентрована усадочна раковина в такій відливці створюється в надливі, який потім відрізають від відливки.

Ливарні сплави мають різну об'ємну усадку. Найбільшу усадку мають алюмінієві бронзи (7,2...7,4 %), латуні (5,7...6,1 %) та вуглецева сталь (5...6 %). Об'ємна усадка сірого чавуну невелика (2,9...3,1 %), тому при одержанні деталей виливанням із чавуну надливи встановлюють тільки для великих відливок.

Крім об'ємної усадку, необхідно враховувати і лінійну усадку. Під лінійною усадкою розуміють властивість сплавів зменшувати лінійні розміри відливки в процесі її охолодження після кристалізації до нормальної температури. Розрізняють вільну та утруднену усадку металу. Якщо метал затвердів у ливарній формі, яка буде перешкоджати усадці (відливка має виступи, фланці, отвори, створені стрижнями тощо), то така усадка буде утрудненою і її називають ливарною усадкою. Якщо відливка має просту конфігурацію (без виступів, фланців, отворів) і ливарна форма не перешкоджає усадці відливки, то така усадка буде вільною і її називають лінійною усадкою.

Ливарна усадка часто спричиняє великі технологічні труднощі, оскільки при гальмуванні усадку в відливці виникають напруження, що

призводять до її покороблення і утворення тріщин. Для подолання цих труднощів необхідно застосовувати деякі технологічні прийоми.

Наприклад, у шківках, маховиках спиці роблять під нахилом до ободу, або навіть викривленими, що зменшує внутрішні напруження в спицях і при затвердінні вони здатні випрямляться. Для попередження створення тріщин при перебігах від товстої стінки до тонкої передбачають плавні переходи. Для зменшення жолоблення передбачають ребра жорсткості. Кромки стінок з великою поверхнею потовщують бортиком. Для визначення утрудненої ливарної усадки відливають пробу з виступами, а вільну лінійну усадку визначають за допомогою проби у вигляді призматичного стрижня без виступів.

Лінійна усадка для різних ливарних сплавів різна. Так, лінійна усадка сірого чавуну найменша і становить в середньому 1%, вуглецевої сталі - 2 %, деяких легованих сталей - більше 2%, кольорових сплавів - 1,2...2%. При виготовленні моделей відливок обов'язково враховують лінійну усадку сплаву.

ВИМОГИ ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ І ВИЛИВКІВ

При виконанні креслень деталі наносяться вказівки по виготовленню моделі, а саме:

- припуски на механічну обробку;
- технологічні вказівки по виготовленню відливки;
- розпізнавальні дані і спеціальні вимоги до відливок.

Припуск на механічну обробку - це додатковий шар металу, який видаляють в процесі механічної обробки відливки для забезпечення точності та високої якості поверхні деталі. Припуск на механічну обробку визначають з урахуванням жолоблення, неточності виготовлення, а також ливарної усадки відливки. На кресленні такий припуск звичайно зображують суцільною тонкою лінією. Величину припуску на механічну обробку вказують цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі або величиною уклону і лінійними розмірами деталі.

Технологічний припуск спрощує і полегшує процес виготовлення відливки. Технологічний припуск вказують цифрою зі знаком плюс чи мінус та буквою Т (технологічний припуск) і проставляють його на продовженні розмірної лінії, або на полиці лінії — виноска, якщо не можна розмістити напис і цифру на продовженні розмірної лінії. До технологічних припусків відносять:

- ливарні уклони;
- напуски;
- надливи;

- усадочні ребра або стяжки;
- галтелі.

Ливарні уклони на виливки слугують для зручного звільнення моделей із форми без руйнування її або для вільного видалення стрижня зі стрижневого ящика. Вони виконуються в напрямку видалення (звільнення) моделі із форми. Позначають їх у міліметрах (мм) або градусах. Залежно від висоти моделі уклон становить 1...8 мм, або 0,5...3°.

Напуск слугує для спрощення виготовлення відливки. Наприклад, отвір діаметром 20...50 мм можна не робити, оскільки його легше просвердлити, якщо передбачено відповідний напуск металу. Напук на верхній горизонтальній частині відливки (завищений припуск) служить для видалення при механічній обробці дефектів — підкоркових газових і шлакових раковин, які при заливці спливають на верхню горизонтальну поверхню відливки.

Надливи застосовують для зручності кріплення відливки в пристрої при механічній обробці, а також для захвата деталі під час транспортування.

Ребра, або стяжки, передбачають для запобігання відливки від жолоблення не тільки під час затвердіння та охолодження, а й при термообробці.

Галтелі — це закруглення внутрішнього кута відливки і моделі. Вони необхідні для одержання плавного переходу в сполучених стінках. За допомогою галтелей виключається осипання формуючих сумішей в кутах моделі при її вивільненні із форми. Радіуси галтелей регламентуються Держстандартом і становлять, звичайно, від 1/5 до 1/3 від середньоарифметичної товщини стінок відливки.

До технологічних вказівок відносять:

- лінії розняття моделі з зазначенням верхнього і нижнього її розташування в формі;
- лінію рознімання стрижня;
- положення і розміри стрижневих знаків;
- місце підвода живильника в формі;
- розташування базової поверхні для розмітки;
- точність і шорсткість поверхні, які допускаються технічними умовами.

Розпізнавальні знаки — це необхідні розміри, марка сплаву, місце клеймування тощо. їх наносять на креслення відливки або біля креслення. На цьому самому кресленні наносять і спеціальні дані (вимоги).

Спеціальні дані — це технічні умови на прийняття, твердість і структуру окремих ділянок відливки, вказівки щодо випробувань (досліджень).

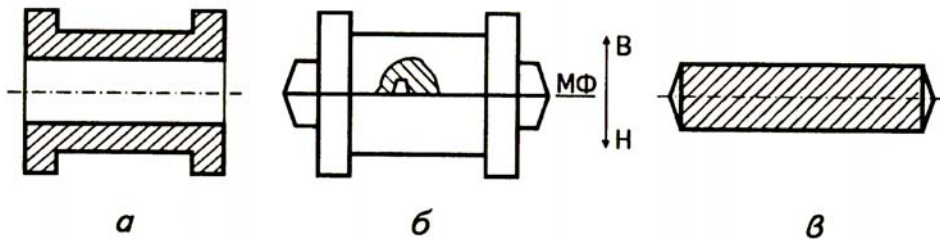
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ У РАЗОВИХ ЛИВАРНИХ ФОРМАХ

Технологія виготовлення виливків в одноразових ливарних формах складається з такої послідовності технологічних операцій:

- виготовлення модельного комплекту;
- приготування формуючих і стрижневих сумішей;
- виготовлення форм і стрижнів;
- сушка стрижнів (іноді і форм);
- складання форм;
- одержання рідкого металу;
- заливка форм металом;
- вибивка виливків із форм;
- обрубка та очистка лиття;
- термообробка виливків (іноді);
- контроль готових виливків.

Модельний комплект — це комплект формуючих пристроїв, необхідних для створення при формовці робочої порожнини ливарної форми. Комплект складається з ливарної моделі стрижневих ящиків, моделі ливникової системи, формуючих, контрольних та складальних шаблонів для конкретної відливки.

Ливарна модель є зразком, за допомогою якого одержують зовнішні контури відливки в формі. Конструкція моделі має забезпечити вивільнення її з форм без порушення одержуваного відбитка, вона може бути щільною або роз'ємною. Поверхня моделі повинна бути гладкою і чистою, щоб легко відділятися від формуючої суміші.



а – відливок; б – модель роз'ємна; в – стрижень;

Рис. 1.1 – Модельний комплект

В одиничному виробництві в більшості випадків моделі виготовляють із деревини, а в масовому — з алюмінієвих сплавів, чавуну, пластмаси. В процесі їх виготовлення модельники враховують лінійну усадку сплаву і тому користуються спеціальним усадочним метром, ціна поділки якого дещо збільшена, наприклад, на 1% або 2% відповідно для чавунних та сталевих відливок.

У вигляді прикладу на рис. 1.1 наведено відповідно креслення ливарної деталі, роз'ємної моделі та ливарного стрижня, необхідного для одержання отвору в виливку.

Ливарний стрижень — це елемент ливарної форми, який використовується для одержання у виливку отвору, порожнини або іншого складного контуру. Для одержання ливарних стрижнів використовують роз'ємні стрижневі ящики.

Модель ливникової системи (рис. 1.2) складається з ливникової чаші 1, ливника (стояка) 2, шлаковловлювача трапецоїдної форми 3, живильників 4, а також випару (на рисунку не вказаний) для виходу повітря з форми (або з так званої бобишки при заливанні сплавів з великою усадкою).

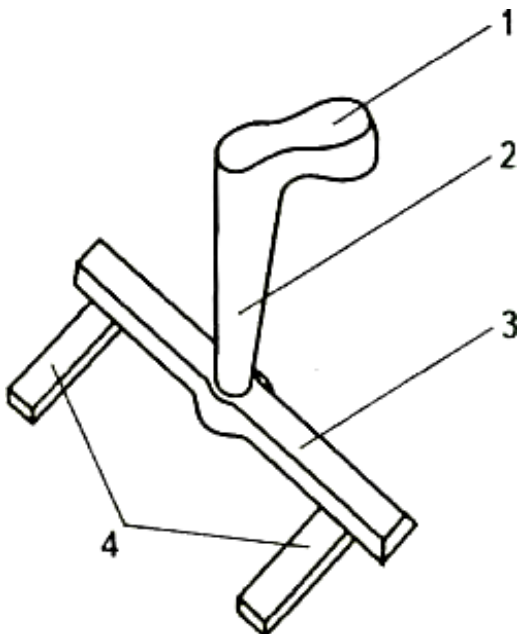


Рис. 9.2 Модель ливникової системи

Під час заливки при поворотах і втраті швидкості руху металу у шлаковловлювачі шлак впливає на поверхню. Для зменшення ймовірності одержання у відливці шлакових земляних та газових раковин, недоливів, жолоблення окремих елементів деталі, засмоктування повітря та шлаку в форму необхідно ливникову систему заповняти рідким металом протягом усього часу заливки форми, а також додержуватись наступних умов:

$$S_{\text{жив}} < S_{\text{шл}} < S_{\text{ст}},$$

де $S_{\text{жив}}$ - площа сумарного перерізу всіх живильників;

$S_{\text{шл}}$; $S_{\text{ст}}$ - відповідно площа перерізу шлаковловлювача та

стояка.

Моделі звичайно монтують на металевих плитах, які називаються модельними плитами. Ці плити не тільки формують площину рознімання ливарної форми, несуть на собі різні частини моделі відливки та моделі ливникової системи, але й слугують для набивання формуючою сумішшю одної з парних опок при використанні нероз'ємних моделей. Опки являють собою порожні рамки, звичайно круглого або прямокутного перерізу. Призначені вони для утримання формуючої суміші при виготовленні ливарної форми, її транспортуванні та заливці рідким металом. Виготовляють опки зі сталі, чавуну, алюмінію, а іноді - з дерева. Вони повинні бути легкими, міцними і добре утримувати ущільнену формуючу суміш.

При формовці за роз'ємною моделлю використовують парні опоки, які центруються за допомогою спеціальних вушок та напрямних стрижнів, забезпечуючи повний збіг контурів відливки верхньої та нижньої напівформ.

Формуючий інструмент, застосований при виготовленні одноразових ливарних форм, підрозділяють на дві групи: формуючий та обробний. До першої відносять формуючий інструмент, що слугує для наповнення та ущільнення формуючої суміші в опоках. До нього відносяться лопати, ручні та пневматичні трамбівки, пісcomет тощо. Наколювання вентиляційних каналів у формі роблять сталевими голками (душниками). До другої групи відноситься інструмент, який застосовується для звільнення моделі з форми та обробки поверхні форми. Це різновидності гачків, підйомників, гладилок, ложечок, полозків, пульверизаторів тощо.

Формуючі і стрижневі суміші, що використовуються в ливарному виробництві, складаються з кварцового піску, глини і зв'язуючих матеріалів. Ці суміші повинні мати добру пластичність, текучість, газопровідність, міцність та протипригарність.

Пластичність забезпечує одержання в формі чіткого відбитка моделі.

Текучість - це здатність суміші заповнювати порожнину під дією зовнішніх сил або обткати модель і рівномірно ущільнюватися коло неї.

Газопроникність - це здатність форми і стрижня пропускати газу, які виділяються з формуючої та стрижневої суміші, і не допускати створення в металі газових раковин.

Міцність - це здатність форми та суміші витримувати вплив навантаження, не руйнуючись при виготовленні, транспортуванні та дії рідкого металу. Для збільшення міцності сумішей до них додають зв'язуючі матеріали, рідке скло, синтетичні смоли тощо.

Протипригарність - це здатність сумішей і форми не спікатися і не сплавлятися з розплавленим металом. Через пригоряння сумішей до відливки на її поверхні створюється суцільна кірка із суміші оксидів металу та піску, яка утруднює наступну механічну обробку. Для зменшення шкідливого ефекту в суміш додають протипригарні добавки: кам'яне вугілля для чавунних відливок, мазут для бронзи. Форми та стрижні покривають фарбою та припилком. До складу фарби входять:

- вогнетривка глина;
- графіт;
- кварцовий пісок;
- зв'язуючі.

Як припил застосовують порошковий графіт, молоте деревне вугілля та інше. Як зв'язуючі суміші використовують синтетичні та натуральні смоли, полівініловий спирт, продукти переробки крохмалю та відходи спиртового виробництва.

Моделі фарбують: для чавуну - червоною, для сталі - синьою, для кольорових металів - жовтою фарбою, а стрижневі знаки - чорною фарбою. За способом застосування формуючі суміші розділяють на:

- облицювальні;
- наповнювальні;
- єдині.

Облицювальна суміш (формуюча або стрижнева) слугує для виготовлення робочого шару форми або стрижня з завищеною газопроникністю та завтовшки 40...100 мм.

Наповнювальна суміш використовується для заповнення форми та стрижня після нанесення облицювальної суміші. Єдина суміш використовується одночасно як облицювальна та наповнювальна.

Формуючі та стрижневі суміші готують в спеціальних відділеннях. Сирий формуючий матеріал сушать, подрібнюють, просівають (те саме роблять з відпрацьованою сумішшю, проте її додатково очищають від пилу). Підготовлені матеріали у визначеній пропорції змішують у спеціальних змішувачах-бігунах.

Виготовлення ливарних форм та стрижнів здійснюють різними способами. В основному, залежно від розмірів та маси відливки, а також від типу виробництва (індивідуальне або масове) застосовуються такі методи формовки:

- в ґрунті;
- ручна формовка в опоках;
- машинна формовка в опоках.

Ливарні форми вручну в ґрунті виготовляють в індивідуальному виробництві переважно для великих відливок. Для деталей простої конфігурації з верхньою плоскою поверхнею застосовується відкрита ґрунтова формовка. В цьому випадку для великих важких відливок на дні виритої ями спочатку готують тверду постіль з рівного шару коксу, потім підводять труби для покращання відводу газів, далі укладають рівним шаром формуючу суміш і тільки після цього на підготовлену суміш кладуть модель і обережно її осаджують. Горизонтальність верхньої плоскості перевіряють рівнем. Потім вирізають ливникове заглиблення під чашу і від неї прорізають канал для виходу металу в форму. На протилежній стороні роблять такий самий канал з приямком для зливу з форми зайвого металу. Після цього модель виймають і обробляють лінії пошкодження, пропилюють і заливають металом.

Закрита ґрунтова формовка застосовується для відливок, поверхню яких можна оформити обертанням шаблону навколо вертикальної осі, а також коли виготовлення моделі не економічне. Шаблонами називається профільна дошка, що має контури внутрішньої або зовнішньої поверхні відливки. Такі шаблони почергово закріплюють на спеціальному рукаві, який ставлять на шпindel з підшипником. Після

установки першого шаблону в яму насипають формуючу суміш (землю) і ущільнюють її. Шаблон повертають навколо осі шпинделя на 360°. Одержану поверхню посипають керамзитним піском, закривають папером, оформлюючи тим самим поверхню відливки. Після зняття цього шаблону ставлять опоку, фіксуючи механічно її положення, і набивають верхню напівформу. Опоку видаляють, ставлять другий шаблон і оформлюють нижню напівформу, знімаючи шар суміші на товщину стінки відливки, після чого шаблон разом зі шпинделем виймають з під'ятника, який залишається на дні ями, отвір від шпинделя забивають формуючою сумішшю, опоку з верхньою напівформою повертають на попереднє місце і порожнину створеної форми заливають металом.

Ручна формовка в опоках продуктивніша за формовку в ґрунті. Крім того, відливки при такій формовці більш точні.

Залежно від внутрішнього контуру, розмірів та складності відливок застосовують різні способи ручної формовки. Найчастіше застосовують формовку в двох опоках за нероз'ємною та роз'ємною моделлю. Послідовність технологічних операцій при формовці в двох опоках по нероз'ємній моделі така: модель ставлять на підмодельну дошку і засипають в опоку формуючу суміш, утрамбовують її і душником роблять наколи, не доходячи до моделі на 10... 15 мм. Набиту опоку перевертають, накривають верхньою опокою, в яку вставляють модель ливникової системи та випар, засипають її формуючою сумішшю й ущільнюють. Після цього опоки розбирають, видаляють всі моделі, форми підправляють, обдувають і припилюють, при необхідності ставлять стрижні. Перед заливкою металу за допомогою центруючих штирів, металічних скоб та інших пристроїв остаточно фіксують положення опок відносно одна одної.

Формовка в двох опоках по роз'ємній моделі проводиться аналогічно. Відмінність лише в тому, що спочатку на підмодельну дошку ставлять напівмодель плоскістю рознімання донизу. Після виготовлення нижньої напівформи опоку з напівмоделлю перевертають, на неї послідовно ставлять верхню частину моделі, модель ливникової системи і модель випару, завершуючи тим самим процес виготовлення верхньої напівформи. Потім знімають верхню опоку і видаляють частини моделі, вставляють стрижні і складають форму.

Якщо рознімання форми не плоске, а криволінійне, то можна застосувати формовку з підрізкою. В цьому випадку нероз'ємну модель заформовують у нижній опоці. Потім цю опоку перевертають і підрізають плоскістю розніму до частин моделі, які заважають вільному видаленню її з форми. Формовку верхньої напівформи, видалення елементів моделі та ливникової системи і наступне складання форми під заливку металом проводять як завжди.

Формовка по моделях з від'ємними частинами усуває необхідність підрізки. В цьому випадку від'ємні частини моделі кріпляться спеціальними шпильками, які видаляють з форми в процесі набивки опоки формуючою

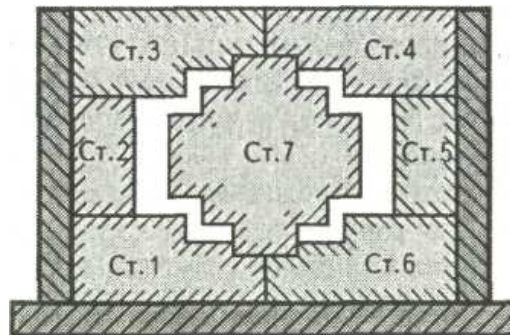


Рис. 1.3 Формовка в стрижнях

сумішшю. Після видалення моделі і від'ємних частин форму остаточно обробляють і лише потім заливають металом. Для відливки дрібних деталей застосовують поверхневе та ступінчасте формування. Використання цих технологій дозволяє суттєво скоротити площу формуючої дільниці.

Для виготовлення в опоках тонкостінних відливок складної конфігурації або з великою кількістю ребер застосовують формовку в стрижнях (рис. 1.3). У цьому випадку всю форму з зовнішньої та внутрішньої сторін збирають зі спеціально виготовлених стрижнів, скріплених струбцинами, або скобами. Якщо комплект стрижнів розміщують не в опоки, а в жакети — чавунні ящики, то цей спосіб називають макетною формовкою.

При машинній формовці застосовують струшуючі, пресові, пресо-струшуючі, піскометно-пресові та піскометні машини.

Струшуючі машини використовують для виготовлення форм у високих опоках, а пресові — для формування низьких опок по моделях, які не мають виступаючих частин. Для усунення нерівномірного ущільнення формуючої суміші застосовують профільні пресові колодки, що мають виступи, відповідні заглибленням на моделях.

Пресо-струшуючі машини ущільнюють суміш комбінованим способом - струшування з наступною підпресовкою, що забезпечує більш рівномірний розподіл щільності набивки форми по висоті.

Піскометно-пресові машини мають більш високу продуктивність, безшумні в роботі, забезпечують автоматичне дозування при заповненні опоки. Цю технологію застосовують в основному для дрібних форм. Опока при цьому заповнюється за рахунок енергії стиснутого повітря сумішшю з піскометного резервуара, оснащеного знизу не тільки

плитою з отворами для виток суміші, але і щілинним каналом для виходу повітря з опоки.

Піскометні машини стаціонарного або рухливого типу застосовуються для формовки великих опок. Основним вузлом таких машин є метальна головка, усередині якої обертається ківш. Суміш потрапляє в ківш зі стрічкового конвеєра крізь отвір задньої стінки, а викидається з великою швидкістю крізь вихідний отвір метальної головки, яка може встановлюватися у будь-якому положенні відносно опоки.

Виготовлення стрижнів здійснюють вручну та машинним способом. При ручному способі стрижні виготовляють в роз'ємних стрижневих ящиках або за допомогою шаблонів, при машинному - тільки в стрижневих ящиках. Для габаритних і складних відливок стрижні виготовляються з застосуванням пруткових, дровових або трубних каркасів, які одночасно слугують для відводу газів. Застосовують також порожнисті оболонкові стрижні, які мають високу міцність, добру газопроникність і легко вибиваються з відливки. В цьому випадку в стрижневу суміш додають термореактивну синтетичну смолу. Сушать стрижні на підвісних плитах у сушилках безперервної дії. Тривалість такої сушки - 1 год на кожні 25 мм товщини. Сушка в стрижневих ящиках за допомогою продувки гарячим повітрям та каталізаторами або за рахунок застосування швидкотверднучих зв'язуючих домішок триває декілька секунд і забезпечує більш точні розміри. Після сушки стрижні підправляють та перевіряють їх розміри. Часто стрижні фарбують протипригарною фарбою.

Складення форм починають з установки нижньої напівформи на заливочну площадку, рольганг або візок конвеєра. Порожнину напівформи продувають стисненим повітрям та встановлюють в ній стрижні. Якщо стрижень не можна стійко встановити в стрижневі знаки форми, то для його підтримки застосовують металічні жердинки, довжина яких відповідає товщині відливки. Потім нижню напівформу обережно, по фіксуючих штирях, накривають верхньою напівформою. Для запобігання підйому верхньої напівформи статичним тиском металу напівформи скріплюють скобами або ставлять тягар.

Розріз ливарної форми (зібраної по модельному комплекту, зображеному на рис. 1.1) подано на рис. 1.4.

Одержання рідкого металу та заливка форм сплавом проводиться з урахуванням визначених технологічних та параметричних вимог, невиконання яких впливає на якість відливки. Особливе значення при цьому мають: температура перегріву рідкого металу, тривалість заливки, ступінь заповнення ливникової системи розплавом, висота

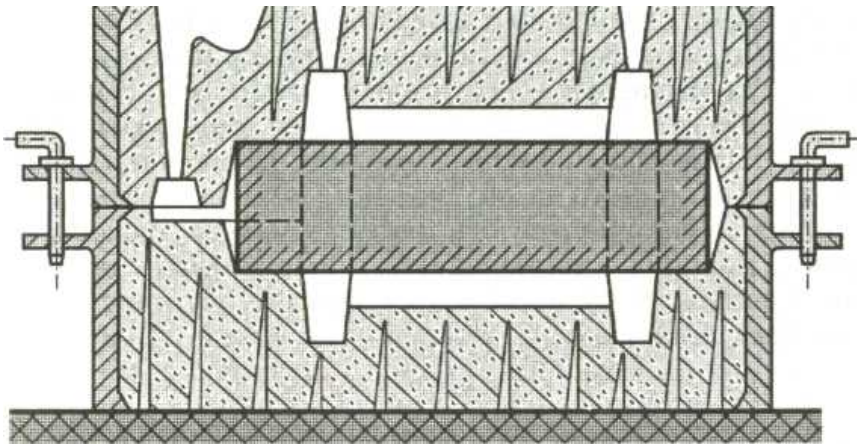


Рис. 1.4 - Ливарна форма в зборі

струменя тощо. Рідкий метал з печей подається звичайно в ковші, з яких і робиться заливка форм. Ковші виготовляються з листової сталі, футеруються зсередини вогнетривом. Ковші малої ємності транспортують до місця заливки вручну, а великої ємності - переміщують по монорейці або мостовими кранами. Метал перед заливкою витримують в ковші для видалення газів, спливання шлаків і неметалічних включень, а також для встановлення температури заливки. Оптимальний діапазон заливочних температур основних ливарних сплавів становить: для сталі 1500...1600°C, ковкого чавуну 1380...1450°C, сірого чавуну 1260...1400°C, бронзи 1100...1150 °C, алюмінієвих сплавів 700...780°C та магнієвих сплавів 680...780°C (нижня межа для великогабаритних товстостінних відливок, верхня - для дрібних тонкостінних). Безперервним струменем метал заливають з висоти не більше 200 мм.

Залежно від маси відливки тривалість охолодження становить від однієї хвилини до декількох діб. Для скорочення технологічного циклу іноді застосовують примусове охолодження. При температурі 500°C відливки вибивають із форм. Процес вибивки досить трудомісткий. Супроводжується він великим виділенням пилу, газів та тепла, тому і проводиться або в спеціальних змінах, або в окремих приміщеннях. Вибивку проводять як вручну так і за допомогою вібраторів, працюючих на стисненому повітрі, або на спеціальних підставках, або на пневмогідролічних установках.

Після вибивки відливки із форм литво обрубують та очищують. Обрубка необхідна для видалення ливників. Ливник очищують від чавунних відливок динамічним ударом (або в спеціалізованих барабанах), від сталевих відливок - газовою різкою і беззубими пилами, від кольорових - стрічковими і дисковими пилами. В мілких сталевих та у мідних відливках ливники виділяються прес-кусачками, а в алюмінієвих

та магнієвих - обрубними штампами. Від формуючої суміші, що взялася до поверхні, відливки очищують стальними щітками, зубилами або в простих барабанах, де відливки обертаються і труться один об одного та об "зірочки" з білого чавуну. Крім цих методів, широко використовують дробоструменеву, піскоструменеву, гідравлічну, гідропіскоструменеву та дробометальну обробку. Для складних відливок використовують ультразвукову очистку в рідких розчинах, електроконтактну, засновану на впливі теплового ефекту від пропускання електричного струму, і особливо електромеханічну очистку. При електромеханічній очистці відливку вміщують у ванну з NaOH при 500°C і одержують негативний потенціал (катод) порядку 6 В. Час очистки при цьому не перевищує 10 с.

Після обробки та очистки іноді проводять термічну обробку лиття, яка призначена для зняття внутрішніх напруг, покращання структури і властивостей деталі. Залежно від технологічних потреб відливки піддають термообробці, а саме:

- відпалу;
- нормалізації;
- загартуванню;
- відпуску.

Після очистки окалини, якщо це необхідно, завершується операція огляду та контролю готового відлитого виробу (відливки).

ЛИТТЯ В ОБОЛОНКОВІ ФОРМИ

При цьому способі лиття деталі одержують у тонкостінних формах-оболонках завтовшки 6...15 мм, виготовлених з високоміцних піщано-смоляних сумішей. Для гарячого тверднення як наповнювач використовують дрібнозернистий кварцовий пісок з мінімальним вмістом глини, що дозволяє знижувати кількість зв'язуючого - смоли. Для підвищення термічної стійкості в суміш додають хромомagneзит. Як зв'язуючий використовують пульвербакеліт-фенолформальдегідну смолу з домішками уротропіну. Така смола при 70...80°C розм'якшується, а при 100...120°C плавиться, перетворюючись на клейку рідину, яка покриває поверхню зерен піску тонкою плівкою. При 200...250°C смола необоротно твердне, забезпечуючи високу міцність оболонкової форми. При 400...450°C смола починає вигоряти, а форми-оболонки втрачають міцність.

Формуюча суміш може бути неплакованою та плакованою. В неплакованій суміші смола перебуває в порошкоподібному стані і в такі суміші вводять зволожувачі (наприклад, гас), усуваючи пилоутворення в

разі застосування піскодувних машин, або ж розшарування смоли при формовці в установках з перекидним бункером. У плакованій суміші зерна піску покриті тонкою плівкою твердої смоли і така суміш не розшаровується, вона міцніша і газопроникна. При холодному плакуванні смолу розчиняють або в ацетоні, або в технічному спирті, а при гарячому використовують розплавлену смолу, що складніше, але і більш якісно.

Модельна оснастка для виготовлення оболонкових форм включає моделі, підмодельні плити, ящики для формуючих стрижнів, пристрої для зняття оболонок з підмодельної плити. Виготовляють їх зі сталі, алюмінієвих сплавів та сірого чавуну.

Технологія виготовлення оболонкових форм і стрижнів частіше за все пов'язана з використанням поворотного бункера, на якому заздалегідь укріплюються напівформа або стрижневий ящик. У підігріту напівформу або стрижневий ящик обертом цього бункера засипається піщано-смоляна суміш. Шари цієї суміші нагріваються, смола плавиться і при охолодженні спливають частинки піску, створюючи тверду оболонку. При створенні оболонки необхідної товщини бункер з напівформою або стрижневим ящиком знову повертають на 180°C, залишки суміші висипають у бункер, а оболонкову напівформу чи стрижень звільняють з ящика. Широко застосовують і піскодувний спосіб поперемінного заповнення та видалення надлишку суміші з робочої порожнини обігрівальних платформ та стрижневих ящиків.

Під час складання напівформи склеюють в гарячому стані порошкоподібним пульвербакелітом під тиском, а в холодному стані — рідкими клеями, які тверднуть при нагріві. Зібрані форми з горизонтальною плоскістю рознімання кладуть для заливки на шар піску, а з вертикальною плоскістю рознімання та великогабаритні форми для запобігання жолоблення і передчасного руйнування ставлять у контейнери і засипають чавунним дробом.

Основними достоїнствами даної технології можна вважати те, що: одержують гладку поверхню форм та стрижнів; деталі мають високу точність розмірів; тонка газова сорочка від вигорання смоли захищає поверхню відливок від пригорання; руйнування форми після вигорання смоли полегшує вільну усадку сплаву і спрощує вибивку відливок; регенерація суміші (після відпалу при 700...800°C) зменшує витрати свіжого піску.

ЛИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАВКИХ І ГАЗИФІКОВАНИХ МОДЕЛЕЙ

Лиття за плавкими моделями - це прогресивний спосіб точного лиття. Сутність його полягає в тому, що деталі одержують заливкою металу в нероз'ємні тонкостінні (5...6 мм) керамічні форми, виготовлені за допомогою моделей з легкоплавких складів, наприклад 50% парафіну та 50% стеарину з температурою плавлення 55°C. Оболонку за цією технологією одержують шляхом неодноразового змочування моделі в спеціальній суспензії з наступною обсіпкою піском та висушуванням. У складі суспензії може бути до 50% кремнезему (SiO_2) і до 30% пильного кварцу. Моделі з форм виплавляють у ваннах з гарячою водою, а більш тугоплавкі моделі - в високо-киплячих рідинах (наприклад, полігліколь з $T_{\text{пл}} = 200...250^\circ\text{C}$).

Керамічну оболонку сушать на повітрі після нанесення кожного шару впродовж 2...4 год, а прискорюють процес сушки, застосовуючи пари аміаку. Остаточно оболонки тверднуть при 900...1000°C, після чого з матеріалу оболонки виділяються залишки модельних складових та газів.

Основні переваги цієї технології в тому, що керамічні оболонки легко відшаровуються на вібраційних решетах, і складні за формою моделі можна відливати з будь-яких сплавів з підвищеною точністю та чистотою поверхні (в деяких випадках цілком виключається необхідність механічної обробки деталей).

Лиття за газифікованими моделями - це спосіб точного лиття. За цією технологією моделі, що виготовлені зі вспінюваного полістиролу, з форми не видаляють. Вони газифікуються під час заливки сплавом. Цей спосіб широко застосовують при виготовленні великогабаритних складних відливок.

ЛИТТЯ В МЕТАЛЕВІ ФОРМИ (КОКІЛІ)

Кокіль - це форма багаторазового використання. В кокілях звичайно одержують до 500 сталевих відливок і декілька десятків тисяч відливок з легких сплавів. Особливо широко цей спосіб застосовують для одержання відливок з алюмінієвих та магнієвих сплавів.

Сутність способу полягає в одержанні литих деталей шляхом вільної заливки розплаву в металічні форми: нероз'ємні (витрушувальні) і роз'ємні. Нероз'ємні кокілі застосовують для одержання невеликих відливок простої конфігурації, а більш складні і великогабаритні відливки одержують в роз'ємних кокілях. Вони звичайно складаються з двох частин — напівформи з вертикальною, горизонтальною або складними площостями розняття. Порожнину в відливках одержують за допомогою стрижнів, виготовлених із стрижневої суміші

або металу. При складній формі металічний стрижень роблять розбірним, наприклад з трьох частин. Під кінець затвердіння відливки спочатку виділяють середню частину такого стрижня (клин), після цього його бокові частини, інші стрижні (якщо вони є), потім розкривають кокіль і видаляють відливку.

Для видалення повітря та газів при заливці по лініях рознімання кокілю або в спеціальних пробках роблять газовідвідні канали завглибшки 0,2...0,5 мм.

Кокілі частіше за все роблять з чавуну та сталі. Для підвищення їхньої стійкості на внутрішню поверхню наносять вогнетривкі покриття та фарби. Для одержання відливок зі щільною структурою застосовують тонкостінні покриття до 0,5 мм. Великогабаритні товстостінні сталеві та чавунні відливки одержують у футерованих кокілях з покриттям 6...12 мм.

Інтенсивність теплообміну при литті в кокіль у 3...10 разів більша, ніж при литті в одноразові форми, що сприяє одержанню дрібнозернистої структури. Проте при цьому сплав знижує свою рідкотекучість через швидке охолодження, тому кокіль перед заливкою нагрівають до 100...300°C. Відливки виходять високої точності за розмірами і з чистою поверхнею, що зменшує або виключає механічну обробку. При литті в кокіль процес максимально механізований та автоматизований, що забезпечує високу продуктивність праці та низьку собівартість відливок.

ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ ТА ІНШІ СПОСОБИ ЛИТТЯ

Лиття під тиском - найбільш продуктивний спосіб виготовлення невеликих відливок з кольорових сплавів з високою точністю розмірів та чистотою поверхні. За цією технологією (рис. 1.5) розплав заповнює

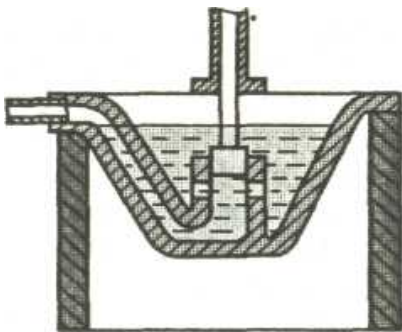


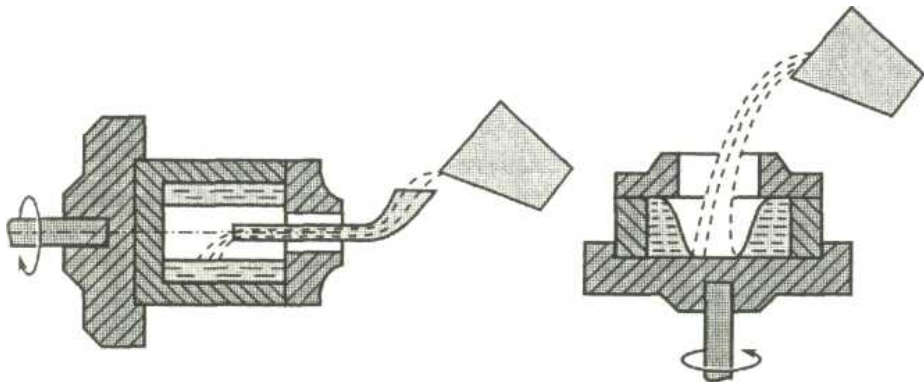
Рис. 1.5 Лиття під тиском

прес-форму за декілька секунд під тиском поршня до 300 МПа. Після швидкого затвердіння відливка прес-форма розкривається і готова відливка видаляється штовхачем з холодних або гарячих камер пресування. Холодні камери використовують для одержання відливок із латуней, алюмінієвих, магнієвих та інших сплавів кольорових металів, а також зі сталей. Гарячі камери пресування використовують для одержання відливок з цинку, свинцево-сурм'янистих, алюмінієвих та магнієвих

сплавів. В автоматичному режимі продуктивність установок для лиття під тиском досягає за годину 3000 штук і більше. Таке лиття дуже

вигідне при масовому виробництві складних фасонних тонкостінних відливок із кольорових сплавів. Основний недолік технології лиття під тиском пов'язаний з тим, що ливники тверднуть раніше відливки, до завершення усадки, що спричинює газоусадочну пористість. У зв'язку з цим такі відливки не можна піддавати термообробці, оскільки розширення газових пор може призвести до спучення поверхні металу. Ефективним методом боротьби із вказаним недоліком є вакуумізація процесу.

Відцентрове лиття характеризує процес формування відливок під дією відцентрових сил при вільній заливці металу в обертові форми (рис.1.6). Форми можуть обертатися навколо вертикальної або горизонтальної осі. В формах з вертикальною віссю обертання для



**а - з горизонтальною віссю обертання;
б - з вертикальною;**

Рис. 1.6 - Відцентрове лиття

зниження шкідливого ефекту різностінності по висоті одержують відливки невеликої висоти (короткі втулки, кільця, фланці тощо). Довгі тіла (труби, втулки, вісі тощо) відливають у формах з горизонтальною віссю обертання. За цією технологією за годину відливають до 50 труб діаметром 300 мм та завдовжки 5 м.

Основні досягнення технології відцентрового лиття в тому, що забезпечується добре заповнення форми для сплавів зі зниженою рідкоплинністю, тобто за такими методами можна одержувати тонкостінні відливки. Недолік методу полягає в неоднорідності хімічного складу за товщиною відливки через підвищену ліквіацію.

Широко застосовуються також напівбезперервне лиття чавунних труб та втулок, лиття вижиманням за допомогою обертаючих валків із внутрішнім водяним охолодженням, лиття вакуумним всмоктуванням, лиття "наморожуванням" за рахунок сил поверхневого натягу при витягуванні затравки з рідкого розплаву (у такий спосіб одержують стрічки завширшки до 100 мм і більше), електрошлаковий переплав.