

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій
виготовлення матеріалів**

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних робіт в навчально-виробничих майстернях
з дисципліни**

«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»

Частина 2

Харків – 2019

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 11 лютого 2019 р., протокол № 11.

Рекомендовано для бакалаврів денної повної та скороченої форми навчання за освітніми програмами «Локомотиви та локомотивне господарство», «Високошвидкісний рухомий склад», «Вагони та вагонне господарство», «Вагони та транспортна інженерія», «Мехатроніка у вагобудуванні», «Теплоенергетика», «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, колійні машини та обладнання», «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Укладачі:

проф. Л. А. Тимофєєва,
асист. Л. В. Волошина

Рецензент

доц. Г. Л. Комарова

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт в навчально-виробничих майстернях

з дисципліни

«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»

Частина 2

Відповідальний за випуск Волошина Л. В.

Редактор Решетилова В. В.

Підписано до друку 26.02.19 р.

Формат папери 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 2,75. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 4 |
| ЗАНЯТТЯ 8. Особливості одержання відливків із різних ливарних сплавів. Плаவில்ні агрегати..... | 5 |
| ЗАНЯТТЯ 9. Лиття в кокіль. Оболонкове лиття..... | 18 |
| ЗАНЯТТЯ 10. Лиття за виплавленими моделями. Лиття за випаленими моделями. Лиття за крижаними моделями..... | 24 |
| ЗАНЯТТЯ 11. Лиття під тиском. Відцентрове, електрошлакове і безперервне лиття..... | 30 |
| ЗАНЯТТЯ 12. Дефекти лиття. Способи виправлення ливарних дефектів. Контроль якості відливків. Термічна обробка відливків..... | 40 |
| Список літератури..... | 48 |

ВСТУП

Методичні вказівки (частина 2) для проходження практики в навчально-виробничих майстернях з ливарного виробництва – складова частина курсу УВМ для бакалаврів освітніх програм «Локомотиви та локомотивне господарство», «Високошвидкісний рухомий склад», «Вагони та вагонне господарство», «Вагони та транспортна інженерія», «Мехатроніка у вагонобудуванні», «Теплоенергетика», «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, колійні машини та обладнання», «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» денної повної та скороченої форми навчання.

Методичні вказівки (частина 2) з курсу УВМ, розділ «Ливарне виробництво» включають п'ять тем. Кожна тема складається з теоретичної та практичної частин, а також контрольних запитань.

Теоретична частина методичних вказівок дає можливість студентам самостійно освоїти сучасні методи одержання і ремонту деталей машин за допомогою лиття, ознайомитися з новими технологіями та сучасним обладнанням, яке використовується в ливарному виробництві. Вивчення цих тем сприятиме формуванню кругозору бакалавра, виконанню дипломного проектування й успішній роботі на виробництві після закінчення університету.

Практика з ливарного виробництва проводиться у ливарній лабораторії кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів УкрДУЗТу, де студенти набувають практичних навичок формування у разових ливарних формах, самостійно одержують відливки і вивчають їхні дефекти на практиці, аналізують їхні причини, та знаходять способи запобігання утворенню дефектів лиття.

Ливарному виробництву належить найважливіша роль у машинобудуванні. Сутність ливарного виробництва полягає в тому, що деталі або заготівлі одержують у результаті кристалізації металу, що заливається в розплавленому стані в ливарну форму, порожнина якої відповідає розмірам і формам цих деталей або заготівель. Ливарне виробництво дозволяє з рідкого металу одержати литі деталі або заготівлі, максимально

наближені за формою до готових деталей, що значно скорочує витрату металу й обсяг механічної обробки.

Основна перевага лиття – можливість одержання деталей найбільш складної форми, яку не можна одержати іншими методами, деталей із широким діапазоном маси (від декількох грамів до сотень тонн) і розмірів (від декількох міліметрів до десятків метрів), деталей з різних сплавів (пластичних або крихких). Крім того, виготовлення литих деталей обходиться, в основному, дешевше порівняно зі зварними і забезпечує високу якість. Подальший розвиток ливарного виробництва нерозривно зв'язаний з застосуванням високопродуктивних матеріалозберігаючих маловідходних і сучасних безвідходних технологій. Подальше удосконалення технології ливарного виробництва, механізація й автоматизація всіх процесів, освоєння і впровадження прогресивних способів скоротять механічну обробку відливків, знизять їхню вартість і розширять галузь застосування ливарного виробництва в промисловості.

Заняття 8

ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ВІДЛИВКІВ ІЗ РІЗНИХ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ. ПЛАВИЛЬНІ АГРЕГАТИ

Мета роботи – вивчення ливарних сплавів і їхніх властивостей, виконання формування за рознімними моделями із застосуванням стрижня, здійснення заливання розплавленого металу в порожнину форми, вибивання й очищення відливка.

Короткі відомості з теорії

Основними конструкційними матеріалами в ливарному виробництві є сплави, які мають переваги перед чистими металами: більш міцні; можуть змінювати властивості зі зміною хімічного складу; мають більш низьку температуру плавлення, більш високу текучість і меншу об'ємну і лінійну усадку.

Для одержання відливків у машинобудуванні найбільш широко застосовуються такі сплави: сірі, ковкі і високоміцні чавуни; вуглецеві і леговані сталі; сплави кольорових металів на

основі алюмінію, міді, магнію, а також титану, молібдену й інших тугоплавких металів.

Для одержання якісного відливка, водночас з механічними, фізичними, хімічними властивостями, ливарні сплави повинні мати певні технологічні властивості, основними з яких є рідкотекучість, усадка (об'ємна і лінійна); схильність до ліквації і газонасичення, а також тріщиностійкість.

Крім того, ливарні властивості металевого розплаву характеризуються макро- і мікроструктурами, що виникають при його затвердінні.

Рідкотекучість – це здатність рідкого металу текти і заповнювати ливарну форму. Рідкотекучість залежить від хімічного складу і температури металу, що заливається у форму. Фосфор, кремній і вуглець поліпшують рідкотекучість, а сірка погіршує. Підвищення температури рідкого металу поліпшує рідкотекучість. Чим вище перегрів ливарного сплаву, тим більш тонкостінний відливок можна одержати.

Рідкотекучість металу визначають технологічною пробою у вигляді спіралі, довжину якої приймають за міру рідкотекучості.

Застосовують і інші методи визначення рідкотекучості за допомогою пруткових, клинових і кулястих проб.

Найбільш високу рідкотекучість мають силуміни, бронзи, кремнієва латунь, сірий чавун, цинкові й олов'яні сплави; середньо - вуглецеві і низьколеговані сталі, білий чавун, латуні (крім кремнієвої), дуралюміни; більш низьку – магнієві сплави, високолеговані сплави.

Об'ємна усадка – зменшення об'єму металу при кристалізації. У результаті усадки можуть утворюватися усадочні раковини – результат некомпенсованої об'ємної усадки, і усадочна пористість (рихлота) – скупчення дрібних порожнин, які утворилися в результаті відсутності підживлення рідким розплавом. Запобігають утворенню усадочних раковин установленням додатка або холодильників у масивному перетині відливка. Додаток, маючи більший перетин, кристалізується повільніше відливка і тому живить його рідким металом при кристалізації. Усадочна раковина переміщається при цьому в додаток, який потім відрізають і відправляють на переплавку.

Лінійна усадка – зменшення лінійних розмірів при охолодженні затверділого відливка. Формувальна суміш і стрижні чинять опір в процесі охолодження металу при зменшенні розмірів, що веде до утворення у відливку внутрішніх напружень, які можуть привести до короблення і навіть до утворення гарячих окислених тріщин. Для зменшення такого опору формувальні і стрижневі суміші роблять піддатливими. Лінійну усадку враховують при виготовленні моделі, збільшуючи її розміри в порівнянні з відливком на лінійну усадку відповідного сплаву: для сірого чавуну – усадка – 1 %, для вуглецевої сталі – 2 %, для кольорових сплавів – 1,3-1,8 %.

Найбільшу лінійну усадку мають леговані сталі (більш 2,5 %), алюмінієві бронзи (1,7-2,5 %), вуглецеві сталі (близько 2 %), деформовані латуні (1,5-2,0 %); середню – ливарні латуні (1,5-1,8 %); олов'яні бронзи (1,4-1,6 %), білі чавуни (близько 1,5 %); найменшу – сірі чавуни (близько 1 %).

Тріщиностійкість – здатність сплаву чинити опір утворенню тріщин у відливках. Тріщини бувають гарячі, які виникають за рахунок усадки сплаву в інтервалі температур його затвердіння, і холодні, які є наслідком дії високих внутрішніх напружень у металі відливоків.

Усадка і тріщиностійкість сплавів визначається на спеціальних зразках.

Ліквация – неоднорідність хімічного складу сплаву за перерізом відливка. Розрізняють зональну ліквацию – хімічна неоднорідність в об'ємі усього відливка, і дендритну ліквацию – хімічну неоднорідність у межах одного зерна. Ліквация приводить до неоднорідності механічних властивостей за перерізом відливка. Для зменшення ліквациї збільшують швидкість охолодження відливка.

Газопоглинання – здатність ливарних сплавів у рідкому стані розчиняти гази із шихтових матеріалів, атмосфери, яка виникає при взаємодії рідкого розплаву з ливарною формою. Розчинність газів зростає з перегрівом розплаву. При охолодженні розплаву в ливарній формі розчинність газів знижується, і вони, виділяючись з металу, можуть утворювати у відливку газові раковини. Тому формувальні і стрижневі суміші повинні мати хорошу газопроникність. Газопоглинання відливоків

визначається на спеціальних зразках за газовою пористістю хімічним аналізом.

З усіх ливарних сплавів найкращі ливарні властивості мають сірий чавун, що містить 2,7-3,5 % C; 0,5-4 % Si; 0,3-1,5 % Mn; до 0,2% P і менше 0,15 % S. Хороша рідкотекучість, мінімальна лінійна усадка, порівняно невисока температура плавлення, незначне газопоглинання, невелика схильність до ліквідації і невисока вартість забезпечили сірому чавуну широке застосування в ливарному виробництві. Відливки із сірого чавуну одержують якісні, без усадочних раковин, пористості і тріщин. Товщина стінок у великих фасонних відливках може бути доведена до 3-4 мм. Звичайний сірий чавун виплавляється у вагранках, високоякісний – у дугових і індукційних печах. Відливки сірого чавуну одержують у піщаних формах, литтям в оболонкові форми, у кокіль, литтям за виплавленими моделями, відцентровим литтям. Після кокілю відливки для усунення можливого відбілювання піддають відпалу. При виготовленні ливарних форм для відливіків із сірого чавуну особливу увагу потрібно приділити ливниковій системі. Рідкий метал підводять до тонкого перерізу відливіків для його прогріву й одночасного затвердіння з більш масивними частинами. Для одержання складних великих відливіків метал підводять через кілька живильників для рівномірного заповнення всієї порожнини. Додатки встановлюють тільки в масивних великих відливках із сірого чавуну.

Основним фактором, що впливає на структуру чавуну, є хімічний склад.

Вуглець забезпечує хорошу рідкотекучість чавуну і сприяє зменшенню усадки за рахунок виділення графіту при кристалізації чавуну. Нижню межу вмісту вуглецю – 2,7 % приймають для товстостінних відливіків, а верхню 3,5 % – для тонкостінних.

Кремній – підвищує рідкотекучість, сприяє процесу графітизації, зменшує тим самим усадку.

Марганець відбілює чавун, збільшує усадку, не впливає на рідкотекучість, але нейтралізує шкідливий вплив сірки і дещо підвищує механічні властивості відливіків.

Фосфор при вмісті більше 0,3 % підвищує рідкотекучість чавуну, але приводить до його крихкості. Тому в чавунах для художнього лиття вміст фосфору доводять до 1-1,5 %, а у відливках, що піддаються ударним навантаженням, фосфору повинно бути не більше 0,2-0,3 %.

Сірка сильно погіршує ливарні властивості чавуну, знижуючи рідкотекучість, збільшуючи усадку, сприяючи утворенню газових раковин і тріщин у відливках. Щоб нейтралізувати шкідливий вплив сірки, у чавуні повинний бути в 5-7 разів більший вміст марганцю.

Високоміцний чавун має рідкотекучість сірого чавуну, що дозволяє одержувати відливки з мінімальною товщиною стінки 3-5 мм. Але усадка його більш значна – до 1,7 %, тому у відливіку можливі усадочні дефекти. Для їх попередження застосовують спрямовану кристалізацію металу відливіків шляхом застосування додатків і холодильників.

Високоміцний чавун із включеннями графіту кулястої форми одержують шляхом добавок у перегрітій до 1500 °С рідкий сірий чавун менше 1% (за масою розплаву) суміші магнію з феросиліцієм або церій у заливальний ківш або безпосередньо в ливарну форму. Високоміцним чавуном у багатьох випадках замінюють вуглецеву сталь, ковкий чавун і кольорові сплави. Його межа міцності на розрив близька до межі міцності вуглецевої сталі і значно перевищує межу міцності сірого і ковкого чавуну. Пластичність ВЧ у 5-18 разів вище пластичності сірого чавуну і дорівнює пластичності ковкого, а ударна в'язкість вище ударної в'язкості сірого чавуну. Відливки з високоміцного чавуну на 25-30 % дешевше сталевих і в 3-4 рази дешевше відливіків кольорових металів.

Ковкий чавун є продуктом відпалу відливіків з білого чавуну. Вихідний чавун для відливіків з ковкого чавуну має такий хімічний склад: 2,5-3,2 % С; 0,9-1,2 % Si; до 0,2 % P і до 0,12 % S. Такий чавун забезпечує одержання відливіків зі структурою білого чавуну.

Білий чавун плавлять дуплекс-процесом: спочатку у вагранці, а потім переправляють у дугову або індукційну піч, де розплав нагрівається до потрібної температури (1400-1450 °С), і доводиться до заданого хімічного складу.

Відливки одержують у піщаних формах, а також в оболонкових формах, у кокілях. Товщина стінок цих відливоків 5-50 мм. Потім їх розташовують у герметичних сталевих контейнерах.

Після тривалого відпалу твердий складнооброблюваний білий чавун перетворюється в досить міцний легко оброблюваний різанням ковкий чавун. За механічними властивостями він займає середнє положення між сірим звичайним чавуном і вуглецевою сталлю.

Перегрів чавуну вимагає застосування формувальних і стрижневих сумішей з підвищеною вогнестійкістю. Значна об'ємна усадка білого чавуну (5 %) змушує встановлювати додатки або холодильники біля місцевих стовщень відливка, а збільшена ливарна усадка – застосовувати піддатливі суміші.

Литі вироби зі сталі мають ряд переваг перед чавунами: значну міцність, що дає можливість зменшити переріз відливка і масу конструкції; добре зварюються, що дозволяє одержувати складні великі деталі з декількох окремих частин і легко виправляти ливарні дефекти. У той же час ливарні властивості сталі гірші, ніж у чавуну: низька рідкотекучість, велика усадка (до 2,5 %), висока температура плавлення, значна ліквация. Низьковуглецеві сталі характеризуються схильністю до утворення гарячих тріщин за рахунок підвищення температур розливання. У високовуглецевих сталях виникають внутрішні напруження через їхню меншу пластичність і теплопровідність. З підвищенням вмісту вуглецю підвищується межа міцності і межа текучості сталі, знижується температура плавлення, підвищується рідкотекучість, збільшується температурний інтервал затвердіння, що дозволяє менше перегрівати сталь перед заливанням і робити витримку в ковші. Це сприяє дегазації металу і спливанню неметалічних включень. Але в той же час зменшується пластичність сталі і її ударна в'язкість, збільшується усадка, що веде до перевитрат металу на додатки, знижується теплопровідність сталі, у результаті сповільнення кристалізації збільшується зональна ліквация в масивних відливках.

Марганець (0,5-0,8 %) і кремній (0,15-0,30 %) не впливають на ливарні властивості сталі.

Фосфор – шкідлива домішка, тому що викликає крихкість і утворення тріщин у відливках при кристалізації. Шкідливий вплив фосфору зростає зі збільшенням вмісту в сталі вуглецю і легуючих елементів.

Сірка у фасонних сталевих відливках утворює гарячі тріщини, особливо в масивних відливках, у яких розвивається значна ліквіація при кристалізації. Тому для масивних, а також тонкостінних відливок складної конфігурації допустимий вміст сірки не більше 0,03 %.

Висока температура плавлення сталі вимагає застосування більш вогнетривких формувальних і стрижневих сумішей і щільного набивання форм, щоб уникнути пригару. Для підвищення вогнестійкості в суміші вводять порошок хромистого залізняку і магнезиту, а готові форми і стрижні фарбують вогнетривкою фарбою на основі маршаліту. Перед заливанням форми сушать. Через малу рідкотекучість сталі необхідно робити більший розмір каналів ливникової системи, ніж для відливок із сірого чавуна. У тонкостінних відливках живильники підводять розгалужено до тонких перетинів, а в товстостінних – до масивних частин. Більша усадка сталі вимагає виготовлення піддатливих форм і стрижнів, конструювання відливок з ребрами жорсткості, щоб уникнути появи усадочних тріщин; застосування холодильників для вирівнювання швидкості кристалізації окремих ділянок відливка; установлення додатків. У сталевому литті витрата металу на додатки складає 30-50 %, а в деяких випадках може доходити до 100 % маси відливка.

Великі, товстостінні сталеві відливки піддають термообробці (відпалу або нормалізації) для того, щоб зменшити внутрішні напруження, ліквіацію і подрібнити литу грубу структуру.

Додаткова витрата металу на додатки, складна технологія виготовлення форми, відпал відливок, трудомістка обрубка й очищення відливок, відрізання додатків підвищує вартість сталевих лиття і тривалість виробничого циклу. Тому фасонне сталеве лиття використовують тоді, коли потрібні підвищена міцність і пластичність деталі, коли складність і розмір конструкції не дозволяють виготовити її куванням або штампуванням.

З вуглецевих сталей одержують відливки для зубчастих коліс, прокатних валів, корпусів і станин.

Леговані ливарні сталі (15X25ТЛ, 09X16НЧБЛ, 12X18Н9ТЛ і ін.) використовують для лиття турбінних лопаток, клапанів, арматури й інших відповідальних деталей.

У виробничій практиці застосовується п'ять груп ливарних алюмінієвих сплавів – це Al-Si; Al-Cu-Si; Al-Cu; Al-Mg і складнолеговані сплави.

Сплави системи Al-Si (силуміни марок АЛ12, АЛ4, АЛ9) мають найкращі ливарні властивості, наприклад усадка складає 0,8-1,1 %, тому вони набули найбільшого поширення. Відливки із силумінів (5-13 % кремнію) здебільшого (70-80 %) одержують литтям у постійні форми (у кокіль, під тиском, під низьким тиском), інші – у разові форми (оболонкові, за виплавленими моделями). У силуміни перед заливанням форми для подрібнення структури вводять хлористі і фтористі солі натрію і калію в кількості до 2 % маси сплаву, витримують близько 18 хв у ковші і швидко розливають по формах.

Присадка міді і магнію дозволяє зміцнювати силуміни не тільки подрібненням структури при введенні натрію під час заливання, але і термічною обробкою. Ці сплави застосовують для лиття високонавантажених деталей двигунів. Силумін, який містить 6-8 % кремнію і 10-8 % цинку, також має хороші ливарні і механічні властивості, високу корозійну і жаростійкість. Застосовують його для деталей автотракторних двигунів.

Алюмінієві сплави з додаванням міді (дуралюміні) мають високі механічні, але низькі ливарні властивості (низька рідкотекучість, схильність до появи гарячих тріщин). Додавання до 7 % кремнію, до 1,5 % магнію, до 2 % нікелю з одночасним доведенням міді до 10 % підвищують ливарні властивості і жароміцність дуралюмінію, що дозволяє відливати з нього деталі, які працюють при високих температурах (поршні, голівки двигунів і ін.).

Усі ливарні алюмінієві сплави мають невелику щільність (2,55-2,95 г/см³), невисокі температури плавлення (610-670 °С) і заливання (640-780 °С).

Формувальні і стрижневі суміші для відливіків з алюмінієвих сплавів, які мають підвищену усадку, повинні мати достатню

піддатливість. Оскільки алюмінієві сплави мають високу теплопровідність, при виготовленні форм варто застосовувати розгалужену литникову систему, підвівши метал для тонкостінних відливків через декілька живильників. З огляду на сильну окиснюваність алюмінієвих сплавів, форму варто заливати безперервним струменем, щоб уникнути утворення оксидних плям.

Кращими ливарними магнієвими сплавами є сплави системи Mg-Al-Zr марок МЛ5 і МЛ6.

У порівнянні з алюмінієвими магнієві ливарні сплави мають ряд недоліків: гірші ливарні властивості, хороша розчинність водню в розплаві, самозаймання при плавці і заливанні форм. У той же час ці сплави є цінним конструкційним матеріалом. Вони в 4,5 рази легше сплавів чорних металів і в 1,5 рази легше алюмінієвих. За питомою міцністю сплави на магнієвій основі перевершують деякі сталі, чавуни й алюмінієві сплави. Магнієві сплави можна поділити на три групи: із кремнієм (1-1,5 %); з марганцем (1-2 %); з алюмінієм (2-10 %); з цинком (0,2-3 %). Сплави перших двох груп мають низькі ливарні властивості і тому застосовуються для невідповідальних відливків простої форми. Сплави третьої групи, що містять 2-7 % алюмінію і 1,5-3 % цинку, мають задовільні ливарні властивості, а вміщуючи 8-10 % відсотків алюмінію і 0,2-1,5 % цинку – хороші. Відливки з цих сплавів застосовують в авіаційній, автомобільній і приладобудівній промисловості. Останнім часом використовують нові магнієві сплави, леговані церієм, неодимом, торієм і іншими рідкоземельними елементами, що поліпшують їх ливарні властивості і зварюваність.

Близько 40 % відливків з магнієвих сплавів (крупносерійне і масове виробництво) одержують литтям у металеві форми (у кокіль і під тиском). В одиничному виробництві можливе застосування разових форм. Формувальні і стрижневі суміші для магнієвих сплавів готують з додаванням 0,5-1% борної кислоти і 0,25-3 % сірки, щоб уникнути вибуху при реакції магнію з вологою. Під дією температури рідкого металу сірка горить, утворюючи захисний газ, а борна кислота на поверхні форми і стрижнів створює глазур, перешкоджаючи контакту металу з вологою сумішшю.

У процесі заливання магнієвого сплаву у форму струмись рідкого металу також заповнюють порошком сірки, щоб уникнути самозапалення сплаву при зіткненні з повітрям.

Сплави на основі міді (бронзи, латуні) мають хороші ливарні і досить високі механічні й антифрикційні властивості, високу міцність (8,9-9,2 г/см).

Олов'яні бронзи містять 2-14 % олова, 4-15 % цинку, 4-30 % свинцю. Вони мають кращі ливарні властивості серед відливоків з мідних сплавів (усадка 1,4-1,6 %). Олово підвищує механічні й антифрикційні, цинк - ливарні і свинець - антифрикційні властивості.

Алюмінієві бронзи містять 8-10 % алюмінію. Присадка до них заліза подрібнює структуру, затримуючи фазову перекристалізацію. Алюмінієві бронзи мають усадку 1,6-2,4 %, що збільшує небезпеку утворення тріщин у відливку. Ці бронзи стійкі в прісній і морській воді, стійкі проти кавітації і тому їх використовують для лиття гребних гвинтів великих суден.

Латуні характеризуються задовільною рідкотекучістю і порівняно високою усадкою (1,6-2,2 %). Прості латуні, що містять тільки цинк, у ливарному виробництві не застосовуються через низькі ливарні властивості і сильне випаровування цинку, що погіршує умови праці.

Спеціальні ливарні латуні містять менше цинку, але мають добавки інших елементів (кремній, марганець, алюміній і ін.), які підвищують ливарні і механічні властивості латуні. Кременіста латунь у ряді випадків успішно заміняє дорогі олов'яні бронзи завдяки своїм високим ливарним властивостям (особливо високій рідкотекучості). Свинцовиста латунь є хорошим ливарним сплавом, для одержання відливоків методом лиття під тиском і відцентровим способом. Мідні сплави схильні до утворення усадочних раковин і пористості, а також тріщин.

Близько 80 % відливоків одержують литтям у разові форми (піщані, оболонкові, за виплавленими моделями), інші – у постійні (у кокіль, під тиском, відцентрове лиття).

Формувальні і стрижневі суміші для одержання гладкої поверхні відливоків з мідних сплавів готують із дрібнозернистого кварцового піску. При виробництві дрібних бронзових і латунних деталей в одній формі розташовують кілька відливоків із

загальною ливниковою системою і стояком. Відливки із алюмінієвої бронзи через велику усадку потребують установа додатка і підведення рідкого металу до масивних перетинів відливка.

Для отримання якісних відливок, повністю відповідних кресленням, використовується спеціальне обладнання для лиття металу. До числа агрегатів можна віднести: печі ливарні, спеціальні машини, допоміжні пристрої і механізми, установки, автомати і комплекси для лиття, ковші.

Спеціальні пристрої, в яких плавиться метал, називають **ливарними печами**. Існує кілька видів агрегатів, які широко використовуються на виробництвах:

- індукційні (швидко плавлять метал за допомогою пропускання через нього струму);
- електричні дугові (розплавляють метал, нагріваючи його електродугою постійного або змінного струму);
- газові (здійснюють нагрів горючою газово-повітряною сумішшю, в основному використовуються для обробки дорогоцінних і кольорових металів, які мають невелику температуру плавлення).

Всі печі мають свої переваги і недоліки, тому їх обирають в залежності від виду матеріалу, з яким працюватимуть, і необхідного кінцевого результату. На масових серійних виробництвах найпростіше використовувати індукційні або електричні дугові агрегати, оскільки вони дозволяють швидко плавити велику кількість металу з будь-якими фізико-хімічними властивостями. У ювелірній справі найбільш вигідним і зручним варіантом стане газова піч, оскільки в ній можна чітко контролювати температуру, що дає можливість обробляти різні матеріали.

Для одержання рідкого металу в ливарних цехах плавку чавуна здійснюють у вагранках (найпоширеніший плавильний агрегат для плавки чавуна), мартенівських печах, конвертерах і електричних печах. На ряді підприємств із метою підвищення якості металу плавку чавуна здійснюють в електричних індукційних печах промислової низької частоти. Білий чавун плавлять дуплекс-процесом: спочатку у вагранці, а потім переливають у дугову або індукційну піч, де здійснюється

нагрівання до потрібної температури і доведення розплаву до заданого хімічного складу.

Плавку сталі в ливарних цехах здійснюють у мартенівських, електричних дугових, індукційних високочастотних печах і в малих бесемерівських конвертерах. Мартенівські й електричні дугові печі ливарних цехів відрізняються від відповідних печей, що застосовуються у металургії, меншою місткістю. Плавку в мартенівських печах ведуть скрап-процесом, тому що машинобудівні заводи мають у своєму розпорядженні достатню кількість скрапу. У малих бесемерівських конвертерах сталь плавлять невеликими порціями (1,5-2,5 т). Також в ливарному виробництві застосовується плавка сталі в плазмових печах, яка приводить до кращого засвоєння легуючих добавок з відходів легованих сталей, зменшення забруднення навколишнього середовища і кращих умов праці.

Плавку алюмінієвих сплавів проводять у газовій або електричній тигельній печах місткістю від 50 кг до 5-10 т. У тигельних печах з різними способами нагрівання плавлять невелику кількість металу для дрібних і середніх відливків. При плавці в металевих тиглях існує небезпека забруднення алюмінієвих сплавів залізом. Тому стінки їх перед плавкою покривають захисними фарбами. Більш якісний метал одержують при плавці в індукційних печах, тому що процес йде швидко, метал добре перемішується і менше насичується газами.

Плавку магнієвих сплавів ведуть у тигельних електричних печах і індукційних печах під шаром спеціальних флюсів або в середовищі захисних газів, щоб запобігти загорянню сплаву, флюси готують на основі хлоридів і фторидів лужних металів. Спочатку розплавляють флюс, а потім металеву шихту занурюють у рідкий флюс.

Для плавки мідних сплавів застосовують плавильні агрегати, що розвивають температуру до 1300 °С (відображальні, електродугові й індукційні печі). Плавка ведеться на повітрі, у середовищі захисних газів і вакуумі. Найчастіше використовуються електродугові печі місткістю 0,1-1,0 т. Латуні зі вмістом цинку більше 20 % вигідніше плавити в індукційних високочастотних і тигельних печах, що забезпечують швидку плавку і менше випаровування цинку. Мідні сплави плавлять

звичайно під шаром попередньо прожареного деревного вугілля, що захищає метал від окиснювання, створюючи окисну атмосферу.

На якість відливка впливають температура перегріву металу, що заливається, тривалість заливання, ступінь заповнення ливникової системи розплавом, висота струменя.

Недостатньо перегрітий розплав погано заповнює щілини та порожнини форми, викликаючи брак відливка у вигляді недоливів. Занадто перегрітий метал приводить до утворення усадочних і газових раковин і збільшує пригар формувальної і стрижневої суміші.

Оптимальна температура заливання у форму розплаву складає для лиття:

- сталевого – 1390 – 1550 °С;
- чавунного - 1220 – 1400 °С;
- бронзового – 1050 – 1200 °С;
- силумінів – 690 – 730 °С.

(Нижня границя - для великих товстостінних відливок, верхня – для дрібних тонкостінних.)

Практична частина

- 1 Виконати формування за рознімною моделлю.
- 2 Після видалення моделей форми і ливникової системи скласти форму, використовуючи заготовлені стрижні. Поставити форму на заливальний плац.
- 3 Залити розплав у форму безперервним струменем до виходу металу зі стояка.
- 4 Після кристалізації металу вибити відливок з формувальної суміші і видалити стрижень.
- 5 Проаналізувати дефекти, отримані у відливку, і причини їх виникнення.

Контрольні питання

- 1 Охарактеризуйте основні ливарні сплави.
- 2 Основні технологічні властивості, які повинні мати ливарні сплави.

- 3 Виготовлення відливків із сірого, ковкого і високоміцного чавунів.
- 4 Особливості одержання відливків зі сталі.
- 5 Відливки з кольорових металів.

Заняття 9

ЛИТТЯ В КОКІЛЬ. ОБОЛОНКОВЕ ЛИТТЯ

Мета роботи – вивчення технології виготовлення відливків із застосуванням кокілю, а також технології лиття в оболонковій формі, переваг і недоліків лиття в кокіль та оболонкового лиття, ознайомлення з обладнанням, одержання відливків литтям у кокіль.

Короткі відомості з теорії

Кокільне лиття. Сутність способу полягає в застосуванні багаторазово використовуваної металевої ливарної форми - кокілю замість разової піщано-глинистої. Розплав заповнює кокіль під дією гравітаційних сил.

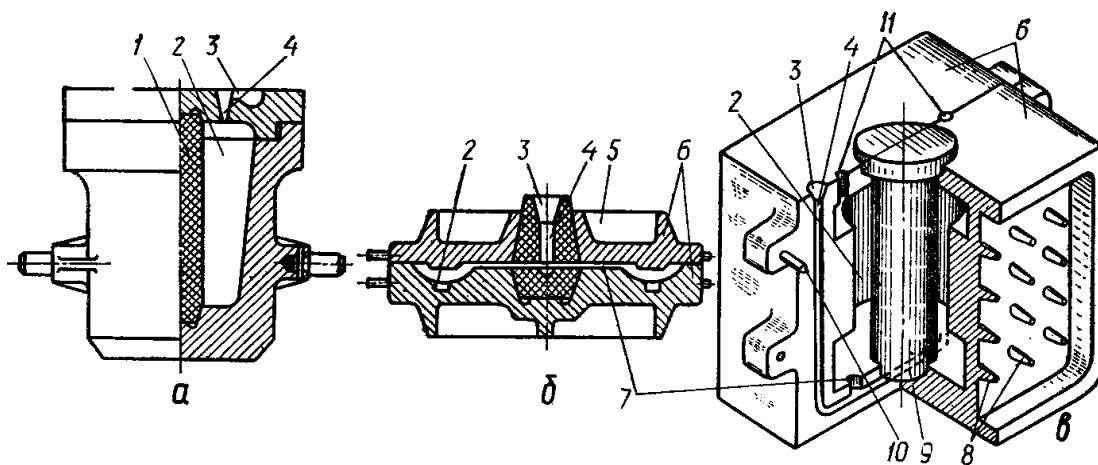
Кокільне лиття застосовують в умовах крупносерійного і масового виробництва при виготовленні нескладних за конфігурацією відливків з товщиною стінок 3-100 мм із чавуна, сталі і кольорових сплавів масою від десяти грамів до сотень кілограмів. Відливки стабільні за механічними властивостями і щільністю. Лиття в кокіль відноситься до трудо- і матеріалозберігаючих, малоопераційних і маловідходних технологічних процесів.

Завдяки високій теплопровідності кокілі забезпечують дрібнозернисту структуру відливків, що підвищує їхню міцність. При литті в кокілі або зовсім виключається застосування, або витрачається мала кількість піщаних сумішей лише на виготовлення разових стрижнів. У зв'язку з цим відпадає необхідність у землеприготувальних відділеннях, у модельно-опочній оснастці, що не тільки дає велику економію, але і знижує кількість пилу, тим самим поліпшує умови праці в ливарному виробництві і зменшує вплив на навколишнє середовище. При

кокільному литті підвищується щільність, точність і чистота поверхні відливка, значно підвищується продуктивність і зменшуються необхідні виробничі площі. Обслуговування кокілів не потребує робітників високої кваліфікації. Технологічний процес кокільного лиття можна легко механізувати й автоматизувати.

До недоліків кокільного лиття відносяться: висока вартість кокілів, що дозволяє їх використовувати тільки в серійному і масовому виробництвах; труднощі одержання тонкостінних відливок у зв'язку зі швидким відведенням тепла кокілем від розплаву; порівняно невелика кількість відливок при виготовленні в кокілі сталевих і чавунних відливок; небезпека утворення тріщин у відливках через невіддатливість металевої форми; чавунні відливки в кокілі виходять вибіленими і вимагають тривалого випалу, що підвищує вартість їх виробництва; обмеженість за геометричною складністю і масою.

Кокіль (рисунок 9.1) має в порівнянні з піщаною формою значно більшу теплоємність, теплопровідність, міцність і нульову газопроникність.

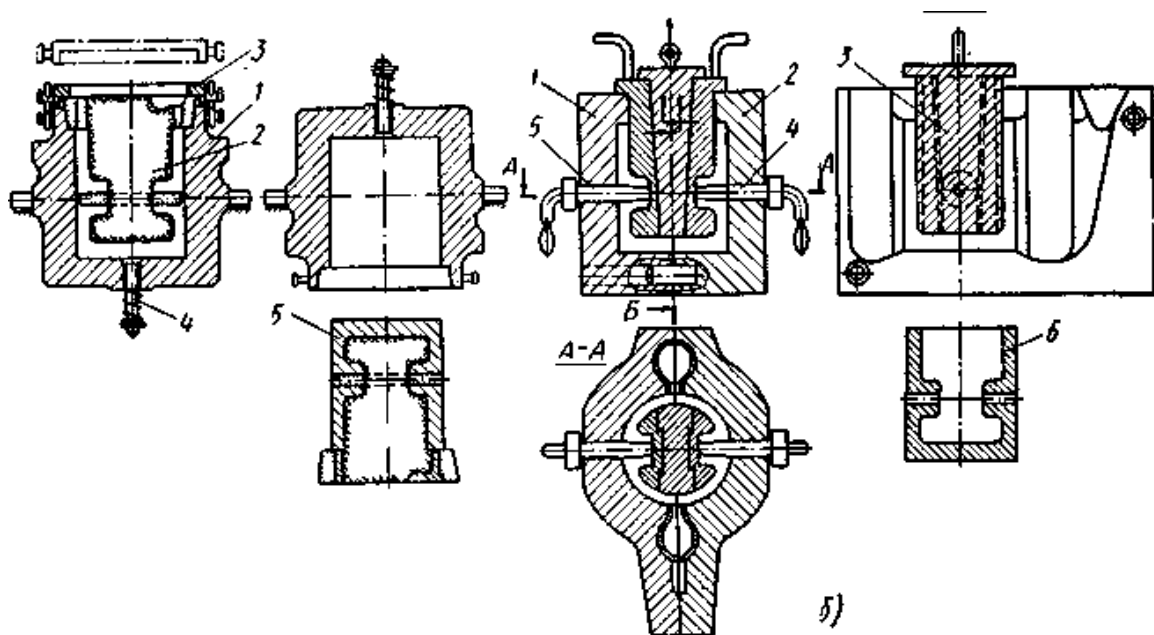


а – нерознімні витрясні; б – рознімний з горизонтальним розніманням; в – рознімний з вертикальним розніманням:
 1 – піщаний стрижень; 2 – порожнина форми; 3 – ливникова чаша; 4 – стояк; 5 – ребра жорсткості; 6 – половини рознімного кокіля; 7 – живильники; 8 – пальці; 9 – металевий стрижень;
 10 – напрямні штирі; 11 – випор

Рисунок 9.1 — Металеві форми (кокілі)

Матеріалами для кокілів служать чавуни сірі СЧ 20 і СЧ25 і високоміцний ВЧ 60-12; низьковуглецеві сталі 10 і 20; леговані сталі 15ХМЛ і ін.; алюмінієві сплави АЛ9 і АЛ11; мідь. Найбільшого поширення набули чавунні кокілі. При литті в кокіль застосовують як разові (піщано-глинисті або ХТС), так і металеві стрижні. Останні виготовляють з конструкційних вуглецевих (простої форми) і легованих (складної форми) сталей. Кокілі невеликих розмірів відливають або одержують обробкою різанням з поковок. Робочі порожнини й елементи ливникової системи в останньому випадку одержують електрофізичною або електрохімічною обробкою. Більш великі кокілі виконують литими. З метою стабілізації розмірів і форм кокілі проходять складну термічну обробку.

За конструкцією кокілі бувають простими і складними. У залежності від розташування площини рознімання кокілі поділяються на нерознімні (витрясні) і рознімні – з вертикальною, горизонтальною і складною (комбінованою) площинами рознімання (рисунок 9.2).



а)

- а – нерознімний з піщаним стрижнем: 1 — корпус; 2 — стрижень;
 3 — кришка; 4 — виштовхувач; 5 — відливок;
 б – рознімний з металевими стрижнями: 1, 2 – корпус;
 3 – складений центровий стрижень; 4, 5 — стрижні; 6 – відливки

Рисунок 9.2 — Типи кокілів

Виготовлення відливків у кокілі складається з таких операцій: очищення кокілю від старого облицювання; попереднє нагрівання кокілю до 150-200 °С для кращого зчеплення облицювання і фарби з робочими поверхнями кокілю; нанесення вогнетривкого покриття або фарбування ливарної порожнини кокілю; нагрів кокілю і металевого стрижня (при його необхідності) до робочої температури (зазвичай 150-350 °С); складання кокілю з установами стрижнів; заливання кокіля розплавом; витримка кокілю у формі; розкриття кокілю і видалення з нього відливка.

Щоб уникнути відбілювання чавунних відливків, підбирають хімічний склад чавуна, що забезпечує графітизацію в умовах підвищеної швидкості охолодження. З цією ж метою перед заливанням чавуна кокіль нагрівають до 250-300 °С і час витримки в кокілі скорочується до мінімуму. При одержанні в кокілі відливків із силуміну відпадає необхідність вводити натрій у сплав перед заливанням для подрібнення структури, тому що швидке охолодження подрібнює кремній, який утворюється в евтектиці. При одержанні в кокілі відливків зі сплавів на мідній основі порожнину форми покривають жирними фарбами. Між розплавом і кокілем утвориться газовий прошарок, що усуває утворення пригару на поверхні відливка.

Лиття в оболонкові форми. Сутність методу полягає в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші як наповнювач дрібний кварцовий пісок, а як зв'язуючий – фенольні терморективні смоли.

Цей вид лиття найбільш раціонально застосовувати в умовах крупносерійного і масового виробництва. Процес є високоомеханізованим і автоматизованим. Литтям в оболонкові форми одержують деталі автомобілів і тракторів, сільськогосподарських і текстильних машин із чавуна, сталей і кольорових сплавів масою 5-15 кг (іноді до 100-150 кг).

Застосовуються такі формувальні суміші: 92-95 % наповнювача (кварцові, цирконові або магнезитові піски, хроміт і ряд вогнетривких матеріалів, а також графіт) і фенолформальдегідна смола – пульвербакеліт або терморективна сечовино-формальдегідна смола – карбамід. Щоб виключити поділ піску і смоли й усунути пилоутворення в процесі

приготування, у суміш додають зволожувачі: гас, спирт, ацетон і ін. Розділові покриття, що наносяться на модельні плити і на поверхні стрижневих ящиків, являють собою суміші силіконової рідини, емульсину, церезину та ін. З'єднання півформ роблять за допомогою пульвербакеліту або клеїв на основі карбаміду.

Модельна оснастка складається з моделей відливків, модельних плит, стрижневих ящиків, моделей ливникової системи і механізмів для зняття оболонок.

Технологія виготовлення обolonкової форми полягає в наступному. На металеву модельну плиту з моделями відливка і ливникової системи наноситься розділовий склад. Потім модельну плиту нагрівають в електропечі на 200-220 °С (рисунок 9.3, а), насипають на неї формувальний склад за допомогою бункера, який перевертається (рисунок 9.3, в), і витримують 15-30 с. При цьому смола плавиться і, обволікаючи піщинки тонким шаром, утворює обolonку товщиною 6-12 мм, після чого надлишки суміші видаляються (рисунок 9.3, г). Після витримки плита з напівтвердою обolonкою переміщується в піч (рисунок 9.3, д), де при температурі 280-350 °С смола протягом 2-3 хв полімеризується і твердіє, утворюючи міцну обolonкову півформу. Обolonку знімають з модельної плити за допомогою механізму (штовхачів).

Аналогічно одержують другу півформу. Стрижні для обolonкових форм виготовляють суцільними або обolonковими (пустими). При складанні форми встановлюють стрижень, з'єднують півформи за допомогою передбачених виступів і впадин і скріплюють їх механічним шляхом (скоби, струбцини) у дрібносерійному виробництві або склеюванням по площині рознімання (серійне і масове виробництво).

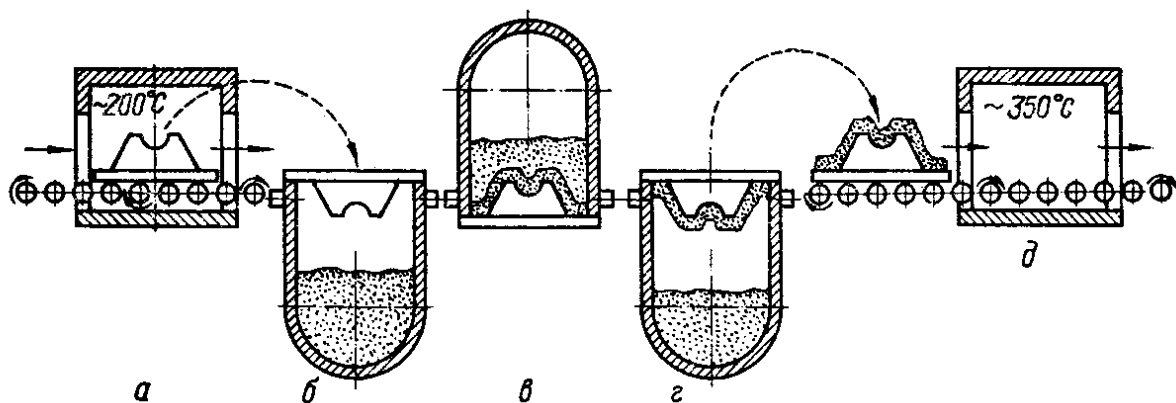
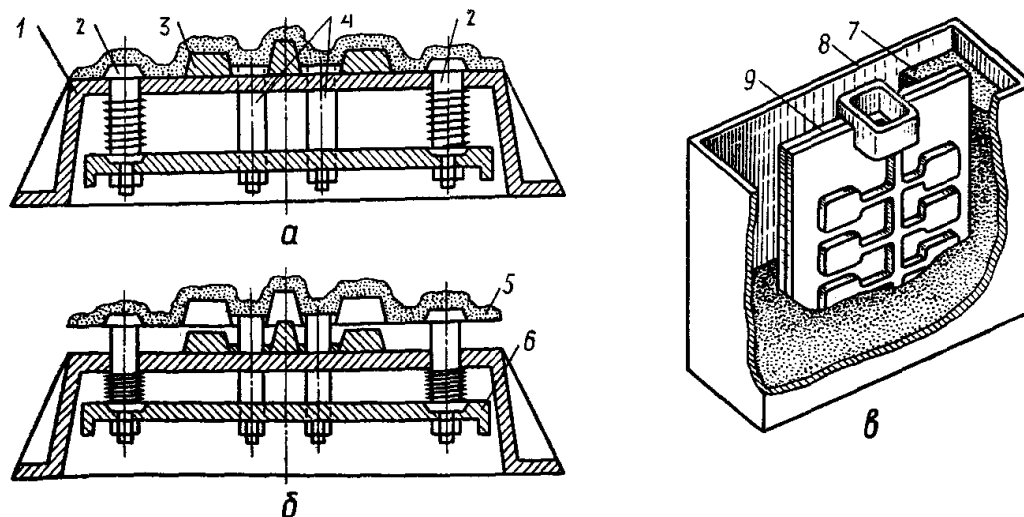


Рисунок 9.3 — Схема виготовлення обolonкових форм

Складену форму (рисунок 9.4) поміщують в опоку, засипають крупним піском або чавунним дробом і заливають металом. До моменту повної кристалізації відливка смола із суміші вигорає, форма і стрижні знеміцнюються і легко руйнуються, звільняючи відливки при вибиванні. Відпрацьовану суміш регенерують, освіжають і знову повертають на потік.



- 1 – модельна плита; 2, 4 – штовхачі; 3 – півмодель;
 5 – півформа; 6 – плита штовхачів; 7 – крупний пісок або
 чавунний дріб; 8 – металевий ящик;
 9 – складена оболонкова форма

Рисунок 9.4 — Модельна плита з оболонковою півформою і складеною формою

Переваги лиття в оболонкові форми: одержання відливок, які наближаються за точністю до моделі; порівняно низька шорсткість поверхні відливка; у порівнянні з литтям у звичайні форми витрата формувальної суміші зменшена; підвищення продуктивності праці; зниження браку в 1,5-2 рази. Основний недолік цього виду лиття – порівняно велика вартість піщано-смоляних сумішей.

Практична частина

Під контролем майстра одержати відливок литтям у кокіль. Проаналізувати дефекти, отримані у відливку.

Контрольні питання

- 1 Сутність процесу лиття в кокіль.
- 2 Переваги і недоліки кокільного лиття.
- 3 З яких матеріалів виготовляють кокілі?
- 4 Назвіть різновиди кокілів.
- 5 Опишіть послідовність виконання технологічних операцій процесу лиття в кокіль.
- 6 Сутність процесу лиття в оболонкові форми.
- 7 Назвіть переваги і недоліки лиття в оболонкові форми.
- 8 Галузі застосування лиття в оболонкові форми.
- 9 Наведіть склад формувальної суміші для виготовлення оболонкової форми.
- 10 Опишіть технологію виготовлення оболонкової форми.

Заняття 10

ЛИТТЯ ЗА ВИПЛАВЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ. ЛИТТЯ ЗА ВИПАЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ. ЛИТТЯ ЗА КРИЖАНИМИ МОДЕЛЯМИ

Мета роботи – вивчення технологій виготовлення відливків із застосуванням легкоплавких моделей, газифікованих та крижаних моделей, переваг і недоліків цих видів лиття, ознайомлення з обладнанням.

Короткі відомості з теорії

Лиття за виплавлюваними моделями. В наш час лиття за виплавлюваними моделями є добре відпрацьованим висококомеханізованим і автоматизованим процесом, широко застосовуваним у сучасному машинобудуванні.

Сутність методу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову форму. Моделі з цієї форми виплавляють, а порожнину, що утворилася, заливають рідким металом. Лиття за виплавлюваними моделями застосовують при виробництві відливків дуже складної конфігурації з будь-яких ливарних сплавів масою 0,02-100 кг, з товщиною стінок до 0,3 мм і отворами діаметром до 2 мм.

Технологія одержання відливків цим способом включає такі етапи: виготовлення рознімних прес-форм; одержання нерознімних легкоплавких моделей у прес-формах; виготовлення нерознімної разової форми за легкоплавкою моделлю; виплавлення моделей з форми; відпал форми (прожарювання при 800-900 °С); заливання форми металом і вибивання готових відливків.

Рознімні прес-форми можуть бути одногніздовими (з гіпсу, дерева, пластмас, зі сплавів на основі свинцю, олова, цинку, алюмінію) – дрібносерійне виробництво, і багатогніздовими (зі сталі й алюмінієвих сплавів) – серійне і масове виробництво. Порожнина прес-форми точно повторює конфігурацію і розміри майбутньої деталі з урахуванням усадки модельного складу. Нерознімні легкоплавкі моделі одержують за пресуванням у прес-форму модельного складу, нагрітого до тістоподібного стану. При цьому використовуються такі матеріали, як парафін, стеарин, віск, церезин, каніфоль і ін. (готові легкоплавкі модельні склади ПС, ПВ, КПЦ, РЗ і ін.).

Легкоплавка модель на відміну від звичайної є точною копією виготовленої деталі: вона нерознімна, має усі внутрішні порожнини, отвори, нарізку і не має стрижневих знаків.

Процес формування оболонки полягає в наступному. На поверхню модельного блоку (рисунок 10.1) наносять суспензію маршаліту (60-70 %) у гідролізованому етилсилікаті (30-40 %) (часто зануренням), яку негайно обсипають сухим зернистим вогнетривким матеріалом (розмір зерен 0,25 мм) і висушують при температурі понад 100 °С.

Для одержання оболонки необхідної товщини на блок наносять послідовно 4—6 шарів і більше.

З оболонки моделі відливків і ливникової системи видаляють виплавленням або розчиненням у гарячій воді. Одержують міцну нерознімну з гладкою робочою поверхнею оболонкову ливарну форму (рисунок 10.1, б). Оболонка після виплавлення або розчинення з неї моделі просочена водою і частково модельним складом. Для видалення всіх речовин, що можуть бути джерелами газів, оболонку прогрівають при 900—1000° С. До прогрівання оболонки засипають сухим піском в опоках з жаростійкої сталі або заливають рідкою сумішшю, що

самотвердіє. Після прожарювання в печі форми заливають рідким сплавом (рисунок 10.1, в).

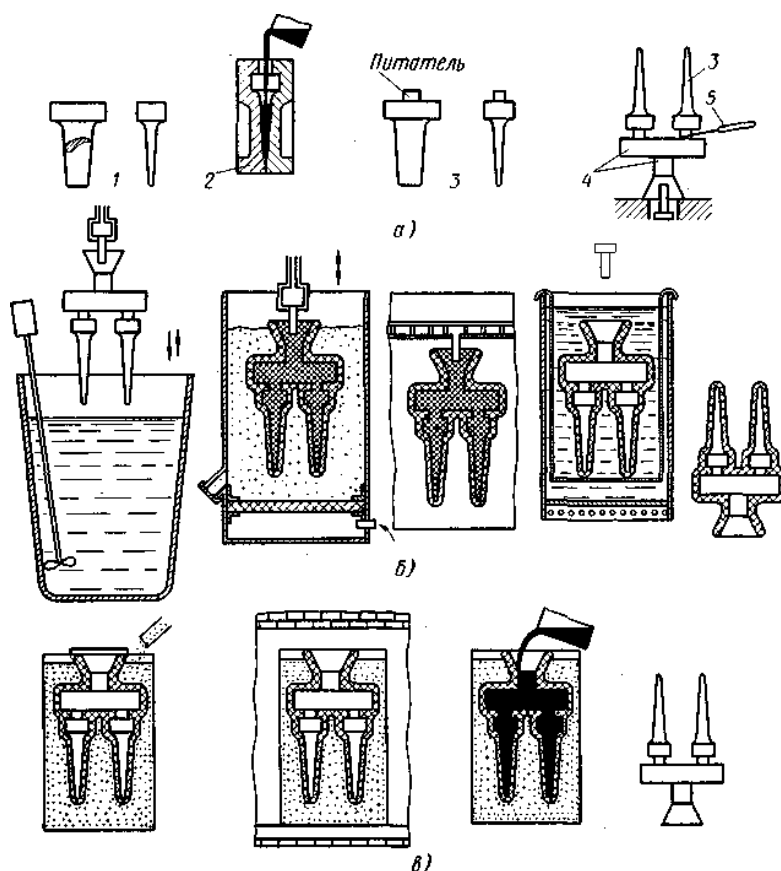
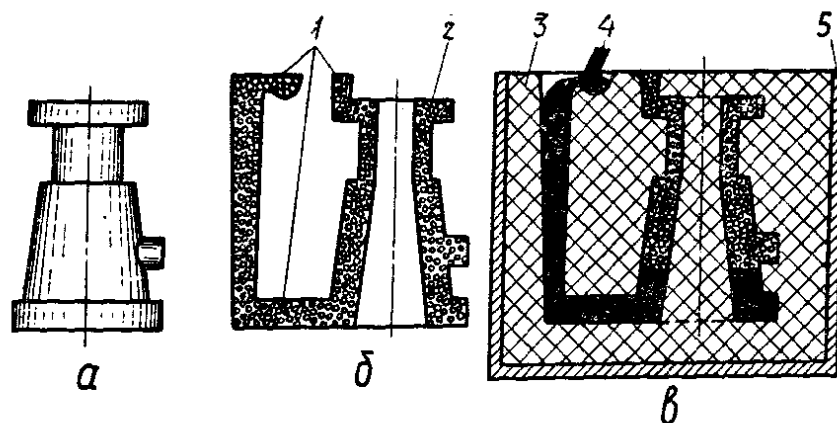


Рисунок 10.1 – Схема процесу виготовлення відливоків за виплавлюваними моделями

Таким чином, лиття за виплавлюваними моделями відноситься до прогресивних матеріало- і трудозберігаючих технологічних процесів обробки металів. Цей процес економічно вигідний для будь-яких типів виробництв; характеризується зменшеною витратою формувальних матеріалів, поліпшеними умовами праці і меншим впливом ливарного виробництва на навколишнє середовище. Об'єм механічної обробки зменшується на 80-100 %, витрата рідкого металу скорочується в 1,5-2 рази. Висока точність і чистота поверхні забезпечується: застосуванням нерознімних виплавлюваних моделей; відсутністю формувальних ухилів; виготовленням стрижнів у процесі формування, а не окремо в стрижневих ящиках; використанням маршаліту (кварцового борошна) як наповнювача у формувальній суміші, що забезпечує одержання гладкої поверхні відливка.

Головними недоліками цього способу є значна трудомісткість і складність процесу, а також деякі труднощі виготовлення великих відливок.

Лиття за випалюваними (газифікованими) моделями. Крім виплавлюваних моделей у ливарному виробництві використовують **випалювані** моделі (рисунок 10.2) при виготовленні відповідальних відливок масою до 3,5 т з чавуну, сталі і кольорових сплавів в одиничному виробництві. Моделі виготовляють з пінополістиролу, що у 50-100 разів легше деревини, легко ріжеться гарячим дротом і легко склеюється. Склеюванням можна одержати полістиролові випалювані моделі найскладнішої конфігурації.



а – відливок; б – креслення пінополістиролової моделі 2 з приклеєними до неї пінополістироловими моделями ливникової системи 1; в – модель з ливниковою системою заформовують піщано – глинистою сумішшю 3 у металевому ящику 5; 4 – рідкий метал (випалює модель з ливниковою системою й одночасно заповнює порожнини форми)

Рисунок 10.2 – Лиття за випалюваними моделями

Цей метод вирізняється великою точністю й економією металу через відсутність формувальних ухилів.

Переваги методу: пінопласт легше обробляється, ніж дерево; пінопласт не намокає і не коробиться, з нього простіше створювати газифіковані, моделі складної форми; не потрібна висока кваліфікація співробітників; моделі, що газифікуються, не потрібно витягувати, що веде до спрощення процесу формування

і до багаторазового зменшення його трудомісткості; немає ризику пошкодження форми при видаленні газифікованої моделі, не потрібно її доопрацювання.

В цілому даний метод виробництва відливків характеризується більшою складністю устаткування і меншою трудомісткістю в порівнянні з традиційними методами.

Лиття за крижаними моделями (кріотехнологія). Три способи виготовлення піщаних оболонкових форм за крижаними моделями шляхом отримання тверднучих зв'язуючих композицій типу «зв'язуюче + затверджувач»: 1) крижана модель є носієм зв'язуючого, а суха піщана облицювальна суміш містить затверджувач; 2) крижана модель є носієм затверджувача, а облицювальний шар піску – зв'язуючого; 3) модель заморожується з чистої води (найбільш екологічно сприятливий варіант), яка не вступає в реакції затвердіння формувальної суміші з добавками реагентів затверджувача і зв'язуючого (у вигляді порошку), але без води ці реакції не йдуть. У всіх трьох способах підбираються склади з максимальною швидкістю твердіння.

При виготовленні оболонкової форми шляхом засипання піску в контейнер з крижаною моделлю і віброущільнення, розтавання моделі і просочення піску отримують піщану кірку товщиною 3 ... 8 мм. При цьому до складу оболонки достатньо вводити 0,3-0,4 % зв'язуючого від маси піску в контейнері, що приблизно на порядок менше, ніж вводять в традиційних формах з холоднотверднучими піщаними сумішами (ХТС) зі зв'язуючим.

Виготовляють крижані моделі з водного розчину рідкого скла щільністю 1,08 г / см³ при вмісті в піщаній суміші швидкотверднучого цементу або гіпсу. Тривалість твердіння оболонки від початку танення моделі масою 0,2 ... 0,9 кг складає близько 6-10 хв і більше (в залежності від типу цементу / гіпсу), після повного розтавання моделі залишок (не просочений в навколишній пісок) модельної композиції виливають з затверділої оболонки, а оболонкову форму направляють на підсушування або заливку металом з невеликим вакуумуванням.

Також розроблені способи вакуумної упаковки крижаних моделей в синтетичну плівку для подальшого використання технології вакуумно-плівкового формування.

Ця кріотехнологія лиття за разовими крижаними моделями деталей з металів для машинобудування виключає або мінімізує використання полімерів або зв'язуючого для піску ливарної форми, замінює органічні (пінопластові або парафіно-стеаринові виплавлені) моделі на крижані, має високу технологічність, а також такий процес виробництва відливок повністю відповідає екологічно чистим безвідходним технологіям за принципом «просто додай води».

Практична частина

Вивчити і записати технології лиття за виплавленими моделями, газифікованого лиття, лиття за крижаними моделями. Скласти порівняльну таблицю цих технологій. Проаналізувати дефекти, які виникають у відливках.

Контрольні питання

- 1 Сутність процесу лиття за виплавленими моделями.
- 2 Переваги і недоліки лиття за виплавленими моделями.
- 3 Опишіть технологію одержання відливок із застосуванням процесу лиття за виплавленими моделями.
- 4 Сутність процесу лиття за виплавленими моделями.
- 5 Переваги і недоліки лиття за газифікованими моделями.
- 6 Опишіть технологію одержання відливок із застосуванням процесу лиття за виплавленими моделями.
- 7 Сутність процесу лиття за крижаними моделями.
- 8 Назвіть переваги і недоліки лиття за крижаними моделями.
- 9 Галузі застосування лиття за крижаними моделями.
- 10 Опишіть технологію виготовлення відливка за крижаною моделлю.

Заняття 11

ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ. ВІДЦЕНТРОВЕ, ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ І БЕЗПЕРЕРВНЕ ЛИТТЯ

Мета роботи – вивчення сутності зазначених видів лиття, їхніх переваг і недоліків, ознайомлення з обладнанням, одержання відливка литтям під тиском.

Короткі відомості з теорії

Машини для лиття – вид обладнання, який використовується для виготовлення відливок, він допомагає повністю заповнити форму металом. Залежно від способу пресування виділяють машини холодного і машини гарячого лиття. В агрегатах першої групи пресування відбувається тільки із застосуванням високого тиску, а другої – шляхом впливу поршнів з невеликим тиском на розплавлений матеріал.

На виробництвах, які випускають великий обсяг продукції, все частіше почали застосовувати спеціальні автоматизовані системи для лиття, які дозволяють звести участь людини в цьому процесі до мінімуму. Спеціально запрограмовані лінії, в які можуть бути включені роботи, що виконують різні функції, виконують всі процеси, за їхньою роботою стежить тільки оператор, який може управляти процесами з персонального комп'ютера. Такий метод роботи дозволяє значно знизити витрати на утримання штату і споживання енергоресурсів, всі сучасні агрегати і системи є маловитратними.

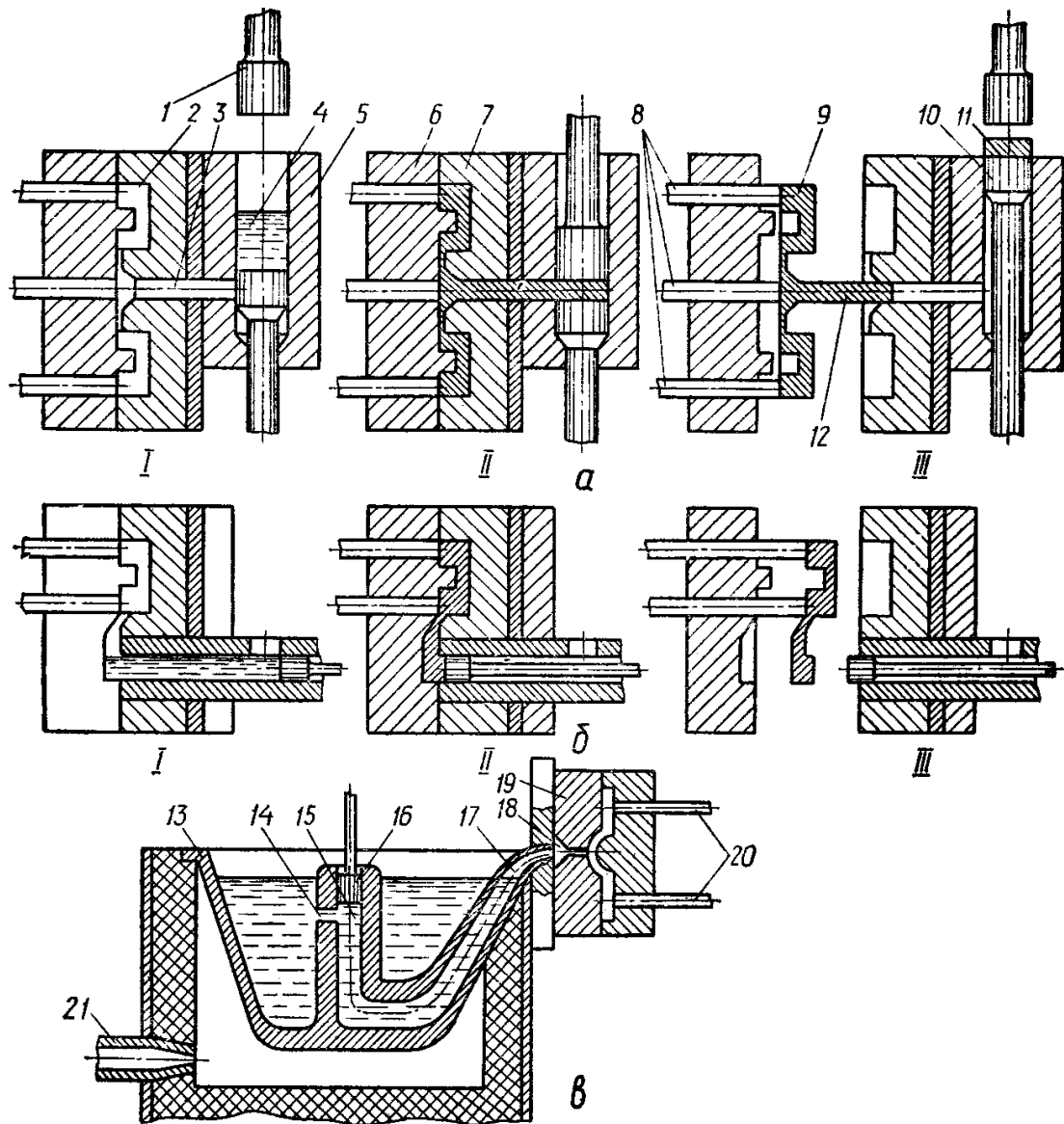
Лиття під тиском. Сутність методу полягає в тому, що рідким металом примусово заповнюють металеву форму і тиск підтримується до повної кристалізації відливка. Лиття під тиском є одним із найбільш високопродуктивних спеціальних видів лиття, а так як технологічний процес здійснюється на машинах, то його можна повністю автоматизувати. Цим способом можна одержувати відливки з товщиною стінки до 0,5 мм, досить складної конфігурації, з отворами діаметром до 1 мм і масою до 50 кг.

Лиття під тиском широко застосовується в точному приладобудуванні і текстильному машинобудуванні,

електротехнічній, автомобільній, тракторній і іншій галузях промисловості. Відливки одержують переважно з кольорових сплавів, і вони характеризуються високими механічними властивостями. Тиск на метал забезпечує швидке і добре заповнення форми, високу точність і малу шорсткість поверхні відливка. Примусове живлення відливка рідким металом виключає можливість утворення усадочних раковин, пористості і не вимагає установа додатків. Прискорена кристалізація металу в металевій прес-формі під тиском обумовлює утворення дрібнозернистої структури. Завдяки зовнішньому тиску розчинені в металі гази залишаються у твердому розчині, що знижує газову пористість металу. Відливки, отримані цим методом, як правило, не мають припусків на механічну обробку і після видалення з форми є готовими деталями. Лиття під тиском по праву вважають малоопераційною і безвідходною технологією.

Недоліками лиття під тиском є: висока вартість прес-форм, що мають складну конфігурацію і потребують високої точності виготовлення, що обумовлює застосування цього методу в крупносерійному і масовому виробництвах; можливість переробки обмеженої номенклатури металів і сплавів; обмежені розміри і маси відливок.

Лиття під тиском здійснюють на компресорних і поршневіх машинах високої продуктивності, що дають 200-450 відливок за годину. Поршневі машини (рисунок 11.1) випускають з гарячою або холодною камерою стискання, розташованою горизонтально. Машини з гарячою камерою стискання, у яких камера знаходиться безпосередньо в розплаві, застосовують для одержання відливок зі сплавів з низькою температурою плавлення на основі цинку, олова і свинцю. Такі машини більш продуктивні і витрачають менше рідкого металу, однак їх не можна застосовувати для лиття сплавів з температурою плавлення більш 500 °С через швидке зношування поршня.



а – машина з вертикальною холодною камерою стискання:
 1 – поршень; 2 – порожнина прес-форми; 3 – ливниковий канал;
 4 – розплав; 5 – камера стискання; 6, 7 – половини прес-форми;
 8 – штовхачі; 9 – відливок; 10 – нижній поршень; 11 – надлишок
 металу; 12 – ливник; б – машина з горизонтальною холодною
 камерою стискання; в – поршнева машина з гарячою камерою
 стискання: 13 – чавунний тигель, наповнений рідким металом;
 14 – отвір, призначений для заповнення камери стискання;
 розплавом 15; 16 – поршень; 17 – заливальний канал;
 18 – мундштук; 19 – прес-форма; 20 – штовхачі; 21 – форсунка
 для підігріву тигля газом

Рисунок 11.1 – Схеми поршневих машин для лиття під тиском

Робочий тиск у таких машинах 20 МПа. Машини з холодною камерою стискання, у яких камера винесена за межі розплаву, використовують для одержання відливоків з більш тугоплавких кольорових сплавів на основі міді, алюмінію і магнію. У таких машинах поршень контактує з розплавом протягом короткого проміжку часу і тому мало зношується. Тут можна значно підвищити тиск (до 100-300 МПа), що гарантує високу щільність і міцність відливоків. Компресорні машини, що працюють на стисненому повітрі, застосовуються рідко.

Сутність способу лиття під регульованим тиском полягає в тому, що заповнення форми розплавом і затвердіння відливка здійснюється під дією надлишкового тиску повітря або газу.

Розрізняють такі способи лиття під тиском: під низьким тиском, вакуумним усмоктуванням, із протитиском.

У першому випадку розплав піднімається в ливарну форму по металопроводу з герметичної камери, в якій створюється надлишковий тиск ($P_{\text{изб}} < 0,1$ МПа). Цей спосіб використовують для одержання складних фасонних тонкостінних відливоків з алюмінієвих і магнієвих сплавів і простих відливоків з чавуна, сталі і мідних сплавів.

В другому випадку в камері з розплавом тиск дорівнює атмосферному, а ливарну форму поміщають у герметичну камеру, де створюється вакуум. Таким способом виготовляють відливки зі стінками рівномірної товщини з алюмінієвих і магнієвих сплавів.

У третьому випадку надлишковий тиск створюється і у камері з розплавом, і в камері з ливарною формою, після чого в другій камері тиск залишається постійним, а в першій підвищується. Лиття під регульованим тиском забезпечує хороші умови живлення відливоків розплавом, зменшує усадочну пористість, підвищує щільність і механічні властивості відливоків.

Лиття пластмас під тиском. Лиття з пластмас виникло майже відразу після впровадження методу лиття з металів і стало широко використовуватися. 95 % всіх деталей, одержуваних з пластиків, виготовляються методом лиття. Розроблено та широко застосовується кілька способів лиття з пластмас:

– інжекційний. Найбільш застосовуваний спосіб, характеризується високим тиском і швидкістю впорскування

матеріалу в форму. Застосовується для виробів складної геометрії, з тонкими або товстими стінками;

– інтрузивний. Надмірний тиск невисокий, початковий обсяг матеріалу, що впорскується, менше обсягу форми. Матеріал продовжує розширюватися в формі і заповнює її. Застосовується для відливок нескладної форми із низькою деталізацією поверхні;

– інжекційно-пресовий. Використовується для виробів з великою поверхнею. Тиск на розплав, крім зусилля подачі, відбувається також і за рахунок змикання частин форми.

Інжекційне лиття. Інжекційний метод відрізняється від звичайного лиття під тиском тим, що метал потрапляє в матрицю у вигляді порошку, змішаного зі зв'язуючою речовиною. Форми виготовляють з високоміцних сталей. Висока текучість суміші дозволяє заповнити найдрібніші деталі рельєфу форм найскладнішої конфігурації, що включають внутрішні порожнини. Первинні або так звані «зелені» відливки піддають температурному впливу, викликаючи спікання металевих порошоків і видаляючи зв'язуючі речовини. В результаті отримують кінцеві, або «коричневі» відливки. Перевагою цього методу є висока точність поверхні, що робить непотрібною додаткову механічну обробку або зводить її до мінімуму. Іншою перевагою є висока фізико-хімічна однорідність відливка, що обумовлює його високу міцність і низький знос.

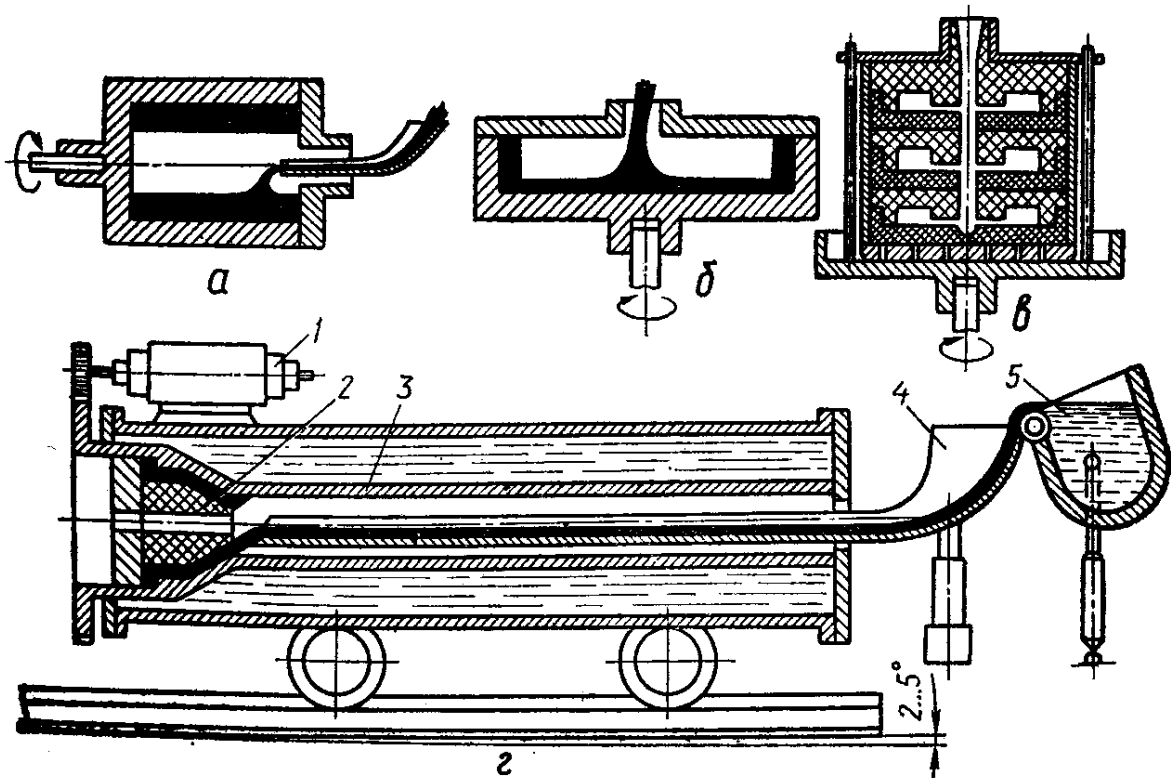
Відцентрове лиття. Сутність цього виду лиття полягає в тому, що рідкий метал заливається в обертову з певною швидкістю металеву ливарну форму (рисунок 11.2). Вона обертається протягом усього часу кристалізації відливка. При цьому метал відцентровою силою притискається до стінок форми, що забезпечує одержання щільних, з підвищеною міцністю відливок. Гази і шлак, що мають меншу щільність, витісняються у внутрішні порожнини відливка, звідки видаляються механічною обробкою. Металеві форми при відцентровому литті називають виливницями. Вони виготовляються зі сталі або чавуна. Коли зовнішні поверхні відливок мають складну форму (виточення, паски і т. д.), застосовують виливниці, футеровані зсередини піщано-глинистою або піщано-смоляною сумішшю. Формування

звичайно проводиться за моделлю. При литті жароміцних і титанових сплавів використовують оболонкові форми з швидкотверднучих сумішей. Їх виготовляють за виплавленими моделями, встановлюють у контейнер, засипають опорним матеріалом і контейнер закріплюють на столі відцентрової машини. Якщо діаметр відливка значно менше його довжини (труби, гільзи, втулки), то застосовуються машини з горизонтальною віссю обертання. Якщо ж діаметр відливка більше, ніж його висота (колеса, шків, шестерні), то вісь обертання повинна бути вертикальною. В обох випадках вісь відливка збігається з віссю обертання форми і внутрішня порожнина виходить без стрижнів, а товщина стінки відливка регулюється кількістю металу, що заливається. Цей спосіб використовується для одержання відливок, що мають форму тіла обертання. При виготовленні дрібних фасонних відливок вісь обертання форми може не збігатися з віссю відливок. У цьому випадку внутрішні порожнини утворюються за допомогою стрижнів, а метал заливають у центральний загальний ливник, з якого по раціонально розташованих живильниках він надходить в порожнину форми. Такий спосіб називають центрифугуванням.

Відцентрове лиття є продуктивним способом, легко піддається механізації й автоматизації. Цей вид лиття забезпечує одержання відливок з різних сплавів масою від декількох грамів до декількох тонн. Застосовують відцентрове лиття в масовому, серійному й одиничному виробництві відливок. Цим способом відливають труби, гарматні дула, циліндрові втулки, гільзи автотракторних двигунів, заготовлі для поршневих кілець, шестерні, шків, а також одержують двошарові (біметалічні відливки). Для регулювання теплового режиму на робочі поверхні виливниці після попереднього її підігріву (до 200 °С) наносять шар вогнетривкого покриття, як і при кокільному литті. Іноді наносять хімічно активні покриття (феросиліцій, графіт, алюмінієвий порошок) з метою зміни властивостей поверхневого шару відливка.

Переваги відцентрового лиття такі: хороше заповнення форми розплавом; підвищена щільність відливок за рахунок зменшення пористості, раковин і інших дефектів; високі

механічні властивості відливків; можливість одержання багатошарових відливків.



а – вісь обертання форми горизонтальна; б – вертикальна;
 в – центрифугування; г – схема відцентрової машини:
 1 – електродвигун для обертання металевої форми
 3, 2 – стрижень, 4 – нерухомий жолоб для заливання, 5 – ківш

Рисунок 11.2 – Схеми відцентрового лиття

Використання високопродуктивних відцентрових установок, відсутність стрижнів і робіт, пов'язаних з їх виготовленням, набагато підвищує продуктивність праці, а відсутність ливників, додатків значно заощаджує метал. Недоліками цього способу є: забруднення внутрішніх поверхонь відливка неметалевими включеннями; одержання нерівної внутрішньої поверхні; введення для внутрішніх розмірів відливка порівняно великих припусків на механічну обробку.

Електрошлакове лиття. Електрошлакове лиття (ЕШЛ) – вид лиття, розроблений в інституті електрозварювання ім. Е.О. Патона АН України. Сутність способу полягає в тому, що

розплавлення металу, заповнення ним ливарної форми, затвердіння відливка відбувається безупинно й одночасно.

У звичайній ливарній технології ці операції роз'єднані, що погіршує якість відливка: плавлення і заливання забруднюють метал газами, вогнетривками ковша і формувальною сумішшю, а при кристалізації великих мас металу розвивається ліквіація, утворюються усадочні і газові раковини. Тому для одержання великих відливків доводиться створювати громіздкі ливникові системи, ставити додатки, що збільшує витрату металу й ускладнює технологію. Іноді через це для одержання якісної великої деталі замість дешевої литої застосовують дорогу ковани. ЕШЛ допомагає замінити кування більш економічними литими деталями без погіршення якості.

Переваги ЕШЛ: висока якість великого відливка; не потрібні плавильні агрегати, розливальні ковші, формувальні суміші, ливникові системи і додатки; економія металу; високі механічні властивості відливків; достатня чистота поверхні відливків, завдяки чому часто відпадає необхідність у механічній обробці.

При ЕШЛ ливарна форма виконує дві функції: служить плавильним агрегатом і формує відливок. Процес відбувається під шаром рідкого шлаку, що внаслідок малої електропровідності нагрівається до високої температури і є джерелом тепла, очищає метал від сірки і фосфору, захищає його від кисню й азоту повітря, є тепловою надставкою при кристалізації металу, що усуває усадочні раковини і необхідність у додатках, утворює на поверхні відливка плівку, що забезпечує чисту поверхню. Кристалізація відливка відбувається знизу нагору за участю малих об'ємів рідкого металу, що виключає ліквіацію й осьову пористість у відливку. ЕШЛ знаходить застосування в енергетичному машинобудуванні (засувки паропроводів високого тиску, парогенератори, корпуси атомних реакторів, литі труби з важкооброблюваних, аустенітних сталей в атомній енергетиці); у суднобудуванні (колінчаті вали могутніх дизелів); у металургії (прокатні вали, калібри трубопрокатних станів, ковальські штампи, кокілі для лиття труб відцентровим способом і ін.).

На рисунку 11.3 показана схема одержання литого прокатного валка методом електрошлакового лиття.

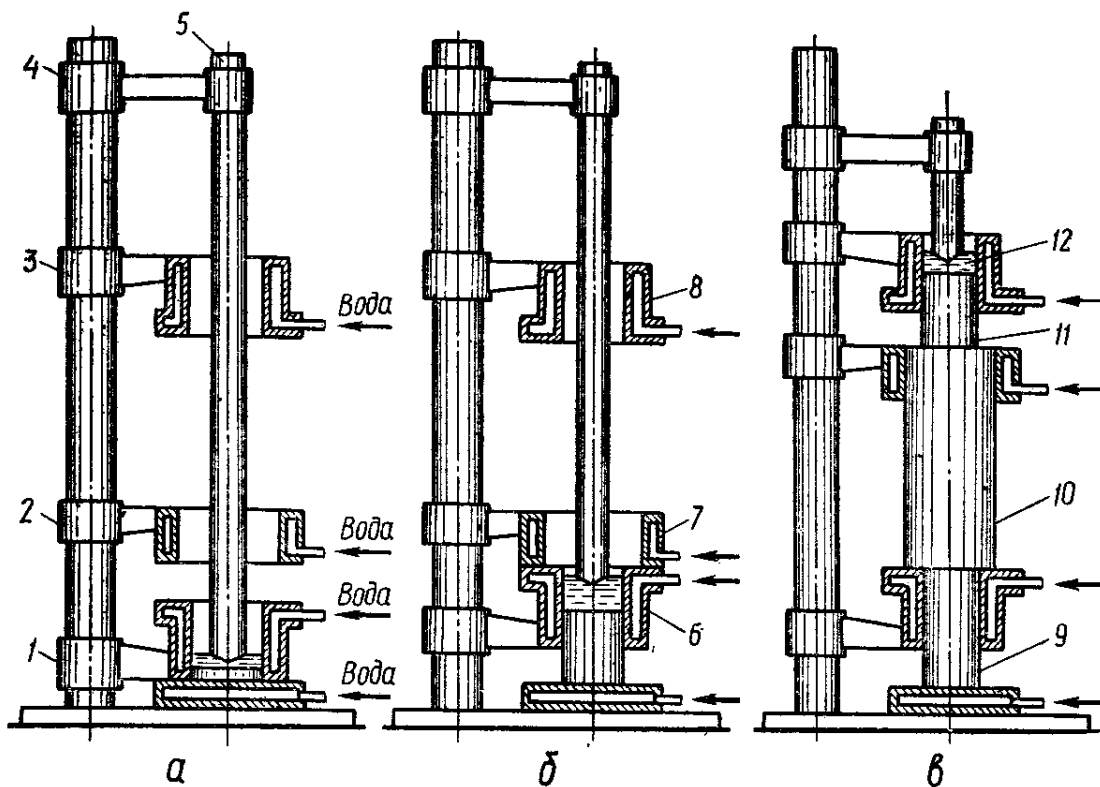


Рисунок 11.3 – Схема виготовлення прокатного валка електрошлаковим литтям

Візки 1, 2, 3 і 4 здійснюють зустрічний рух електрода 5 і по черзі кристалізаторів 6, 7 і 8. У нижньому кристалізаторі 6 формується ліва шийка валка 9 (а, б); у середньому кристалізаторі 7 формується бочка валка 10, а у верхньому 8 – права шийка 11 (в). Кристалізація проходить під шаром рідкого шлаку 12.

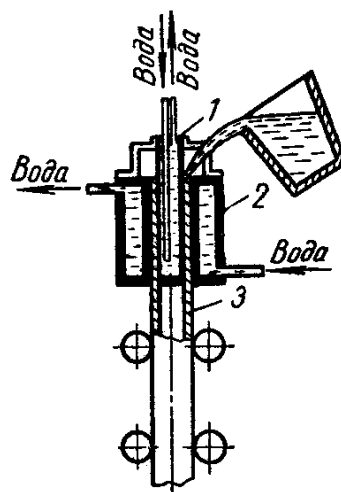
Безперервне лиття. Сутність способу полягає в створенні умов безперервного живлення відливка розплавом, спрямованої кристалізації і переміщення затверділого металу відносно постійної зони кристалізації.

Одержувані відливки мають велику довжину, різні форми і розміри в поперечному перерізі. Завдяки підживленню розплавом і спрямованій кристалізації відливки відрізняються високою щільністю металу, малою ліквацийною неоднорідністю, значним зменшенням неметалічних і газових включень, чистою поверхнею і високою точністю розмірів. Безперервне лиття є прогресивним ресурсозберігаючим технологічним процесом, що підвищує якість відливок і продуктивність праці, а також поліпшує умови праці. До недоліків цього способу слід віднести

виникнення внутрішніх напружень у відливках внаслідок високої швидкості охолодження розплаву в кристалізаторі і деякі ускладнення, що виникають при одержанні відливок складної конфігурації.

Цей вид лиття застосовується для одержання відливок зі сталі (у подовжених кристалізаторах), чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів. Особливу роль відводять йому при виготовленні профілів і заготівель зі сплавів, які не оброблюються тиском: чавуну, бронз і т.д. В наш час на металургійних заводах існують комплексні автоматизовані лінії безперервного лиття.

Напівбезперервним виливанням одержують великі чавунні труби на вертикальних установках (рисунок 11.4). Метал при температурі 1260-1300 °С заливають у пустотілий кристалізатор, що охолоджується водою, в середину якого вставлений стрижень. Витягування відливка здійснюється приводними роликками.



1 – металевий стрижень; 2 – кристалізатор; 3 – внутрішня порожнина відливки

Рисунок 11.4 – Напівбезперервне лиття

Практична частина

Вивчити будову машин для лиття під тиском та відцентрового лиття, які встановлені в ливарній лабораторії. Під керівництвом майстра одержати відливки за допомогою цих способів лиття. Проаналізувати дефекти отриманих відливок.

Контрольні питання

- 1 Сутність процесу лиття під тиском.
- 2 Переваги і недоліки лиття під тиском.
- 3 Яке устаткування використовується для лиття під тиском?
- 4 Чим відрізняються лиття при низькому тиску, лиття вакуумним усмоктуванням і лиття з протитиском?
- 5 Лиття пластмас.
- 6 Охарактеризувати технологію інжекційного лиття.
- 7 Особливості відцентрового лиття.
- 8 Переваги і недоліки відцентрового лиття. Застосування.
- 9 Сутність процесу електрошлакового лиття.
- 10 Переваги і недоліки електрошлакового лиття. Застосування.
- 11 Особливості безперервного лиття і його застосування.

Заняття 12

ДЕФЕКТИ ЛИТТЯ. СПОСОБИ ВИПРАВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ДЕФЕКТІВ. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВІДЛИВКІВ. ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ВІДЛИВКІВ

Мета роботи – вивчити дефекти лиття, причини їх виникнення і заходи попередження, навчитися аналізувати отримані в ході виконання практичних робіт дефекти та підбирати способи виправлення дефектів; визначати зернистості відливків, виготовлених ручним формуванням, литтям під тиском і литтям у кокіль, описати переваги і недоліки відливків, отриманих різними способами.

Короткі відомості з теорії

Види браку при литті. Брак відливків поділяють на виправний і невиправний. Відливки з невиправним браком відправляють на переплавлення, а виправний брак усувають. Причинами браку відливків можуть бути властивості вихідних матеріалів, а також порушення технології виготовлення форм і стрижнів, приготування рідкого металу, заливання форм,

вибивання (обрубки й очищення) відливків. Особливо небезпечний брак той, що утворюється усередині перетину відливка і виявляється тільки при механічній обробці (внутрішній дефект лиття). У цьому випадку виявляється даремною робота не тільки ливарного, але і механічного цехів заводу.

Основними видами браку відливків є:

1) **газові раковини** – порожнини в тілі відливка, що мають чисту гладку поверхню округлої форми. Утворюються при заливанні у форму насиченого газами розплаву, підвищеній вологості формувальних і стрижневих сумішей, недостатній газопроникності і надмірно щільному набиванні форми;

2) **усадочні раковини і пористість** – відкриті або закриті порожнини в тілі відливка, що мають шорсткувату поверхню і крупнокристалічну будову, утворюються в стовщених місцях відливка, а також при неправильному підведенні металу у форму (недостатнє живлення відливка розплавом), підвищеній температурі заливання (сильний перегрів збільшує об'ємну усадку), нетехнологічності конструкції відливка;

3) **холодні тріщини** – розриви тіла відливка значної довжини. Утворюються при охолодженні відливка в області невисоких температур і тому мають світлу поверхню. Причини: внутрішні напруження через неоднакову швидкість охолодження різних перетинів відливка; заливання перегрітого металу, ушкодження при вибиванні, обрубці й очищенні відливків;

4) **гарячі тріщини** – розриви тіла відливка невеликої довжини. Виникають при високих температурах і тому мають темну окислену поверхню. Причини: неправильна конструкція ливникової системи, перегрів металу, що заливається, недостатня піддатливість стрижнів і форми; недостатня витримка відливків у формі перед вибиванням;

5) **піщані і шлакові раковини** – відкриті або закриті порожнини в тілі відливка, заповнені формувальною сумішшю або шлаком. Причини: слабе набивання форми, мала міцність форми і стрижнів, неправильна конструкція ливникової системи (погано затримує шлак шлаковловлювач);

б) **заливи** – тонкі, не передбачені кресленням, виступи на відливку уздовж рознімання форми. Утворюються при недостатньому навантаженні форми;

7) **недолив** – неповне заповнення окремих частин відливка. Причини: неправильна конструкція відливка і ливникової системи (малий перетин живильників), погана рідкотекучість металу, низька температура заливання, витік розплаву з форми;

8) **перекіс відливка** – зсув однієї частини відливка відносно іншої. Причини: неточне складання форми, невідповідність знакових частин стрижня на моделі і у стрижневому ящику.

Контроль якості відливоків. Дефекти у відливках визначають візуально, за допомогою люмінесцентного контролю, магнітної або кольорової дефектоскопії, рентгеноскопії, гама-дефектоскопії, ультразвуковими й іншими методами.

Крім проміжного контролю, проведеного на різних стадіях технологічного процесу, відливки проходять остаточний контроль для визначення відповідності їх вимогам технічних умов. Перевіряють геометричні розміри відливоків, механічні властивості, установлюють відсутність зовнішніх, поверхневих і внутрішніх дефектів. У залежності від призначення і відповідальності відливоків роблять масовий або вибірковий контроль.

Відповідність розмірів відливоків розмірам креслення встановлюють шляхом розмітки на спеціальних розмічальних столах (плитах) за допомогою скоб, кондукторів і інших пристосувань. Періодично відливки розрізають для визначення розмірів внутрішніх порожнин, зсувів, різностінності. Систематичний контроль розмірів відливоків дозволяє вчасно попередити брак через знос або короблення моделей і стрижневих ящиків.

Механічні властивості відливоків (границя міцності, твердість, відносне подовження, ударну в'язкість і ін.) визначають випробуваннями на окремо виготовлених або долитих зразках; у деяких випадках зразки вирізують з тіла відливка. Число відливоків, що відбираються для випробування, регламентується технічними умовами на постачання.

Відливки, що за умовами роботи повинні витримувати підвищений тиск газу або рідини, піддають гідро- і пневмовипробуванням при робочих тисках або таких, що трохи перевищують їх.

Для визначення внутрішніх дефектів відливків використовують методи радіографічної і ультразвукової дефектоскопії.

Сутність радіографічних методів (рентгеноскопії, гамма-дефектоскопії) полягає в опроміненні відливків рентгенівськими або гамма-променями. Маючи малу довжину хвилі (0,10—0,001 Å), ці промені легко проходять через товщу відливка.

У тому випадку, якщо усередині відливків є дефекти (шлак, раковини, тріщини), які у меншому ступені поглинають (послаблюють) інтенсивність променів, ніж сам метал, то на рентгеноплівці промені, що проходять через такі дефекти, дадуть більш інтенсивне почорніння. Радіографічні методи дозволяють визначити наявність дефекту, розміри і глибину його залягання.

При ультразвуковому контролі використовується здатність ультразвукової хвилі відбиватися від границі розділу двох середовищ. Ультразвукова хвиля, що проходить через стінку відливка, при зустрічі з границею пори, окисною плівкою, тріщиною або шлаковим включенням, частково відбивається. За інтенсивністю відбитих хвиль судять про наявність, розміри і глибину залягання дефектів.

У залежності від товщини стінок відливків і природи сплаву використовують різні за потужністю установки.

Зовнішні поверхневі дефекти визначають за допомогою люмінесцентного контролю, магнітної і кольорової дефектоскопії. При використанні люмінесцентного методу на поверхню відливка наносять шар розчину, здатного світитися в ультрафіолетових променях. Розчин затікає в тонкі тріщини, пори і раковини. Потім відливок промивають і просушують. На поверхню його наносять тонкоподрібнений силікагель, здатний усмоктувати флуоресцентний розчин, що залишився в поглибленнях і тріщинах. Відливок встановлюють під ультрафіолетове світло і за появою яскравого світіння порошку визначають наявність і розміри поверхневих дефектів.

Магнітна дефектоскопія застосовується для виявлення неглибоких дефектів (2—3 мм) у відливках з магнітних матеріалів. Для цього відливок намагнічують і покривають найтоншим магнітним порошком, суспензією порошку у воді або олії. За перекручуванням силових магнітних ліній і виникненням

горбків з магнітного порошку судять про наявність, розміри і форму дефекту.

Метод кольорової дефектоскопії полягає в зануренні відливок на 5—10 хв у спеціальні розчини (наприклад, що складаються з — 65 % гасу, 30 % трансформаторної олії, 5 % скипидару), пофарбовані особливим барвником. Після промивання відливок у холодній воді їхню поверхню покривають тонким шаром білої фарби (або глини). Фарбу висушують. У місцях розташування дефектів з'являється яскравозафарбований візерунок — результат усмоктування фарбою розчину, що залишився в поглибленнях і тріщинах.

Виправлення дефектів відливок. Багато відливок, що мають дефекти, остаточно не забраковують, тому що їхні дефекти можна виправити. Основні способи виправлення дефектів — це правка, заварювання і просочення.

Правці під механічними (гвинтовими) і гідравлічними пресами, а іноді і за допомогою ударів молотка піддають відливки, що мають короблення.

У деяких випадках виправлення здійснюють у матрицях або спеціальних оправках. Виправлення контролюють шаблонами, зліпками і лінійками.

Дефекти заварюють двома способами:

1) рідким металом і 2) дуговим або газовим зварюванням.

В обох випадках дефектне місце відливка попередньо підготовляють — видаляють частину відливка і порожнині надають певної форми. Крайки вирубані порожнини повинні мати з поверхнею відливка кут $65\text{—}70^\circ$ (для дугового заварювання) або $75\text{—}80^\circ$ (для газового заварювання).

Для заварювання рідким металом відливок засипають формувальною сумішшю, залишаючи відкритим дефектне місце. На цю частину відливка направляють струмінь рідкого металу. Під дією тепла дефектне місце оплавляється і при наступному охолодженні відливок і метал заварювання кристалізуються разом. Цей спосіб застосовують для заварювання одиничних відливок з олов'яних бронз.

Значно ширше використовують дугове, аргано-дугове і газове заварювання. Щоб уникнути появи великих термічних напружень, відливки перед заварюванням нагрівають (чавунні до

550—700° С, алюмінієві і магнієві 350—400°С); щоб виключити окиснювання, застосовують спеціальні флюси або захисні газы. У більшості випадків заварювання здійснюють сплавом, що не відрізняється за складом від відливка. Заварювання супроводжується місцевим розігрівом відливків; такий розігрів може викликати появу термічних напружень і тріщин. Для усунення напружень відливки після заварювання піддають повторному відпалу.

Дефекти оброблених сталевих відливків виправляють паянням. Зварювання в цьому випадку застосовувати не можна через перекручування розмірів і зміни твердості. Для паяння застосовують тверді припої Cu-Ni (950 °С), Cu-Ag (648—567 °С) і ін.

Просочення є основним способом виправлення пористих відливків. Сутність способу полягає в заповненні пор і порожнистостей матеріалами, що твердіють, стійкими до впливу агресивних середовищ при кімнатній і підвищеній температурах. У практиці вітчизняних заводів для просочення широко використовують бакелітовий і асфальтовий лаки, стирол і полістирол, рідке скло і етилсилікат. Операцію просочення здійснюють у спеціальних баках при температурі 150—200 °С під тиском 5—6 ат. Перед просоченням відливки очищають від олії промиванням у тетрахлориді вуглецю і піддають вакуумуванню.

Тривалість витримки відливків під просоченням визначається товщиною стінок, величиною пор і властивостями просочувального матеріалу. Вона коливається в межах 0,5—1,5 год. Для твердіння матеріалу просочення відливка нагрівають до 125—175° С і витримують протягом 3—5 год.

Для закладення раковин у чавунних відливках іноді застосовують андезитову або кам'яну пасту, що складається з кремнефтористого натрію (~3 %) і андезитового або діабазового борошна (97 %). Суха суміш замішується на рідкому склі до пастоподібного стану. Паста швидко густіє і твердіє. Тривалість сушіння —20 год.

Після виправлення дефектів відливки знову піддають контролю. Перед здачею на склад чавунні відливки піддають ґрунтовці (фарбуванню); відливки з магнієвих сплавів проходять спеціальну хімічну обробку для одержання захисної оксидної плівки.

Термічна обробка відливків. Термічна обробка призначається для зняття внутрішніх напружень і поліпшення структури і властивостей відливків. У залежності від температури, швидкості охолодження і тривалості витримки використовують такі види термічної обробки відливків: відпал, нормалізацію, гартування, відпуск. Вибір виду обробки або їх комбінації визначається природою сплаву, вимогами технічних умов до властивостей відливків і можливостями кожного з зазначених методів термообробки.

Відпал проводиться для зняття внутрішніх напружень, збільшення пластичності і зміни структури шляхом коагуляції вторинних фаз, що випадають з пересиченого твердого розчину. Сутність процесу полягає в нагріванні відливків до певної температури, витримці при цій температурі до повного прогріву відливків по товщині і наступному повільному охолодженні разом з піччю.

Нормалізація відрізняється від відпалу більш високою температурою нагрівання і більшою швидкістю охолодження; відливки охолоджують не в печі, а на повітрі. Цей вид термічної обробки широко застосовують для подрібнення структури і підвищення міцності і твердості сталевих відливків. Можливість застосування нормалізації для великих і складних відливків обмежується появою залишкових термічних напружень. Тому в ряді випадків для зняття напружень після нормалізації роблять відпуск.

Гартування проводиться для фіксації пересиченого твердого розчину з метою зміни структури і властивостей відливків.

У більшості ж випадків загартування відливків здійснюється з наступним відпуском, що дозволяє одержувати високі властивості, усувати напруження і знижувати зайву крихкість і твердість. Для загартування відливки нагрівають на 40—50 °С вище температури фазових перетворень, витримують їх при цій температурі, а потім швидко охолоджують у воді, олії або іншій рідині.

Відпуском називають процес тривалої витримки відливків при кімнатній (природне старіння) або підвищеній (штучне старіння) температурі. Як самостійний процес використовується

для зняття внутрішніх термічних напружень. В основному відпуску піддають відливки після нормалізації або загартування. У цьому випадку відпуск сприяє підвищенню механічних властивостей відливків.

Практична частина

Користуючись виготовленими на попередніх заняттях відливками, скласти звіт про види браку, можливі причини його виникнення, способи попередження. Виберіть спосіб виправлення даного виду браку й обґрунтуйте його.

Визначити зернистість відливків, виготовлених ручним формуванням, литтям під тиском і литтям у кокіль, описати переваги і недоліки відливків, отриманих різними способами.

Контрольні питання

- 1 Призначення термічної обробки відливків.
- 2 Які способи ТО відливків ви знаєте? Їх сутність.
- 3 Перелічіть основні види браку відливків.
- 4 Причини виникнення дефектів лиття.
- 5 Які методи застосовуються для контролю якості відливків?
- 6 Способи виправлення дефектів відливків.
- 7 Чим відрізняється виправлення дефектів чавунного лиття від сталевого?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Литейное производство [Текст] / под ред. И. Б. Куманина. – М. : Машиностроение, 1971. – С. 320.
- 2 Специальные способы литья [Текст] : справочник / под общ. ред. В. А. Ефимова. – М. : Машиностроение, 1991. – 436 с.
- 3 Литье под давлением [Текст] / М. Б. Беккер, М. Л. Заславский, Ю. Ф. Игнатенко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 4 Матюхов, В. Г. Техника безопасности в литейном производстве [Текст] / В. Г. Матюхов. – М. : Высш. шк., 1980. – 94 с.
- 5 Технология конструкционных материалов [Текст] / под ред. Г. А. Прейса. – К. : Вища шк., 1984. – 359 с.
- 6 Болдин, А. Н. Экология литейного производства. Борьба с шумом в литейных цехах [Текст] / А. Н. Болдин, А. Н. Поддубный, Л. М. Романов. – М. : МИСиС, 1999. – 123 с.
- 7 Экология литейного производства [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. А. Н. Болдина, С. С. Жуковского, А. Н. Поддубного, С. С. Яковлева, В. Л. Крохоткина. — Брянск : Изд-во БГТУ, 2001. — 315 с.
- 8 Граблев, А. Н. Машины и технология литейного производства. Введение в специальность [Текст] : учеб. пособие. / А. Н. Граблев, А. Н. Болдин. – М. : МГИУ, 2010. – 228 с.
- 9 Мамина, Л. И. Формовочные материалы [Текст] : учеб. пособие / Л. И. Мамина, Б. А. Кулаков. – М. : Изд-во «Проспект», 2015. – 297 с.
- 10 Марукович, Е. И. Литейные сплавы и технологии [Текст] / Е. И. Марукович, М. И. Карпенко. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 442 с.
- 11 Проектирование литейных цехов. Машины литейного производства [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Болдин, Е. А. Резчиков, А. Н. Граблев, Е. А. Осипов. – М. : МГИУ, 2010. – 435 с.

