

МАШИНОБУДІВНИЙ КОЛЕДЖ  
ДОНБАСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ АКАДЕМІЇ  
Циклова комісія технічних спеціальностей

# **ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**ЧАСТИНА 1**

для студентів денної та заочної форми навчання

спеціальність «Металургія» («Ливарне виробництво чорних і кольорових металів  
і сплавів»)

2017

Конспект лекцій з дисципліни «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів». Для студентів Машинобудівного коледжу ДДМА за напрямом підготовки 050402 Ливарне виробництво, спеціальністю 5.05040201 Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів (136 Металургія).

Розробник:

Штирова О.Р., спеціаліст вищої категорії Машинобудівного коледжу ДДМА

Розглянуто та схвалено на засіданні циклової комісії технічних спеціальностей

Протокол від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_

Голова циклової комісії \_\_\_\_\_ М.М.Пасько

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017року

## Лекція 1

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛИВАРНІ ФОРМИ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИЛУЧЕННЯ ВИЛИВОК

Виливок виходить в результаті заповнення порожнини ливарної форми розплавленим металом, (розплавом), охолодження його у формі і затвердіння. Мо д е л ь - це пристосування для отримання у формі відбитку, відповідного конфігурації відливання. Залитий у форму розплав при охолодженні і затвердінні зменшується в об'ємі. Це явище називають усадкою. У місцях, де відливання оброблятиметься різанням, необхідно мати припуск на обробку, тобто шар металу, що видаляється при обробці. Отже, для отримання відливання із заданими розмірами потрібна модель більших розмірів, ніж відливання, на величину усадки і припусків на обробку.

Моделі виготовляють з дерева, металу, гіпсу, пластмас і інших матеріалів. Модель втулки складається з двох половин, які взаємно центруються за допомогою шпильок і кубел.

Отвір виливки оформляється стрижнем . Стрижень це частина ливарної форми. Його виготовляють із стрижневої суміші, ущільнюваної в ящику . Після витягання з ящика стрижень піддають сушці для додання йому міцності. При збірці ливарної форми сухий стрижень встановлюють стержневими знаками у відповідні кубла форми, одержані за допомогою знаків моделі . Довжина стрижня більше довжини порожнини відливання на величину знаків.

При заливці розплав поступає в порожнину форми по спеціальних каналах. Систему каналів, що підводять розплав у форму, називають ливниковою системою. Ливникова система складається із стояка (вертикального каналу), шлакоуловителя і живильника , через який розплав поступає у форму. До ливникової системи відноситься також випор . Випор служить для виходу з форми повітря, газів і для контролю заповнення форми.

Після затвердіння і охолодження металу форму руйнують, відливання звільняють від формувальної суміші, вибивають стрижень, відрізають літники, а поверхню відливання очищають від формувальної суміші.

Описану вище ливарну форму називають разовою, оскільки її використовують одноразово. Разові ливарні форми виготовляють з формувальних сумішей , основною складовою яких є кварцовий пісок. Як зв'язуючу добавку, що додає міцність суміші, використовують глину. Міцність таких сумішей відносно

невисока, а тиск розплаву на стінки форми достатньо великий, тому форми з піщано-глинистих сумішей доводиться робити товстостінними. Проте, якщо як зв'язуючим використовувати матеріали, що додають високу міцність формувальної суміші, то разову ливарну форму можна зробити й тонкостінною. Це дозволяє різко скоротити витрату формувальної суміші, а також, завдяки її особливим властивостям, підвищити точність і зменшити шорсткість поверхні відливань.

У разових товстостінних формах з піщано-глинистих сумішей можна одержувати відливання складної конфігурації масою від декількох грамів до десятків тонн з різних сплавів в умовах як одиничного, так і серійного і масового виробництва. Це пояснюється відносною простотою технологічного процесу, низькою вартістю використовуваних матеріалів, достатньою точністю відливань, хорошою поверхнею, можливостями механізації і автоматизації процесу їх виготовлення.

У ливарному виробництві застосовують також форми, що виготовляються з високовогнетривких мас, наприклад, на основі графіту. У них Можна одержувати до декількох десятків відливань без істотного зносу форми. Такі форми називають полупостійними. Їх застосовують в дрібносерійному виробництві відливань з чавуну, кольорових сплавів (алюмінієвих, магнієвих, мідних). Для масового виробництва стійкість цих форм недостатня, а для одиничного виробництва висока вартість їх виготовлення.

Широке застосування знаходять металеві форми, часто звані постійними. У цих формах можна одержувати від декількох десятків до декількох тисяч відливань із сталі, чавуну і кольорових сплавів. Відливання можуть бути складній конфігурації і масою в декілька тонн. Найчастіше в металевих формах виготовляють відливання малої і середньої (до декількох десятків кілограм) маси з легких кольорових сплавів, чавуну, мідних сплавів.

Відливання, одержані в кокілях, мають чисту поверхню і підвищену точність розмірів. Застосування кокілів дозволяє виключити формувальну суміш, поліпшити умови праці, механізувати і автоматизувати виробництво. Проте вартість кокілів висока, тому їх застосовують у великосерійному і масовому виробництві.

У ливарному виробництві найбільш ширше поширене отримання відливань в разових формах. Технологічний процес складається з різних процесів .

Виготовлення вилівка починають з підготовки модельного комплекта який складається : моделей або модельних плит, стрижньових ящиків, опок,

сушильних плит, шаблонів для перевірки розмірів ми і стрижнів, кондукторів і шаблонів для контролю правильності установки стрижнів у формі.

Модельний комплект виготовляють в модельному цеху. Не менш важливою ланкою технологічного ланцюга є підготовка матеріалів для виготовлення ливарної форми. Формувальними матеріалами називають матеріали, вживані для виготовлення разових і полу постійних форм. Це піски, зв'язуючі і спеціальні добавки. Початкові формувальні матеріали зберігають в коробах і бункерах. Під час вступу цих матеріалів на склад обов'язково перевіряють відповідність їх якості сертифікату. Якість формувальних матеріалів контролюють в лабораторіях.

Формувальні матеріали поступають в сумішеутворювальні відділення, де в змішувачах готують формувальні і стрижньові суміші, контролюють їх якість і транспортують у формувальні і стержневі відділення ливарного цеху.

Процес виготовлення ливарних форм називають формуванням. У ливарному виробництві застосовують ручне, машинне і автоматичне формування. Ручне формування використовують в одиничному і дрібносерійному виробництві; машинне - в серійному і великосерійному; автоматичне - у великосерійному і масовому.

Стрижні виготовляють в стержневих ящиках або за допомогою шаблонів. Готові стрижні сушать в спеціальних печах (сушилах) для збільшення їх міцності, газопроникності, зменшень газотворної здатності. Перед установкою у форму стрижні покривають протипригарними покриттям, що складаються з вогні наполегливих матеріалів: графіту, пилоподібного кварцу, циркону обезжелезненного і ін., що необхідне для усунення пригару формувальної суміші до поверхні відливання. З цією ж метою перед збіркою сирі форми припорошують (графітом, тальком, деревним вугіллям і ін.) або офарблюють, а при формуванні по -сухому фарбують протипригарними покриттям і сушать. Якщо вилівок має порожнину, то у форму перед збіркою встановлюють стержень. Потім форму збирають, скріпляють напівформи скобами або болтами і подають на заливку.

Як початкові матеріали для отримання рідкого чавуну і стали, застосовують чушкові ливарні і передільні чавуни, чавунний і сталевий лом, брикетировану стружку, феросплави, паливо і флюси. Ці матеріали називають шихтовими.

Їх зберігають на шихтовому дворі, де також готують початкові матеріали до плавки: сортують, дроблять до необхідних розмірів, шихтують - зважують окремі порції різних матеріалів відповідно до розрахунку для отримання

заданого хімічного складу металу. Підготовлену шихту спеціальними транспортними засобами подають в плавильне відділення для приготування рідкого металу у плавильних печах.

Плавильними печами називають агрегати призначені для розплавлення і перегріву чорних і кольорових металів і сплавів заданого хімічного складу. Для плавки чавуну застосовують шахтні печі - в ограновуванні, електропечі і полум'яні печі; для плавки стали - електропечі, мартенівські печі; для кольорових сплавів - електропечі і полум'яні печі.

Розплавлений метал (розплав ) повинен бути перегрітий в печі до певної температури щоб він добре заповнював ливарну форму. Після розплавлення, доведення по хімічному складу і перегріву розплав з печі зливають в розливні ковши і транспортують на ділянку заливки форм. Розплав залитий у форму, віддаючи теплоту останньої, охолоджується і твердне.

Після охолодження відливань форми руйнують (вибивають) і відливання витягують з них. Вибивку форм виконують тільки після охолодження відливань до певної температури, оскільки при високих температурах сплави недостатньо міцні і відливання може руйнуватися. Для вибивки форм служать спеціальні установки, розташовані у відділенні або на ділянці вибивки.

Відливання мають ливники, випари, іноді заусенці і затоки металу, їх поверхня може бути забрудненою формувальною сумішшю, що пригоріла. У відділенні очищення і обрубки виливків спеціальним інструментом відрізують або відбивають ливники, випори, заусенці, на дробеструйних і дробеметних установках, в гідравлічних, піскогідравлічних і очисних барабанах очищає поверхню відливань.

Після цього виливки поступають у відділ технічного контролю (ОТК). Тут контролюють відливання: перевіряють їх розміри і герметичність, наявність внутрішніх і зовнішніх дефектів (усадкових раковин, газових раковин, тріщин і ін. ), механічні властивості і структуру металу. Відливання, що мають незначні дефекти виправляють різними способами: газовою і дуговою зваркою, просоченням різними смолами, нанесенням мастики і ін.

Для отримання вимагаються структури і механічних властивостей, зниження внутрішніх напружень відливання часто піддають термічної обробки - нагріву і охолодженню по строго заданих режимах (по часів температури) в термічних печах. Цю операцію виконують в термічному відділенні ливарного цеху. Після цього відливання знов піддають очищенню і контролю.

Відливання, прийняті ОТК ливарного, відправляють на склад, а звідти на обробку різанням. Деякі відливання перед відправкою на склад офарблюють щоб запобігти корозії. При обробки різанням відливанням вдається остаточна геометрична форма, що вимагаються точність і шорсткість поверхні, передбачені кресленням і технічними умовами на дану деталь. Це найбільш трудомісткий процес в машинобудуванні, оскільки витрати на обробку різанням складають 40-60% всіх витрат на виготовлення машини. Отже, необхідно прагнути одержувати виливки з мінімальними припусками на обробку різанням або такими точними і чистими, щоб не потрібна обробка різанням .

## Лекція № 2

Дерев'яні модельні комплекти, властивості і сушка деревесини.

Для виготовлення виливків застосовують велику кількість різних пристосувань, які називають ливарной оснасткой. Частина оснащення, яка включає всі пристосування, необхідні для отримання у формі відбитку моделі виливка, називають модельним комплектом.

Модельний комплект складається з моделей виливка і елементів ливникової системи; стержневих ящиків; модельних плит для установки і кріплення моделей виливка і ливникової системи; сушильних плит, пристосувань для доведення і контролю форм і стрижнів.

При формуванні окрім модельного комплекту використовують опоки і різні пристосування - наповнювальні рамки, плити, штирі, якби, шаблони і т.д. Тому разом з поняттям «модельний комплект» існує поняття «формувальне оснащення», тобто повний комплект оснащення, необхідний для отримання разової форми.

Модельні комплекти виготовляють робітники-модельники, як правило, високої кваліфікації.

Модельний комплект повинен задовольняти наступним основним вимогам: забезпечувати отримання відливання певної геометричної форми і розмірів; володіти високою міцністю і довговічністю, тобто забезпечувати виготовлення необхідного числа форм і стрижнів; бути технологічним у виготовленні; мати мінімальну масу і бути зручним в експлуатації, мати мінімальну вартість з урахуванням вартості ремонту; зберігати точність розмірів, міцність протягом певного часу експлуатації.

Що вимагаються точність, міцність і довговічність модельного комплекту залежать від умов виробництва - одиничної, серійної, масової. У одиничному і дрібносерійному виробництві частіше всього використовують дерев'яні модельні комплекти; у масовому і великосерійному - металеві модельні комплекти, які, хоча і дорожче, але значно довговічніше за дерев'яних.

У серійному виробництві у багатьох випадках застосовують моделі з пластмас, наприклад, епоксидних смол, а також іноді з гіпсу і цементу.

Властивості деревини. Деревина як модельний матеріал має позитивні властивості: малу густину, хорошу оброблювану, здібність до склеювання, утриманню лака і фарб низьку вартість. Проте у деревини неоднорідна будова,



він здатна поглинати і випаровувати вологу; при цьому змінюються її об'єм і механічні властивості, вона коробиться. Такі недоліки деревини можна частково усунути вибором відповідних порід дерева режимом сушки і обробкою при виготовленні моделей.

Породи дерева, вживані в модельному виробництві. Залежно від призначення і терміну служби моделі виготовляють з різних порід дерева: м'яких, невеликої і середньої твердості, твердих.

Л і п а - м'яке дерево, легко обробляється, володіє низькою міцністю і великою гігроскопічністю - легко поглинає вологу, має велике усихання. Застосовують для виготовлення дрібних і середніх моделей.

О л ь х а - порівняльне м'яке дерево, легко обробляється, має невелике усихання і викривлення. Застосовують для виготовлення промоделей (моделей для виготовлення металевих моделей); дрібних і середніх моделей, стрижньових ящиків, а також моделей з тонкими стінками і ребрами.

Сосна добре обробляється, володіє невеликим усиханням і незначним викривленням. Застосовують для середніх і крупних моделей будь-якої складності, стрижньових ящиків, шаблонів і т.д.

Є л ь важко обробляється, поверхня моделі з ялини після обробки виходить шорсткою, особливо в частині торця, сильно коробиться. Застосовують для виготовлення крупних або невідповідальних моделей і стрижньових ящиків.

Береза добре обробляється на токарному верстаті, сильно коробиться, має велике усихання, гігроскопічна, порівняно сильно гниє. Поверхня моделі з берези після обробки виходить дуже гладкою. Застосовують для виготовлення дрібних частин моделей, що мають форму тіл обертання (стрижньових знаків, бобишек і ін.), а іноді для облицьовування середніх і крупних моделей.

Клен важко обробляється, має високу твердість, невелике усихання і незначне викривлення. Поверхня моделі з клена після обробки різанням виходить чистою і гладкою. Застосовують для виготовлення дрібних відповідальних моделей і промоделей в одиничному і серійному виробництві, а також для облицьовування відповідальних частин крупних і середніх моделей.

Д у б важко обробляється, має високу твердість; застосовують для виготовлення модельного і формувального інструменту, окремих зміцнюючих частин моделей.

Ф а н е р а березова, вільхова або бук 1-го сорту добре обробляється, трохи коробиться, має чисту і гладку поверхню. Застосовують для виготовлення плоских тонкостінних моделей, модельних плит, рамок і інших частин моделей.

Згідно стандарту, пиломатеріали ділять на дошки, якщо ширина перевищує подвійну товщину; бруски якщо ширина не більш подвійної товщини; бруси, якщо товщина і ширина більше 100 мм.

**Сушка деревини.** Для запобігання викривленню дерев'яні моделі і стрижньові ящики виготовляють з висушеної деревини. Пиломатеріали( дошки, бруси) піддають сушці - спочатку природної, потім штучної в спеціальних сушилах.

При природному сушінні пиломатеріали укладають в штабелю під навісами на дерев'яні або бетонні фундаменти. Процес сушки деревини триває для м'яких порід дерева до двох років, для твердих - до чотирьох років і більш.

Іскусственне сушіння пиломатеріалів здійснюється повітрям в сушилах. Щоб усунути викривлення пиломатеріалів при сушці, їх заздалегідь пропарюють вологою парою. М'які породи деревини сушать при 40-750 З протягом 5-8 днів, а твердые- при 35-55 0 З протягом 8-16 днів.

Вогкість деревини, використовуваної для моделей, не повинна перевищувати 8-12 %.

## Класифікація дерев'яних моделей (самостійна робота)

Дерев'яні модельні комплекти класифікують: по роду сплаву, для якого він призначений, по конструкції, способу формування, складності, міцності і точності виготовлення.

По конструкції моделі можуть бути роз'ємні і нероз'ємними, порожнисті і цільні (масивні). Дрібні моделі роблять цільними, а крупні - порожнистими, що полегшує модель, зменшує витрату матеріалу і знижує вартість моделі.

Моделі для машинного формування повинні мати плоский роз'єм, мінімальне число відокремлених частин. В цьому випадку отвори, порожнини і поглиблення у відливанні виконують стрижнями. Моделі для ручного формування можуть мати відокремлені частини, криволінійний роз'єм. Моделі для машинного формування придатні і для ручної, моделі для ручного формування не завжди придатні для машинної.

Моделі розділяють на прості, середньої складності, складні, дуже складні. Прості - це невеликі нероз'ємні або з плоским роз'ємом моделі без відокремлених частин. До моделей середньої складності відносять моделі з криволінійними поверхнями і невеликим числом стрижнів, до складних і дуже складних - крупні моделі з криволінійними поверхнями для тонкостінних відливань з великим числом стрижнів.

Дерев'яні моделі і стрижньові ящики ділять по п р про ч про з т і на три класи (див. мал. 12).

По 1-му класу міцності роблять відповідальні моделі і стрижньові ящики з підвищеною точністю, а також моделі для серійного виробництва. Моделі виготовляють з буку, клена, дуба і інших твердих порід дерева, а також сосни (не нижче за 2-й сорт). Тонкі частини моделі виготовляють з алюмінію, фанери буку і березової. Відокремлені частини в моделях для ручного формування кріплять на металевих шпильках (шпонках) типу ластівчина хвоста. Поверхні моделі ретельно обробляють і покривають послідовно не менше 3 разів модельним лаком.

По 2-му класу міцності роблять моделі для дрібносерійного виробництва і моделі складних одиничних відливань. Моделі виготовляють з сосни, липи і інших порід дерева 1 і 2-го сорту. Стрижньові ящики виконують роз'ємними. Тонкостінні моделі виготовляють з модельними плитами. Поверхню моделі ретельно обробляють і покривають 2 рази лаком.

По 3-му класу міцності роблять моделі для ручного формування одиничних відливань, а також скелетні моделі і шаблони. Моделі виготовляють з ялини, сосни, липи і інших порід дерева не ні 3-го сорту. Окремі частини моделі сполучають клеєм або цвяхам.

Мінімальне число знімань форм складає з моделі 1-го класу 150, 2-го - 30, 3-го - 8.

По точності дерев'яні моделі ділять на три класи: I, II, III.

Точність обумовлюється величиною відхилення розмірів моделі від вказаних на кресленні. Відхилення можуть бути у бік збільшення розміру - верхні відхилення (+), або зменшення нижні відхилення (-). Одержати і зберегти високу точно дерев'яних моделей важче, ніж металевих, оскільки деревина вбирає вологу, набухає, а потім також легко висихає. Точність дерев'яних моделей залежить від їх конструкції і міцності. Міцна модель краще зберігає точність. Тому, наприклад, моделі 1 класу точності повинні бути виготовлені по 1-му класу міцності і т.д.

У серійному виробництві роблять одночасно два-три модельні комплекти (д у б л е р а), які поперемінно знаходяться в роботі і в ремонті. Ці комплекти повинні бути взаємозамінні, тобто стрижньові ящики від одного комплекту повинні підходити до моделі іншого, і навпаки. Взаємозамінність можлива тільки при виготовленні модельних комплектів з відхиленнями в межах допусків для даного класу точності, встановлюваних ГОСТом.

## Лекція №3

### Конструювання дерев'яних моделей

По конструкції і розмірам модель відрізняється від одержуваного по ній вилівка і готової деталі. Залежно від конструкції і способу виготовлення форми модель може бути цільною і роз'ємною або складатися з декількох частин.

Для отримання у формі відбитків знакових частин стрижнів, якими стрижень кріпиться у формі, модель має знакі- виступаючі частини. Розміри і конструкція знаків на моделі відповідають знаковим частинам стрижня. Щоб при витяганні моделі форма не руйнувалася, вертикальні стінки моделі роблять з у до л про н а м і. З такими ж ухилами виконують і стінки стрижньових ящиків. Ухили бувають конструктивні і формувальні.

Конструктивними - називають передбачені при конструюванні деталі ухили, що полегшують витягання моделі з форми і стрижнів з ящиків. При цьому розміри відливаних відповідають вказаним на кресленні.

Формувальними називають ухили, які указує технолог -ливарщик на робочих кресленнях деталей у разі відсутності конструктивних ухилів. Формувальні ухили змінюють креслення розміри відливання. Звичайно ухили на дерев'яних моделях складають 1-30.

Сполучення стінок у відливаннях повинне бути плавним, кути не повинні бути гострими. Скруглення внутрішніх кутів поверхонь відливання називають г а л т е л ь ю, а зовнішніх - закругленням. Галтелі і закруглення полегшують витягання моделі з форми, запобігають появі тріщин і усадкових раковин у відливанні. Радіус галтелі необхідно приймати від 1/5 до 1/3 середньої арифметичної товщини двох стінок, утворюючих кут моделі. Наприклад при товщині однієї стінки  $a = 24$  мм і інший  $b = 18$  мм

$$r = [(a + b)/2] (1/3) = [(24 + 18)/2] (1/3) = 7 \text{ мм.}$$

При виготовленні моделей 1-го класу міцності галтелі вирізують в тілі моделі. На моделі 2-го класу міцності галтелі наклеюють; на моделях 3-го класу міцності галтелі виконують з мастики.

При затвердінні і охолодженні виливків у формі відбувається зменшення об'єму металу, яке називають усадкою. Зміна лінійних розмірів вилівка, викликана усадкою, називають л і н і й н о й у с а д к о ю. Для отримання вилівка із заданими розмірами її модель повинна бути більше вилівки на величину усадки. Усадка вилівка залежить від багатьох чинників: хімічного

складу сплаву, умов плавки, конструкцій виливка і форми, властивостей формувальної суміші і т.д. При призначенні і виконанні розмірів моделі враховують лінійну усадку сплаву, яку визначають по таблицях, складених на основі досвідчених і практичних даних .

Виливок відповідає розмірам креслення в тих випадках, коли при виготовленні моделі правильно враховується лінійна усадка сплаву. З цією метою при виготовленні дерев'яних моделей використовують модельні усадкові метри (лінійки), які більше нормального метра на величину усадки відповідного сплаву.

На оброблюваних поверхнях виливка і відповідно моделі повинен бути п р и п у с к на обробку. Припуском на обробку різанням називають шар металу, який видаляють з поверхонь відливання в процесі обробки для отримання розмірів і шорсткості поверхонь, відповідних кресленню деталі. Припуски призначають на всі оброблювані поверхні відливання. Величина припуску залежить від матеріалу відливання, її розмірів, характеру виробництва (масове, серійне, одиничне), способу формування, складності відливання, положення оброблюваної поверхні при формування і заливки.

Припуски на обробку різанням відливань приймають при ручному формуванні завжди більше, ніж при машинній. Найбільші припуски передбачають для поверхонь виливків, розташованих у верхній частині форми, оскільки вони бувають засмічені неметалічними включеннями - піщинками, частинками шлаку, газовими міхурами, спливаючими в рідкому металі. Величина припуску регламентується ГОСТами або нормами (див. табл. 27-29).

Дерев'яні моделі і стержневі ящики виконують по робочих кресленнях деталі, на яких технолог-ливарник позначає відповідно до ГОСТів на кресленні елементів ливарної форми і виливка ухили, місця припусків на обробку різанням, контури стержневих знаків моделі, встановлює їх розміри, форму і номер стержнів. Поверхню роз'єму форми на кресленні указують стрілками з написами В (верх) і Н (низ). Креслення деталі, таким чином, перетворюється на креслення елементів ливарної форми. На мал. 10, а приведений приклад нанесення на креслення деталі технологічно вказівці для виготовлення модельного комплекту. Відповідно до технологічних вказівок модельник викреслює модель на дерев'яному щитку, склеєному з дощок, або на фанері, а іноді гострою рисувалкою на алюмінієвому листі . На цьому кресленні він викреслює модель і її перетини у натуральну величину по усадковому метру без розмірів і штрихових ліній указує припуски на обробку різанням, знакові

частини стрижня, формувальні ухили, положення поверхні роз'єму форми. По кресленню моделі він визначає величину заготівки, розмічає виготовляє шаблони, контролює розміри моделей, стрижньових ящиків в період їх виготовлення і при прийманні ОТК цеху.

На щитку викреслюють тільки ті проекції, розрізи і перетини, по яких визначають - розміри заготовок і контури шаблонів 1, 2 (див. мал. 10). Звичайно для виготовлення дерев'яних моделей не роблять спеціальних креслень, що зображають їх конструкцію, лише в окремих випадках на кресленні деталі з технологічними вказівками технолог-ливарник робить ескізи найскладніших вузлів моделі, указує матеріали і способи з'єднання заготовок. Модельник сам конструює дерев'яну модель, продумує технологію її виготовлення, намічає заготівки для частин моделі і спосіб їх з'єднання. При цьому він повинен виготовити модель заданої міцності і точності при мінімальних затратах-труда і матеріалу. Це досягається використанням для виготовлення моделей відповідних їх класу міцності матеріалів, способів з'єднання частин, їх конструкцій, передбачених діючими Гостами.

**Способи з'єднання модельних заготовок.** Звичайно моделі роблять не з цілого шматка деревини, а з окремих частин, що додає моделям міцність, здатність протистояти викривленню. Основними видами з'єднання заготовок є об'єднання і в'язка.

Об'єднання – з'єднання окремих частин пиломатеріалів по ширині або товщині для отримання щитів, брусків.

З'язка - з'єднання дощок і брусків, розташованих під кутом, урізуванням один в одного. Від того, яка виконана в'язка окремих частин моделі, багато в чому залежать її точність і міцність.

Для зниження трудомісткості виготовлення моделей, підвищення їх надійності в модельному виробництві використовують ряд нормалізованих заготовок і вузлів моделей. Застосування таких нормалізованих заготовок і вузлів дозволяє підвищити якість моделей і ефективність праці модельників; менш кваліфіковані робочі модельники готують і збирають окремі нормалізовані вузли, а висококваліфіковані виконують складні операції.

Заготівки для різних елементів модельного комплексу ділять на дві групи: прямокутні (щити, коробки) і тіла обертання - суцільні циліндрові і кільцеві, барабани, бочкоподібні. Розміри елементів заготовок регламентуються стандартами, що забезпечує їх високу надійність економічність.

Конструкція елементів моделі і спосіб їх в'язки залежать від класів міцності і точності, по яких повинна бути виконана, модель . При виготовленні моделей по 1-му класу міцності циліндрові моделі набирають з косяків в декілька переклеєв, таким же способом виконують плоскі елементи моделей. Це додає моделям високу міцність і жорсткість. При виготовленні моделей по 2-му класу міцності конструкція моделі і спосіб в'язки спрощуються. Ще простіше виконують в'язку моделей 3-го класу міцності.

По різному виконують і конструкції галтелей .Для прямолінійних нероз'ємних кутів моделей 1-2-го класів міцності галтелі виготовляють вклеюючою елементів, одержаних на фрезерних верстатах . У інших випадках можна виконувати галтелі фрезеруванням в тілі моделі. У моделях всіх класів при радіусі галтелей менше 10 мм допускається виконання їх підмазуванням, шпаклівкою .

Відокремлені частини 1 на моделях виконують на ласточкином хвості, На дерев'яних штифтах або шпильках, найнадійніше з'єднання у вигляді ластівчина хвоста.

Великий вплив на точність відливань надає точну фіксацію половин роз'ємних відокремлені частини, що входять в один комплект, повинні мати загальний номер по кресленню. На моделі указують кількість стержневих ящиків і відокремлених частин до неї.

Після фарбування і маркирування модельний комплект направляють в ливарний цех або на склад моделей для зберігання. Дерев'яні модельні комплекти необхідно зберігати в сухому приміщенні з постійною вогкістю і температурою; дрібні моделі і стрижневі ящики – по комплектно на полицях і стелажах.



## Лекція №4

### МЕТАЛЕВІ МОДЕЛЬНІ КОМПЛЕКТИ, ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ. ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Металеві моделі і стержневі ящики застосовують в масовому великосерійному виробництві. Металеві модельні комплекти в порівнянні з дерев'яними більш довговічні, точні, мають гладку поверхню, не деформуються при зберіганні. Їх використовують для машинного і автоматичного формування, тому конструкція моделей і стрижньових ящиків пов'язана з конструкцією формувальних і стрижньових машин.

Е л е м е н т а м и металевого модельного комплекту є модельна плита з моделью і стержневі ящики, сушильні плити, кондуктори для зачистки і збірки стрижнів і т.д.

Металеві модельні плити роблять складовими і суцільнолитими. У першому випадку модель виготовляють окремо і потім вмонтовують на плиті; у другому випадку модель і плиту виготовляють разом як одне ціле. Звичайно на плитах разом з моделями відливань закріплюють моделі елементів ливникової системи - живильників, шлакоуловлювачей і т. д., що усуває ручні операції при формуванні.

Проектування металевих моделей. Початковим документом при проектуванні металевого модельного комплекту є креслення відливання, виконане відповідно до ГОСТ 2.423-73. По цьому кресленню розробляють креслення елементів металевого модельного комплекту: модельних плит, моделей, стрижньових ящиків і т.д. При розробці креслень модельного комплекту перераховують розміри деталі з урахуванням усадки сплаву і на робочих кресленнях моделей, стрижньових ящиків проставляють розміри, що вже враховують усадку. Так поступають тому, що деталі металевих моделей обробляють на металоріжучих верстатах, і користування усадковим метром у випадку утрудняє роботу модельника. При розробці креслень металевого модельного комплекту - модельних плит, моделей, стрижньових ящиків, складальних кондукторів - широко використовують нормалі і стандарти, в яких регламентовані конструкції елементів оснащення, їх розміри, матеріал, точність виконання, шорсткість поверхні і т.д.

Матеріали. Металеві модельні комплекти і моделі виготовляють з алюмінієвих сплавів АЛ3В, АЛ7В, АЛ9В, чавуну, стали. Крупні моделі і стрижньові ящики,

виступаючі частини яких можуть працювати на вигин, рекомендується виготовляти із сплаву АЛ7В. Для невеликих моделей і стрижньових ящиків, а також модельних плит застосовують чавун марок СЧ 15, СЧ 20, СЧ 25. Моделі з чавуну володіють високою міцністю, добре обробляються, але мають велику масу, схильні до корозії.

Металеві моделі, стрижньові ящики, модельні і сушильні плити рекомендується робити тонкостінними, підсилюючи їх ребрами жорсткості. Товщину стінок моделей і стрижньових ящиків призначають по ГОСТ **19370-74**.

Товщин а р е б е р жорсткості складає 0,7-0,8 товщина стінок моделі або ящика, товщина бортів - 1,25-1,3 товщина стінок. Товщину стінок стержневих ящиків для піскодувних машин і моделей для формування пресуванням під високим тиском необхідно збільшувати на 30-35 %. Відстань між ребрами жорсткості повинна бути не більш 300 мм. Ребра і стінки моделей і ящиків повинні мати формувальні ухили в межах 10-1030'. Точність розмірів і шорсткість поверхні металевих моделей і стрижньових ящиків регламентуються ГОСТ 2789-73. Шорсткість поверхні моделей 1-11 класів точності звичайно відповідає Ra 1,25-2,5 мкм (ГОСТ 2789-73).

Знакові частини на моделях можна виконувати у згоді з корпусом моделі або окремо, коли розташування знаку на моделі утрудняє її обробку. Розміри знакових частин металевих моделей повинні бути виконані відповідно до ГОСТ 3606-80.

Від'ємні частини на моделі виконують на ласточкином хвості. Моделі елементів ливникової системи - живильників, шлакоуловлювачів, живлячих бобишек - звичайно виконують суцільними і кріплять на модельній плиті гвинтами з потайною головкою. Стояки і ливникові чаші у формах виготовляють за допомогою моделей стояків з пружинною чашею або так, що модель стояка закріплюється на модельній плиті, а модель чаші, що має отвір, на пресовій плиті.

Перший варіант конструкції чаші застосовують для виготовлення дрібних форм. Металеві модельні плити. За призначенням їх ділять на плити для опочної формування і для виготовлення оболонкових напівформ. Конструкція плити залежить від типу машини, на якій виготовляють напівформу, конфігурації відливань і виду форми. Найчастіше застосовують односторонні плити, на яких моделі розташовують тільки на одній стороні.

П л і т и д л я машинного формування повинні мати високу жорсткість і міцність, що забезпечується застосуванням відповідних матеріалів (чавуну і

стали) і ребрами в їх конструкції . Для точної фіксації опоки на модельній плиті є центруючий і направляючий штирі.

Виготовлення і монтаж металевих моделей. Заготівки металевих моделей, стрижньових ящиків і плит одержують литвом в піщані форми по дерев'яних моделях, які називають промоделями, тобто моделі для виготовлення моделей. Промоделі виготовляють з припуськами на обробку різанням або на ручну обробку для отримання металевої моделі. При визначенні розмірів дерев'яної промоделі враховують сумарну усадку сплаву моделі і сплаву відливання. Наприклад, якщо матеріалом металевої моделі є алюмінієвий сплав з усадкою 1,25 %, а відливання -сталь з усадкою 2 %, то промодель потрібно виготовляти з рахунком сумарної усадки, рівної 3,25 %.

Заготівки металевих моделей і стрижньових ящиків обробляють на звичних універсальних металоріжучих верстатах - токарно-гвинторізних, фрезерних, строгальних, свердловальних, шліфувальних, зуборізних, а також на верстатах для різання заготівок (ножицях, пилах).

Після розмітки литі заготівки моделі піддають обробці різанням відповідно до креслення моделі. Для точнішого виготовлення металевої моделі контури моделі, окремі розрізи і перетини викреслюють у натуральну величину на алюмінієвому листі, заздалегідь покритому акварельною фарбою або світлим лаком. Викреслювання окремих проєкцій моделей необхідне для виготовлення металевих шаблонів, для пригону окремих частин і т.д. Перед обробкою різанням робочі поверхні моделей спочатку стружуть і фрезерують в площинах роз'єму (поверхня зіткнення напівмоделі з плитою), а потім спарюють (щоб вони не зміщувалися) за допомогою контрольних штифтів із сталі.

Після обробки різанням моделі вмонтовують на наперед підготовлених плитах. Заздалегідь на кожній плиті роблять монтажні розмічальні ризики, як правило, від контрольного штиря. При монтажі напівмоделей на плитах враховують розміри і конструкцію опок.

При машинному формуванні звичайно використовують дві плити: одну для нижніх напівформ, а іншу для верхніх напівформ.

Моделі ливникової системи вмонтовують на плитах після установки моделей відливання відповідно до креслення.

## Лекція № 5

### ПЛАСТМАСОВІ МОДЕЛІ, ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ

Застосування пластмас для модельних комплектів знижує трудомісткість їх виготовлення, дозволяє економити кольорові метали, скоротити парк верстатного устаткування модельних цехів.

Пластмасові моделі володіють високою корозійною стійкістю, меншою масою і більшою міцністю, ніж дерев'яні, до них менше прилипає формувальна суміш. Особливо доцільно застосовувати пластмаси для виготовлення моделей-дублерів замість дерев'яних моделей і стрижньових ящиків в серійному виробництві, оскільки в цьому випадку по одній промоделі можна швидко виготовити необхідне число моделей-дублерів.

Для виготовлення моделей застосовують різні пластмаси на основі епоксидних, фенолоформальдегідних, поліефірних смол, акрілатніє композиції, поліетилен, поліхлорвініл і т.д. найбільш ширше застосовують пластмаси холодного отвердження на основі епоксидних смол марок ЕД-5 і ЕД-6 і акрілатов мазкий ТШ і ЛСТ-Т.

Особливості конструювання пластмасових моделей. Для зменшення маси моделі і зниження витрати матеріалу пластмасові моделі роблять порожнистими. Невеликі моделі, заввишки не більш 50 мм, виготовляють цільними. Товщину  $h$  стінок моделей визначають залежно від габаритного розміру  $L$  і матеріалу, з якого роблять модель. Тонкостінні моделі зміцнюють ребрами жорсткості, товщина яких рівна товщині тіла моделі. Розташування ребер залежить від довжини  $L$  і ширини  $B$  моделі, а відстань між ребрами приймають  $l = 0,4 H$ , де  $H$  - висота моделі. У місцях з'єднання стінок і ребер виконують галтелі і закруглює радіусом 3-5 мм. Моделі з пластмас можуть мати ухили менші, ніж дерев'яні моделі, оскільки коефіцієнт тертя суміші об пластмаси менше.

Крупні тонкостінні моделі армують дерев'яними, пінопластами або металевими елементами. При визначенні розмірів пластмасового модельного оснащення враховують усадку металу і відливання і усадку пластмаси при отвердженні. Пластмаси ТШ і ЛСТ-Т мають об'ємну усадку 0,4-0,6 %, а епоксидні компаунди з наповнювачами не мають усадки. Шорсткість поверхні ; моделей повинна відповідати  $Ra$  1,25-2,5 мкм (ГОСТ 2789-73), а точність 11-13 квалітету (СТ СЕВ 145-75).

Технологічний процес виготовлення моделей з пластмас холодного отвердження, наприклад, епоксидних ЕД-5, ЕД-6, включає виготовлення промоделі, форми і самої моделі. Промодель роблять з дерева по 2-3-му класам міцності. Розміри промоделі виконують відповідно до креслення пластмасової моделі з урахуванням припусків на обробку різанням, формувальних ухилів і сумарної усадки пластмаси і металу відливання. По готовій промоделі виготовляють форму для отримання пластмасової моделі.

Форми для виготовлення пластмасових моделей можуть бути разові і напівпостійні, по яких одержують декілька моделей. Разові піщано-глинисті форми використовують для виготовлення крупних моделей.

Полу постійні форми одержують з гіпсу. Гіпсову форму спочатку сушать на повітрі, а потім в сушильній шафі. Суху форму покривають нітролаком за допомогою пульверизатора або кистю. Перед заливкою пластмаси поверхню форми покривають розділовою речовиною: солідолом, машинним маслом.

Зразковий склад епоксидної пластмаси, що заливається, в частинах по масі:

Зв'язуюче - епоксидна смола . . . . .	100
Пластифікатор - дібутилфталат, олеїнова кислота	15
Наповнювач - залізний порошок . . . . .	200
Отвердитель - поліетіленполіамін . . . . .	20

Порядок заправки складових. У смолу вводять пластифікатор і ретельно перемішують, а потім наповнювач (залізний порошок, пісок, пилоподібними кварц) і отвердитель. При перемішуванні суміш нагрівається за рахунок теплоти реакції твердіння до 55 0С.

Готову суміш необхідно заливати у форми через 3-5 мін після приготування, оскільки вона швидко густіє. Іноді залиті форми піддають вакуумуванню в спеціальних камерах протягом 5-10 мін для видалення з пластмаси міхурів повітря. Пластмасові моделі тверднуть протягом 20-24 ч.

В цілях поліпшення пластичних властивостей моделі після затвердіння пластмаси піддають термічній обробці. Режим термічної обробки моделей: дрібних і середніх - нагрівають від 50 до 100С<sup>0</sup> протягом 4-5 ч з подальшим охолодженням до нормальної температури; складних і крупних моделей, а також стержневих ящиків - нагрів до 60 С<sup>0</sup>, витримка протягом 30-32 ч, потім охолодження до нормальної температури.

Пластмасові моделі, оброблені по роз'єму, кріплять на модельній плиті контрольними штифтами і гвинтами. Головки гвинтів заглиблюють в тіло моделі

на 1-1,5 мм. Поглиблення зачищають, промивають ацетоном і закладають ремонтним складом.

Моделі з епоксидних смол, що володіють токсичністю, необхідно виготовляти в окремому приміщенні модельного цеху, добре обладнаному приточування-витяжною вентиляцією. Максимальне число зніманих напівформ з моделей з епоксидних смол при ручному формуванні 4000 і при машинній - 35 000.

Моделі, що газифікуються. Технологічний процес виготовлення відливаних по моделях, що газифікуються, полягає у тому, що модель, одержувана із спеціальної пористої пластмаси найчастіше пенополістірола, володіючого малою об'ємною масою (20-24 кг/м<sup>3</sup>), не витягується з форми перед заливкою, а під дією теплоти металу плавиться, випаровується, газифікується, звільняючи металу порожнину форми. Звичайно модель точно відтворює конфігурацію відливання з урахуванням припусків на обробку різанням і усадку, так що порожнини, поднутрення, отвори у відливанні виконують без стрижнів. Це спрощує виготовлення модельного комплекту, в 3-5 разів скорочує трудомісткість і терміни його виготовлення, виключає необхідність застосування стрижньових ящиків, знижує витрату матеріалу. Оскільки пенополістіролові моделі, що газифікуються, не витягуються з форм перед заливкою металу, то форми роблять нероз'ємними, що сприяє підвищенню точності відливань. Пенополістірол -легкий, пористий матеріал, що має густину до 24 кг/м<sup>3</sup>, температуру плавлення 164 ос і випаровування 316 ос. Для виготовлення ливарних моделей, що газифікуються, застосовують спеціальний пенополістірол марки ПСБ-л. Цей матеріал володіє малою густиною (до 20 кг/м<sup>3</sup>), підвищеними міцністю, швидкістю випаровування і газифікації.

Пенополістірол ПСБ-л добре обробляється на деревообробних верстатах, а також спеціальних верстатах, в яких як ріжучий інструмент використовується нагріта до 200-300 ОС дрiт з ніхрома діаметром 0,5 мм. Плити пінопласту полістиролу ПСБ-л мають розміри від 800X900X100 до 1000X2000X200 мм, що дозволяє при виготовленні моделей виключити операції об'єднання, вирізки і склеювання окремих частин крупних моделей і тим самим спростити технологію їх виготовлення. Пенополістірол склеюють клеєм ГПК-61. З пенополістірола роблять моделі разового використання (модель при заливці форми газифікується), тому такі моделі використовують в одиничному і дрібносерійному виробництві відливань з чавуну, стали, кольорових металів.

Моделі, що газифікуються, виготовляють також за двостадійною технологією вспінювання. Для цього гранули пенополістірола нагрівають в автоклаві або киплячій воді, внаслідок чого вони придбавають густину до 30 кг/м<sup>3</sup> (1-я стадія). Потім їх висушують на повітрі 12-24 ч, завантажують в металеві прес-форми і знов нагрівають водяною парою при температурі 120-130 0С (2-а стадія). Після охолодження прес-форми розкривають і витягують моделі, що мають густину 200-25 кг/м<sup>3</sup> і підвищену точність. Ці моделі використовують в серійному і великосерійному виробництві, здійснюючи їх формування в сухому піску або в магнітних формах (див. з. 118). Такі моделі дозволяють одержувати точні складні відливання з чавуну, стали, мідних сплавів.

## Лекція №6

### Загальні поняття о формувальних матеріалах, їх класифікація.

Формувальні матеріали. Для виготовлення ливарних форм і стрижнів застосовують формувальні матеріали, які умовно розділяють на початкові формувальні матеріали, формувальні і стержневі суміші. допоміжні формувальні склади.

Початкові формувальні матеріали ділять на дві групи: 1) основні - вогнетривка основа суміші (кварцовий пісок і т. д.), зв'язуючі (глина, смоли, інші зв'язуючі речовини); 2) допоміжні, наприклад, різні добавки (вугілля, деревна мука і т. д.), що додають формувальній або стержневій суміші певні властивості. Формувальні і стержневі суміші готують з початкових формувальних матеріалів і з зворотних сумішей (суміші, вживані). Склад сумішей залежить від призначення: способу формування, хімічного складу, що заливається у форму металу, маси і конфігурації відливання.

Допоміжні формувальні состави - це матеріали, покриття, клеї, мастики, необхідні для обробки і виправлення форм і стрижнів.

Для отримання якісних форм і стрижнів і годних відливань формувальні і стрижньові суміші повинні володіти т е х н о л о г і ч е з д о і м і з в п р о й з т в а м і, що відповідають певним вимогам.

Для доброго ущільнення формувальної суміші в опоці велике значення має її пластичність - здатність суміші деформуватися під дією докладених зовнішніх зусиль або власної маси, що забезпечує отримання відбитку моделі або заповнення порожнини стрижньового ящика. Пластичність формувальної і стрижньової суміші залежить від властивостей складових суміші і вживаних зв'язуючих. Наприклад, суміш з масляним зв'язуючим володіє великою пластичністю; піщано-глинисті суміші мають невелику пластичність.

Ливарна форма повинна володіти достатньою п р о ч н о з т ь ю, щоб при збірці, транспортуванні і заливці металом вона не руйнувалася. Тому і формувальна суміш повинна володіти певною міцністю - здатністю чинити опір руйнуванню під дією навантаження. Міцність формувальної суміші залежить від розмірів зерен піску, вогкості, густини, зміст глини або інших зв'язуючих в суміші. Із збільшенням густини, зменшенням розміру зерен піску, збільшенням гліноскладності міцність суміші зростає.



Залежно від стану суміші при випробуванні розрізняють міцність суміші у вологому стані (по- сирому) або у сухому состоянні (по- сухому). Міцність формувальної або стержневої суміші після заливки у форму розплаву називають вторичною міцністю.

Велике значення має поверхнева міцність— опір поверхневого шару форми або стрижня стиранню. Поверхнева міцність характеризується сипучістю. Сипучість суміші впливає на зависання її в бункерах, на заповнення і рівномірність розподілу суміші при засипці в опоку, на якість і тривалість перемішування в змішувачах. З сипучістю зв'язана до про м до у е м про з т ь - здатність суміші утворювати грудки. Сипучість залежать від міцності зв'язків піщинок в місцях контакту. Збільшення початкової (насипний) густини суміші підвищує рівномірність ущільнення форми, тому суміш повинна мати хорошу сипучість - мінімальну комкуємость.

В процесі заливки і охолодження відливання стінки форми нагріваються до високих температур, рівних практично температурі розплаву, тому формувальні матеріали повинні володіти високою вогнетривкістю. Це одна з головних вимог, що пред'являються до формувальних матеріалів.

Про г н е у пір н про з т Ь (термохимічеськая стійкість) - здатність суміші чинити опір розм'якшенню або розплавленню під дією температури розплаву - залежить від вогнетривкості складових суміші і кількісного їх співвідношення. Ніж більше домішок в піску і глині, тим вогнетривкість формувальних і стрижньових сумішей менше. Чим крупніший пісок і чим менше в ньому домішок, пил і більше кремнезему, тим більше вогнетривкість суміші.

При заливці форми органічні матеріали, що входять до складу формувальної суміші (зв'язуючі, тирса), газифікуються, згорають і виділяють пари і газу, волога випаровується і утворює водяні пари. Здатність суміші виділяти пари і газу при заливці називається г а з про т в про р н про з т ь ю. Вона визначається кількістю пари і газів, що виділяються з 1 г суміші. Газу, що утворюються, пари і повітря прагнуть вийти з форми через пори формувальної суміші, тому вона повинна мати достатню газопроникність.

Г а з про п р про н і ц а е м про з т ь - властивість суміші пропускати через себе газу - залежить від якості і кількості глинистих складових і кварцового піску. Чим більше за пісок у формувальній суміші і ніж він крупніший, тим вище газопроникність суміші, і навпаки. Газопроникність залежить від форми зерен піску, вогкості, наявності пилу, вугілля, густини суміші і т.п. Чим більше за пил в піску, тим менше газопроникність. При швидкому газоутворенні і недостатній

газопроникності суміші тиск газу перевищує тиск залитого розплаву і газ прагне вийти з форми не через суміш, а через розплав. В цьому випадку у відливаннях можуть з'явитися газові раковини.

В процесі затвердіння, охолодження розміри відливання зменшуються унаслідок усадки металу. Проте форма перешкоджає усадці, внаслідок чого у відливанні можуть виникати напруги і з'являтися тріщини. Отже, формувальна суміш повинна володіти п р о д а т л і в п р о з т ь ю - здатністю скорочуватися в об'ємі і переміщатися під дією усадки відливання.

Висока міцність і газопроникність формувальної суміші забезпечуються п р о д н п р о р п р о Д н п р о з т ь ю - рівномірним розподілом у формувальній суміші її складових в результаті перемішування.

Формувальні і стрижньові суміші повинні володіти мінімальною п р і л і п а е м п р о з т ь ю до моделі або стрижньового ящика, що залежить від змісту вологи, зв'язуючого і його властивостей. Пріліпаємость суміші підвищується із збільшенням кількості рідини в суміші.

Гігроскопичність - здатність формувальної або стрижньової суміші поглинати вологу з повітря - залежить від властивостей зв'язуючого, добавок. Наприклад, стрижні, виготовлені на сульфатній барді, володіють великою гігроскопичністю, тому зібрані форми з такими стрижнями не можна довго витримувати перед заливкою металу, оскільки це веде до збільшення браку по газових раковинах.

Долговічністью називають здатність суміші зберігати властивості при повторних заливках. Чим довговічніше суміш, тим менше додають у відпрацьовану суміш свіжих формувальних матеріалів при її переробці для повторного використання. Звільнення відпрацьованої суміші від пилу, добавки свіжих піску і глини відновлюють властивості суміші.

Вибиваємость - здатність стрижньової суміші легко віддалятися при вибивці її з охолодженого відливання. Вона залежить від співвідношення кількостей піску, глини, а також виду зв'язуючого в стрижньових сумішах.

## Лекція № 7

### . ФОРМУВАЛЬНІ ПІСКИ

Технологічні властивості формувальних і стрижньових сумішей багато в чому залежать від властивостей формувальних пісків, вживаних для їх приготування.

Формувальні піски - це осадові гірські породи, що утворилися в результаті послідовного відкладення мінеральних речовин, а також вивітрювання опадів з різних природних розчинів. Формувальні піски здобувають в спеціальних кар'єрах, наприклад, Люберецьком, Гусаровському, КІЧІГІНСКОМ, Ореховському, Балашейському і ін. Звичайно піски носять назву кар'єру, в якому їх здобувають. Розробку родовищ піску і глини ведуть відкритим способом. Якщо пісок містить домішки або має неоднорідний зерновий склад, то на кар'єрах його збагатять - звільняють від сторонніх домішок (залишків рослин, глини, вапняку), а також розділяють на фракції за розмірами зерен.

Найчастіше для приготування формувальних і стрижньових сумішей застосовують кварцеві піски, які достатньо широко поширені в природі, а тому дешевше за інших і разом з тим володіють необхідними властивостями, головне з яких - вогнетривкість.

Основною складовою частиною цих пісків є мінерал кварц (кремнезем), що є хімічним з'єднанням  $SiO_2$  густиною 2,5-2,8 г/см<sup>3</sup>, температура його плавлення 1713 °С. При нагріві кварц переходить в інші кристалічні модифікації, що супроводжується зміною його об'єму. При 573°С а-кварц переходить у В-кварц, об'єм змінюється +2,4 %; при 870°С В-кварц -> В- трідіміт, зміна об'єму 15,1 %; при 1470°С В- трідіміт - В- крістобаліт, зміна об'єму 4,7 %; при 1473 °С В крістобаліт- розплав, зміну об'єму 0,1 %. Окрім кварцу пісок може містити польові шпати, слюду, оксиди заліза, гідрати оксидів заліза, карбонати, а також глинисті мінерали. Ці домішки додають піску різне забарвлення і погіршують його властивості, знижуючи температуру плавлення.

У природних умовах у воді разом з крупними піщинками осідають і дрібні, тому в пісках знаходяться зерна розміром від декількох міліметрів до декількох мікрометрів. Умовилися зерна розміром менше 22 мкм незалежно від хімічного складу відносити к глинистої складової, а зерна більше 22 мкм - до пісчаної складової . Вміст глинистої складової у формувальних пісках визначають

відмочуванням, відділенням піску від глини. Залежно від змісту глинистої складової формувальні піски ділять на кварцові і глинисті.

Таблиця 3

*Класифікація і склад формувальних пісків, %*

пісок	клас	Глинист а складова	SiO <sub>2</sub> не менше	Шкідливі домішки	
				Оксиди лужноземельних	Оксиди заліза, Не більш
Кварц, що збагатить	Об1К	0,2	98,5	0,4	0,2
	Об2К	0,5	98,0	0,75	0,4
	Об3К	1,1	97,5	1,0	0,6
	кварцовий	1К	2,0	97,0	1,2
	2К		96,0	1,5	1,0
	3К		94,0	2,0	1,5
	4К		90,0	---	---
Худий	Г	2-10	---	----	----
Напівжирний	П	10-20	---	---	---
Жирний	Же	20-30	----	---	---
Дуже жирний	ОЖ	30-50	---	----	---

Кварцовими називають піски, що містять не більш 2 % глинистих складових, 90-97 % SiO<sub>2</sub> і до 8 % сторонніх домішок. Піски, що містять більше 50 % глинистих складових, називають глинами. У табл. 3 приведена класифікація формувальних пісків по ГОСТ 2138-84.

Піски за формою зерен розділяють на округлі, напівкруглі, гострокутні і осколкові. Для отримання відливаних без дефектів необхідний пісок певного зернового складу. Під з е р н про в ы м з про з т а в про м формувального песка розуміють розподіл його частинок за розмірами.

З е р н про в про й з про з т а в піщаній основі формувальних пісків визначають просіванням навішування 50 г сухого без глинистого піску або формувальної суміші. Для цього їх заздалегідь піддають отмучиванію. Пісок просівають на калібрувальних ситах з точними розмірами осередків (табл. 4). Нормальний набір калібрувальних, сит складається з 11 сит з точними розмірами осередків від 2,5 до 0,05 мм. Сито N2 2,5 зверху накривають кришкою, знизу під сито N2

005 підставляють металевий таз. Навішування піску розсіюють за допомогою спеціального приладу. Пісок, що залишився в найбільшій кількості на трьох суміжних ситах, називають про з н про в н про й з е р н про в про й фра до ц і е й.

таблиця 4

*Класифікація пісків по величині зерен основної фракції*

Пісок	Група	Номери сит суміжних розмірів, на яких залишаються зерна основної фракції
Грубий дрібний	Дуже крупний Тонкий Пилоподібний	Крупний Середній Дрібний Дуже дрібний
005 1; 063; 04 063; 04; 0315 0063; 005	04; 0315 0063; 005	04; 0315; 02 0315; 02; 016 02; 016; 01 016; 01; 0063 01;
Таз.....	.....	.....

Піски ділять на дві категорії А і б. До категорії А відносять пісок з великим залишком основної фракції піску на крайньому верхньому ситі (з трьох суміжних), до категорії б - піски з великим залишком на крайньому нижньому ситі.

Кварцові піски з розосередженою зерною структурою розділяють на чотири групи: 1 - крупний КРК (сита N2 04, 0315 і 02); 2 - середній КРС (сита N2 0315, 02 і 016); 3 - дрібний КРМ (сита N2 02, 016 і 01); 4 - загальною розосередженістю КРО (у основній фракції на трьох будь-яких ситах менше 60 %). Сумарний залишок на ситах повинен бути для перших трьох груп не менше 60 %.

При маркіровці піску на першому місці ставлять позначення класу, на другому - групи і на третьому - категорії. Наприклад, кварцовий пісок середньої зернистості позначають ІК02А, 2К02А або ІК02Б, 2К02Б; пісок з розосередженою зернистостью 2КРСА, 2КРСБ; худі піски позначають маркою Т0315А і т. д.; напівжирні і дуже жирні піски - П025, ОЖ01.

Застосування пісків. Для формування по-сирому дрібних і середніх чавунних відливаних застосовують напівжирні, худі і кварцові піски ПОІ6А, ПОІА, КОІ6А, К02А, Т04А і ін. Для формування по-сирому і по-сухому відливок із сталі застосовують кварцові піски К02, КОІ6, К04 і ін. Для формування відливаних з

кольорових сплавів застосовують піски ПО 16, ПО 1, а для стрижньових сумішей - піски КОІ6, КО2.

Про б про г а Щ е н н ы е до в а р Ц е в ы е п е з до і Об1К, Об2К і т.д. застосовують для виготовлення стрижнів з сумішей з фурановими смолами. Використовування пісків, що містять більше 2 % глини, погіршує міцність посухому стрижньових сумішей з такими смолами.

Для зменшення шорсткості поверхні відливань застосовують замість кварцового піску високовогнетривкі формувальні матеріали: цирконовий пісок, олівініт, хромовий железняк, магнезит.

Ц і р до про н про вий п е з про до  $ZrSiO_4$  має вогнетривкість до 2400 0С. Вартість цирконового піску висока, тому його застосовують звичайно для приготування протівопрігарних покриттів.

Про л і в і н і т - це магнезійний силікат  $Mg_2SiO_4$ ; його вогнетривкість 1750-1830 0С. Застосовують олівініт при виробництві відливань з марганцевистої сталі для зменшення шорсткості їх поверхні.

Х ромистий железняк до  $FeO \cdot Cr_2O_3$  (хроміт) вводять в облицювальні суміші для форм і стрижнів крупних сталевих відливань. Вогнетривкість хроміта 1750-1850 0С; використовують його у вигляді порошку, просіяного через сито з осередками 1,5 мм.

М а г н е з і т  $MgCO_3$  після випалення має вогнетривкість 2800 0С. Магнезит не вступає в реакцію з оксидами марганцю, тому його застосовують для приготування облицювальних сумішей при литві високомарганцевистої сталі 110Г13Л.

Шамот -, - це обпалена вогнетривка глина; його вогнетривкість 1670-17500С. Застосовують шамот для виготовлення сухих форм крупних сталевих відливань.

## Лекція № 8 ФОРМУВАЛЬНІ ГЛИНИ

Ливарними формувальними глинами називають гірські породи, що складаються з тонкодисперсних частинок водних алюмосилікатів. Вони володіють зв'язуючою здатністю і термохімічеської стійкістю, що дозволяє використовувати їх як зв'язуючого для приготування міцних і не пригораючих до відливання формувальних сумішей.

Класифікація глин. Залежно від мінералогічного складу формувальні ГЛИНИ розділяють на чотири види: монтморілонітові (бентонітові) - М; каолінітові - К; гидрослюдисті - Г; полімінеральні ----: П. Часте застосовують каолінітові і бентонітові глини, оскільки вони володіють великою термохімічною стійкістю.

Каолініт  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  - водний алюмосилікат що має температуру плавлення 1750-1787 0С. Каолініт є основною частиною каолінітових глин.

Монтморілоніт (бентоніт)  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$  має непостійний хімічний склад, оскільки в його кристалічних ґратах деяка частин  $Al^{3+}$  може бути заміщена  $Mg^{2+}$  а  $Si^{4+}$  -  $Al^{3+}$ . Кристалічні ґрати бентоніта здатні розширяться у напрямі однієї з своїх осей. Завдяки цьому бентоніт здатний в більшій мірі, ніж каолініт, поглинати воду- набухати. Це покращує його зв'язуючу здатність. Температура плавлення бентоніта 1250-1300 0С.

Залежно від зв'язуючих властивостей, визначуваних межею міцності на стиснення технологічної проби, формувальні глини ділять на сорти і класи (табл. 5).

Основної складової, що забезпечує вогнетривкість глини, є глинозем  $Al_2O_3$ . Домішки, такі, як вапно, луг і різні оксиди, сприяють пониженню вогнетривкості глини. По вогнетривкості (термохімічній стійкості) глини ділять на три групи: високу – Т<sub>1</sub>; середню – Т<sub>2</sub>; низьку – Т<sub>3</sub>.

Таблиця 5

*Класифікація формувальних глин по міцності (ГОСТ 3226-77)*

Глина	Сорт	Межа міцності при стисненні у вологому стані, кПа	Клас	Межа міцності при стисненні в сухому стані кПа

		монтморілоні товая глина	Решта глин		
--	--	-----------------------------	------------	--	--

Прочносвязующая 1 127 1081540.....

Среднесвязующая 2 108-12778,5-108 2343-540 .....

Малозв'язуюча 3-----49-78,5 3345.....

При маркіровці глини на першому місці ставлять вид глини, потім сорт, клас і групу, наприклад, КШ/2Т2 – каолінітова глина ІІІ сорту 2-го класу 2-й групи.

Застосування глин. По ГОСТ 3226-77 формувальні глини рекомендується застосовувати в складах піщано-глинистих сумішей залежно від способу формування і матеріалу відливання. Наприклад, для чавунних відливань із стінками завтовшки 10-50 мм і дрібних сталевих при формуванні по- сирому рекомендується застосовувати глини марок 1-ІІІ-3Т1; для решти відливань із стінками завтовшки більше 20 мм при формуванні по- сирому - глини мазкий І-ІІ/І-3 (Т1-Т3), а при формуванні по- сухому - глини мазкий І-ІІ/1-2 (Т1- Т3).

Глину вибирають з урахуванням забезпечення необхідної міцності формувальної суміші, її довговічності, умов освіти на відливаннях якнайменшого пригару. При цьому слід мати на увазі, що при введенні у формувальну суміш великої кількості глини з високою термохімічеської стійкістю (ТХ У) вогнетривкість суміші може виявитися нижче, ніж при введенні невеликої кількості глини з низкою ТХУ. Наприклад, шляхом заміни каолінітової глини меншою кількістю високов'язуючої бентонітової глини можна зберегти достатньо високу міцність, збільшити вогнетривкість суміші.



## Лекція № 9

### ФОРМУВАЛЬНІ СУМІШІ ТА ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ

Склад формувальних і стержневих сумішей різноманітний і залежить від роду сплаву, маси, товщини стінки і конфігурації відливання, що пред'являються до неї вимог, характеру виробництва.

#### **Формувальні суміші**

Формувальні суміші розділяють по характеру використання на єдині, облицювальні, наповнюючі; за станом форми перед заливкою - на суміші для форм, що заливаються в сирому стані, і суміші для форм, що заливаються в сухому стані; залежно від класу вживаного піску - на природні і синтетичні.

Якщо всю форму виготовляють з однієї суміші, то таку суміш називають єдиною. Єдині суміші застосовують при машинному і автоматичному формуванні в цехах серійного і масового виробництва. Ці суміші готують з найвогнетривкіших пісків і глин з найбільшою зв'язуючою здатністю, щоб забезпечити їх довговічність. При переробці для повторного застосування в них вводять достатню кількість свіжих матеріалів для додання високих технологічних властивостей.

Облицювальну суміш наносять на модель; після ущільнення вона є шаром форми завтовшки 15-100 мм залежно від товщини стінки відливання, дотичного з рідким металом. Її завжди застосовують разом з наповнюючою сумішшю, яка заповнює решту об'єму опоки. Газопроникність наповнювальної суміші повинна бути не нижче облицювальною, щоб не знижувалася газопроникність всієї форми.

Єдина і облицювальна суміші повинні мати достатню міцність, що забезпечує опір форми тиску рідкого металу при заливці. При застосуванні облицювальної суміші значно скорочується витрата свіжих формувальних матеріалів і добавок на тонну годних відливань, проте ускладнюється технологія і механізація виготовлення форм, тому при автоматичному формуванні облицювальні суміші використовують рідко.

Освіжаючи добавки призначені для відновлення відпрацьованої суміші. Вони містять свіжі пісок, глину, зв'язуючі, добавки в кількостях, необхідних для відновлення технологічних властивостей відпрацьованих сумішей.

У природі зустрічаються піски, що містять таку кількість глини, що після зволоження і перемішування їх можна застосовувати як формувальна суміш.

Такі суміші називають природними. Прикладом може служити тамбовський пісок, використовуваний для виготовлення форм відливань з кольорових сплавів і дрібних чавунних. Ці суміші мають знижену газопроникність і вогнетривкість. Синтетичні - це \_суміші, в які глину вводять у вигляді самостійної добавки; їх широко застосовують на практиці.

Формувальні суміші для відливань з чавуну і стали. Чавунні і сталеві відливання виготовляють у сирих і сухих піщаних формах. Процес отримання відливань в сирих піщаних формах більш економічний завдяки скороченню циклу виготовлення відливання. Проте процес має і недолік - малу міцність сирієї форми, тому по- сирому можна практично одержувати відливання масою до 3000 кг.

Сухі форми звичайно застосовують для середніх і крупних відливань в одиничному і дрібносерійному виробництві.

Вибір формувальної суміші для відливань з чавуну і стали залежить від маси відливання, товщини її стінки і технології виготовлення форми.

.

## Лекція №10

### Спеціальні формувальні суміші – ХТС, РСС, ППС

Пластичні самотверднучі суміші(ПСС) .Ети суміші на основі рідкого скла розроблені на заводі «Станколіт». Готують їх за двостадійною технологією. У центральному сумішепріготувальному відділенні готують базову суміш, що складається з 92 % піску, 5 % глини, 3 % меленого вугілля, 5,5 % рідкого скла; вогкість суміші 3,5 %. Суміш має високу пластичність, межа міцності при стисненні у вологому стані 14,7 кПа. На ділянку формування суміш поступає в бункер, з якого вона подається в лопатевій змішувач в кількості, необхідній для виготовлення форми. Одночасно в змішувач вводять 2-5 % феррохромовий шлак, що служить отвердінням. Після перемішування за 45-60 хвилин готова суміш подається в опоку, розподіляється по поверхні моделі як облицювальна.

Потім в опоку подається наповнювальна суміш, і форма ущільнюється струшуванням.

Рідке скло і феррохромовий шлак взаємодіють у всьому об'ємі суміші, внаслідок чого вона твердне. Після виготовлення форми з такої суміші з неї можна відразу видаляти модель, через 30 мін форму можна офарблювати, а через 4-6 ч заливати металом. Це важливо при виготовленні форм на машинах в умовах серійного виробництва, коли використання інших самотверднучих сумішей нераціональне через зменшення машинного часу на період отвердіння суміші.

Рідкі самотверднучі суміші (ЖСС). При виготовленні форм і стрижнів крупних відливань в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва значну частку трудомісткості складають операції ущільнення формувальної суміші. Зниження трудомісткості виготовлення форми може бути досягнуте застосуванням ЖСС. Ці суміші мають високу текучість, оскільки вони можуть бути залиті в опоку або стрижньовий ящик. Їх називають також наливними. Інша важлива властивість таких сумішей - самозатвердіння. В процесі інтенсивного перемішування звичної рідкосляної суміші або суміші на деяких інших органічних зв'язуючих з добавкою спеціальних речовин утворюється піна. Міхури піни розділяють зерна піску, полегшують ковзання зерен, зменшують сили тертя, що і додає суміші властивість текучості. Текучість суміші може змінюватися залежно від її складу і тривалості перемішування. Час збереження сумішью текучості також можна

регулювати. Звичайно воно складає 9-10 мін. За цей час суміш повинна бути розлита в опоки або стрижньові ящики. Суміш придбаває достатню міцність через 20-30 мін, і модель або стрижень можна витягувати. Газопроникність цих сумішей досягає 1000 ед., міцність на стиснення через 4 ч після заливки складає 196-393 кПа. .

Звичайно ЖСС має склад: 95-96 % кварцового піску, 4-5 % феррохромового шлаку (отвердитель), 4-6 % рідкого скла 0,3 % j, натра, 0,12 % поверхнево-активної речовини ДС-РАС. Рідка композиція, що включає рідке скло, їдкий натр і ДС-РАС, вводиться у вказаній кількості понад 100 % сухих компонентів - піску і феррохромового шлаку.

Застосування ЖСС дозволяє різко підвищити продуктивність праці формувальників і стерженщиків, виключити ручну працю при виготовленні крупних форм і стрижнів, усунути трудомістку операцію сушки, механізувати виробництво крупних відливань.

Холоднотвердіючі суміші (ХТС) на основі синтетичних смол.

Ці суміші застосовують для виготовлення дрібних, середніх і крупних форм і стрижнів в одиничному і серійному виробництві.

Такі суміші готують з кварцових пісків Об1К або Об2К, що збагатять, оскільки присутність глини в піску знижує міцність суміші в сухому стані. Зв'язуючими можуть бути карбамідофуранові, фенолоформальдегідні і інші смоли (група Б1, див. табл. 6). Каталізатором твердіння звичайно є ортофосфорна кислота 70-80 %-ной концентрації. Вказані смоли при змішуванні з сильними кислотами здатні тверднути і додавати суміші високу міцність.

Звичайно суміш має склад: 100 % піску люберецького Об1К, 0,5- ~,2 % кислоти ортофосфорной (70-80 % -ной концентрації), 2-5 % смоли КФ-90. Вогкість суміші 0,9-1,5 %, живучість 1001,5 мін; межа Міцності при розтягуванні (при витримці 2 ч) не менше 196 кПа. Живучість сумішей можна регулювати введенням різної кількості каталізатора .Поскольку живучість суміші невелика, то змішувач для її приготування розташовують безпосередньо на місці виготовлення форми або стрижня і суміш використовують відразу після приготування, а частіше суміщають процес змішування і видачу готової суміші з лопатевого змішувача в опоку або стрижньовий ящик.

Звичайно ці суміші застосовують як облицювальні. Не дивлячись на використання двох сумішей - облицювальної і наповнювальної, що ускладнює технологічний процес, - завдяки усуненню сушки, особливо при виготовленні крупних форм, різко підвищується ефективність виробництва.

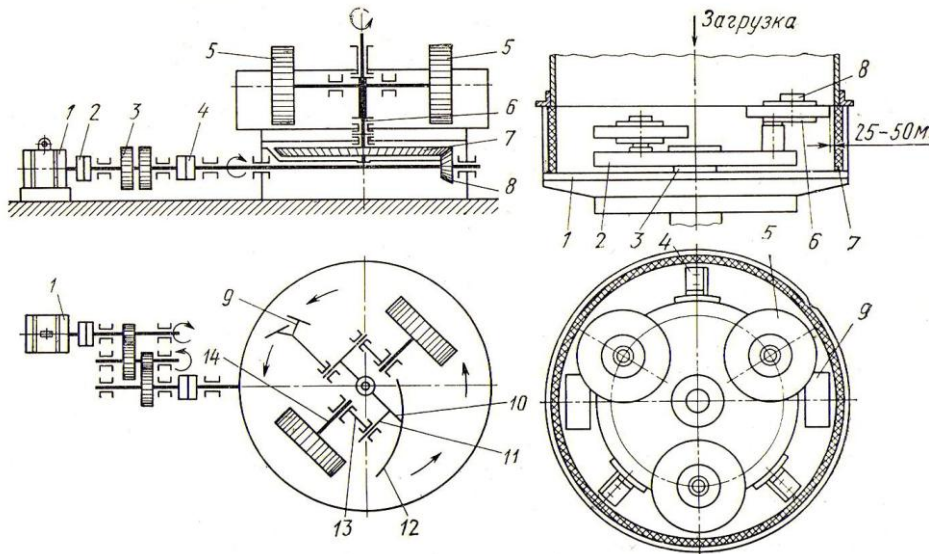
Недоліком ХТС є низька термічна стійкість, тому форми слід фарбувати протипригарними фарбами. Вживані для виготовлення суміші компоненти токсичні і вимагають строгого дотримання санітарно-гігієнічних норм, хорошої вентиляції ділянок виготовлення форм і стрижнів.

## Лекція № 11

### Технологія виготовлення формувальних та стержневих сумішей

Приготування сумішей полягає в ретельному перемішуванні всіх матеріалів, що входять до їх складу. Для цього застосовують спеціальні змішуючі установки. Суміші з невеликим вмістом глини, особливо суміші на масляних сполучних, доцільно готувати в лопаткових змішувачах, що представляють собою жолоб, в якому обертається вал або декілька валів з насадженими на них лопатками. Суміш захоплюється лопатками, перемішується і просувається від місця завантаження до місця розвантаження.

Найпоширенішими установками для приготування сумішей є змішуючі бігуни. У них готують різноманітні суміші, і в першу чергу глинисті. 13. Валик



Мал. 29. Кінематична схема  
змішувальних бігунів

Мал. 30. Відцентровий змішувач  
безперервної дії

Кінематична схема змішувальних бігунів зображена на рис. 29. Через дно круглої чаші проходить вертикальний вал 6. На валу знаходиться траверса 10, на якій шарнірно укріплені два чавунних ковзанки 5. Катки обертаються разом з валом ( $n = 30$  об/хв) і одночасно внаслідок тертя, обертаються навколо своїх осей. Між катками і дном чаші є певний зазор, який можна регулювати. Катки під час роботи можуть підводитися, так-як осі катків 14 з'єднані з кривошипами 11 з'єднаний з траверсою 10. На траверсі жорстко укріплені плужки 9 і 12, які, повертаючись разом з валом, підгортають суміш під катки.

В бігунах суміш не тільки перемішується, але й перетирається, так як кожна піщинка під катками отримує обертальний рух; при цьому вона покривається-тонкою оболонкою глини. Вертикальний вал приводиться в рух від електродвигуна 1 через сполучні муфти 2 і 4, редуктор 3 і пару конічних шестерень 7 і 8. Готова суміш видається на стрічковий конвеєр-через вікно в дні чаші, яке відкривається спеціальним механізмом.

Тривалість перемішування залежить від призначення і складу суміші. Облицювальні та стрижневі суміші перемішуються протягом 9 - 12 хв, додаткові - 2 - 3 хв. Швидковисихаючі суміші на СП і СБ, на рідкому склі перемішуються 15-20 хв. У змішувачій апарат спочатку завантажують сухі матеріали: відпрацьовану суміш, пісок, вугільний порошок (або тирса), а після 2 - 3 хв перемішування суху суміш зволожують, вводять глину (порошок) і перемішують протягом половини норми часу. Потім додають рідкі складові (єднальні) і всі разом перемішують протягом часу, що залишився.

Для додаткових і єдиних сумішей доцільно застосовувати високопродуктивні змішувачі безперервної дії (мал. 30). Відцентровий змішувач має нерухому чашу 1, ротор 2, закріплений на вертикальному приводному валу 3. На ободі ротора 2 під різними кутами до горизонту встановлені плужки 4, а на кривошипних валах 6 - катки 5 з вертикальною віссю обертання. Циліндрична поверхня ковзанок і стінки чаші облицьовані гумою 7. При обертанні ротора катки відхиляються під дією відцентрової сили до борту чаші. Зазор між катками і чашею регулюється ексцентриком 8. Готова суміш вивантажується через вікно 9 в дні чаші.

Відразу після перемішування формувальні суміші ще не мають необхідних фізико-механічних властивостей, так як волога не встигає рівномірно в них розподілитися і однаково змочити все.

частинки глини. Тому з бігунів суміш передається в спеціальні бункера-відстійники, де вона вилежується протягом 2 - 3 ч.

Одночасно відстійники дозволяють мати в цеху запас формувальної суміші, 'що при тризмінної роботі обладнання дуже важливо. З відстійників формувальна суміш надходить на стрічковий конвеєр, пропускається через розпушувальні машини (аератор або дезінтегратор) і направляється в формувальне відділення до роздатковим бункерах.

Ливарні цехи витрачають велику кількість різних формувальних і стрижневих сумішей. Значний обсяг робіт, пов'язаних, з приготуванням сумішей, вимагає організації у всіх ливарних цехах механізованих і автоматизованих

виготовлення сумішей відділень. Чим більше виливків випускає цех, тим більше їй потрібно суміші, тим більше необхідна автоматизація. В даний час багато ливарні цехи мають автоматизовані виготовлення сумішей відділення з автоматичним контролем властивостей сумішей.

Відділення для виготовлення сумішей можуть бути централізованими, коли вони постачають сумішами весь цех, або децентралізованими, коли кожне формувальне відділення має свій виготовлення сумішей ділянку. Централізовані виготовлення сумішей системи більш компактні, в них краще використовується обладнання. Але якщо цех великий, формувальні лінії не пов'язані між собою і працюють на різних сумішах, особливо на таких, які не слід змішувати, більш раціональні децентралізованого відділення.

Формувальні і стрижневі суміші різноманітні за складом і фізико-механічними властивостями. Склад сумішей в першу чергу залежить від характеру виливків: маси, складності та роду сплаву.



## Лекція № 12

# КОНТРОЛЬ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТЕРЖНЕВИХ МАТЕРІАЛІВ І СУМІШЕЙ

### Види контролю

Контроль властивостей початкових формувальних матеріалів, формувальних і стрижньових сумішей, допоміжних складів є одним з елементів системи управління якістю продукції, що випускається підприємством. Для забезпечення необхідної якості формувальних і стрижньових сумішей проводять вхідний контроль поступаючи на завод початкових формувальних матеріалів.

У х про д н про й до про н т р про л ь формувальних пісків включає визначення зернового складу піску, модуля його дрібності, змісту глинистої складової, вогкості, вогнетривкості, а вхідний контроль синтетичних смол -- основних характеристик відповідно до технічних умов або Госту. Цей контроль виконує група вхідного контролю лабораторії формувальних матеріалів цеху. Періодичність контролю встановлюють залежно від призначення і від стабільності якості поступаючих матеріалів. Під час вступу нових матеріалів, заміні одного матеріалу іншим або зміні постачальника проводять їх вхідний контроль і при позитивних результатах (відповідності технічним умовам або Госту) матеріал запускають у виробництво. Неякісний матеріал не може бути використаний.

Контроль формувальних і стержневих сумішей складається з експрес-контролю і повного контролю. Експрес-контроль єдиних облицювальних і наповнювальних сумішей включає визначення межі міцності при стисненні у вологому стані, вогкості, газопроникності; висушуваних стрижньових сумішей - визначення межі міцності при стисненні у вологому стані, вогкості, межі міцності при розтягуванні в сухому стані, газопроникності; сумішей, затверджуваних в оснащенні, - межі міцності при розтягуванні знедолених зразків, живучості, межі міцності при стисненні для хімічно тверднучи сумішей після витримки зразків на повітрі, газопроникності.)

Повний контроль формувальних і стержневих сумішей включає визначення властивостей, встановлених технологічними інструкціями даного підприємства.

Частота відбору проб для експрес-аналізу єдиних формувальних сумішей при споживанні більше 100 м<sup>3</sup>/ч в масовому виробництві - не рідше двох разів на годину, при споживанні менше 100 м<sup>3</sup>/ч - не рідше одного разу на годину, при

споживанні менше 50 м<sup>3</sup>/ч в дрібносерійному виробництві - не рідше двох разів на годину.

Проби облицювальних сумішей відбирають від кожного замісу у середині їх випуску із змішувача, а наповнювальні суміші контролюють 2-3 рази в зміну, відбираючи пробу з робочих місць. Відбір проб стрижньових сумішей проводять не рідше двох разів в зміну, у середині випуску із змішувача, а при використуванні змішувачів безперервної дії 1 разів в 2 ч:'),

Формувальні і стрижньові суміші, затверджувані в оснащенні, контролюють не рідше двох разів в зміну, у середині випуску із сумішоприготувального агрегату.

Проби суміші звичайно мають масу не менше 0,5 кг і повинні зберігатися в закритій герметичній тарі. Методи відбору і підготовки проб встановлені ГОСТ 23408-78. Результати контролю повинні чітко реєструватися в технічній документації. Обробка результатів дозволяє встановити вплив властивостей сумішей на якість відливань, визначити причини браку відливань.

## ВИПРОБОВУВАННЯ ФОРМУВЧИХ МАТЕРІАЛІВ І СУМІШЕЙ.

(Практичне заняття)

Визначення глинистої складової у формувальному піску. Як вже вказувалося, зерновий склад і наявність домішок: у пісках (глини, оксидів, органічних включень) впливають на їх, властивості і якість. Тому склад і властивості піску регламентує ГОСТ 23409.0 - 78.

Вміст глини в піску неможливо визначити методом хімічного аналізу, так як вона складається з мінералів, які входять також до складу піску. Тому глину і пісок можна розділити тільки механічно за розміром частинок. Частки розміром більше 0,022 мм прийнято називати зерновою частиною піску.

Вміст глини в формувальних пісках визначають методом відмулювання. Для відмулювання піску застосовують прилад, який дає можливість проводити випробування протягом 3 - 4 хв 1 (мал. 21). У банку 3 місткістю 600 см насипають 25 г піску і наливають воду. Банку поміщають, на стіл б приладу. Підйомом столу притискають банку до гумовій прокладці 2 і закріплюють стіл рукояткою 4. Збовтування суміші проводиться обертанням металевого стрижня з лопатками б, який приводиться в обертання електродвигуном 1, укріпленим на станині 7. Зміст глини в піску визначається по різниці мас. Наприклад, після відмулювання вийшов осад 45 г. Отже, вміст глини в піску буде  $50-45=5$  г, або  $(5/50) 100=10\%$ .

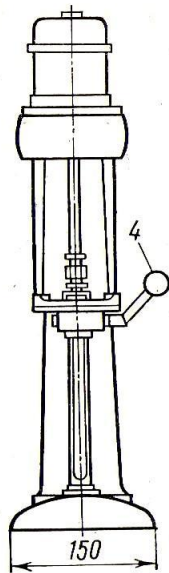
За змістом глинистої складової формувальні піски поділяють (ГОСТ 23409.0 - 78) на кварцові і глинисті (табл. 8).

**Визначення зернового складу формувальних пісків.** Формувальні піски повинні мати певний зерновий склад, тобто складатися із зерен певних розмірів.

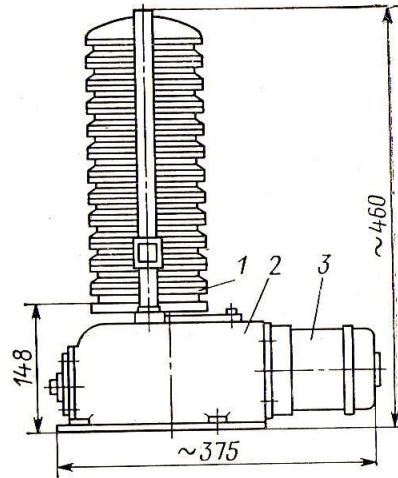
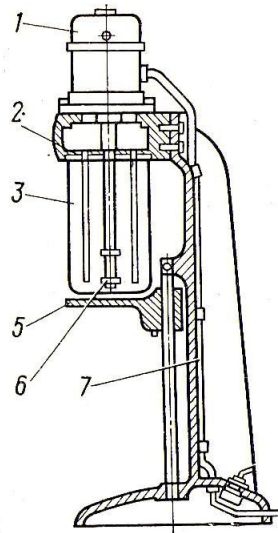
Масове кількість піску, що складається з зерен різних розмірів, знаходять за допомогою зернового (ситового) аналізу. Наважку сухого без глинистого піску 50 г просіюють через стандартні калібровані сита (рис. 11) з точними розмірами вічок. Сита зібрані в стопу так, щоб розміри осередків в них до низу зменшувалися.

Закриту кришкою стопку сит поміщають для просіювання на спеціальний прилад (мал. 22), який складається з станини 2, електродвигуна 3 і набору сит 1 діаметром 150 мм. Сита закріплюються на поступально рухається опорі ременем. Прилад компактний і простий по пристрої. Вібрування забезпечується ексцентриковим механізмом. Тривалість просіву 6 - 12 хв. Після просіювання

пісок, що залишився на кожному ситі, зважують і по отриманій масі всіх залишків судять про зерновому складі, даного піску.



Мал. 21. Прилад для відмучування глини від піску



Мал. 22. Прилад для зернового аналізу піска

Формувальний пісок вважається найбільш якісним, якщо основна маса зерен при просіюванні розташувалася на трьох суміжних ситах. Марку піску за зерновим складом позначають середнім номером сита з трьох суміжних, на яких опинилися найбільші залишки (основна фракція). У даному прикладі це сито 016. Якщо в основній фракції залишок на верхньому крайньому ситі більше, то пісок відноситься до категорії А. Якщо залишок на нижньому крайньому ситі більше, то пісок відноситься до категорії Б. Піски категорії А мають більш високу газопроникність. У даному прикладі марка піску буде 1К016А.

В марці формувального піску на першому місці вказується клас, до якого належить пісок за змістом глини, потім-група, яка вказує зерновий склад, і в кінці - категорія. Наприклад, пісок 2К02А - кварцовий, зерновий склад 02 (номер середнього сита основної фракції), А - категорія; Т02А - худий лісок, сито 02, А - категорія. Класифікація формувальних пісків за зерновим складом наведена в табл. 9.

Таблица 8. Классификация песков

Песок	Класс	Содержание, %		Вредные примеси, %, не более	
		глинистой составляющей	кремнезема (SiO <sub>2</sub> ), не менее	оксиды щелочно-земельных металлов	оксиды железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Обогащенный кварцевый	Об1К	Не более 0,2	98,5	0,4	0,2
	Об2К	Не более 0,5	98	0,75	0,4
	Об3К	Не более 1	97,5	1,0	0,6
Кварцевый	1К	Не более 2	97	1,2	0,75
	2К		96	1,5	1,0
	3К		94	2	1,5
	4К		90	—	—
Тощий	Т	2—20	—	—	—
Полужирный	П	10—20	—	—	—
Жирный	Ж	20—30	—	—	—
Очень жирный	ОЖ	30—50	—	—	—

Таблица 9. Группы формовочных песков

Песок	Группа	Номера смежных сит, на которых остаются зерна основной фракции	Песок	Группа	Номера смежных сит, на которых остаются зерна основной фракции
Грубый Очень крупный	063	1; 063; 04	Мелкий Очень мелкий	016	02; 016; 01
	04	063; 04; 0315		01	016; 01; 0063
Крупный Средний	0315	04; 0315; 02	Тонкий Пылевидный	0063	01; 0063; 005
	02	0315; 02; 016		005	0063; 005; Тазик

У ливарному виробництві застосовують також піски з розосередженням зерновим складом. Ці піски утворюють основну фракцію на чотирьох-п'яти суміжних ситах. Розосереджені піски більш міцні в порівнянні з пісками, мають концентровану зернову структуру, менше осипаються, менше розтріскуються під дією високої температури, і тому вилити. виходять більш чистими. Однак ці піски мають низьку газопроникність. Якщо пісок на трьох будь-яких ситах містить не менше 60% взятої наважки, то його називають розосередженим і позначають:

КРК - кварцовий, розосереджений, грубозернистий (сумарний залишок на ситах 04, 0315, 02 не менше 60%);

ВРХ - кварцовий, розосереджений, середньозернистий (сумарний залишок на ситах 0315, 02, 016 не менше 60%);

КРМ - кварцовий, розосереджений, дрібнозернистий (сумарний залишок на ситах 02, 016, 01 не менше 60%).

Якщо пісок має в основній фракції менше 60% зерен, то це пісок із загальною розосередженістю, його позначають КРО. Піски із загальною

розосередженістю мають низьку газопроникність, зерна його можуть бути округлими або незграбними. Пісок з округлими зернами має велику щільність в порівнянні з кутастим піском як в неущільненому, так і в ущільненому стані. Формувальні піски постачають з кар'єрів у відповідності з ГОСТ 23409.0 - 78. У характеристиці піску вказують зерновий і мінералогічний склад, газопроникність "вміст глини, міцність при стисненні у вологому стані.

Збагачені піски повинні мати зосереджену зернову структуру, містити вологи не більше 0,5%, не повинні містити сторонніх домішок (рослинних залишків, торфу, вапняку і т. д.).

## ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОПРОНИКНОСТІ І МІЦНОСТІ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

На газопроникність відчують свіжі формувальні піски і готові суміші, так як вона є дуже важливим технологічним властивістю формувальних і стрижневих сумішей.

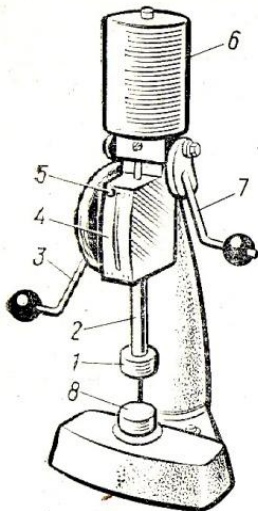
При випробуванні через зразок пропускають повітря і по часу проходження повітря і по тиску, яке створюється перед зразком, судять про газопроникності суміші. Гази (повітря) проникають через пори, які утворюються між зернами піску.

Газопроникність визначають за формулою:

$$K = Vh / (Fpt),$$

де V - об'єм повітря, що проходить крізь зразок, виданню  $V = 2000 \text{ см}^3$ ;  
F - площа поперечного перерізу зразка,  $F = 19,635 \text{ см}^2$ ; h - висота стандартного зразка, h = 5 см; t - час проходження повітря, хв; p - тиск повітря перед зразком, Па.

Газопроникність залежить від зернового складу суміші, від вмісту в ній глини, вологи, а також від ущільнення суміші. Чим більше щільність суміші, тим менше її газопроникність, тому для випробування беруть стандартні зразки (a = 50 мм; b = 50 мм) при стандартному ущільненні. Для набивання зразків застосовують напівавтоматичний лабораторний копёр (рис.23), забезпечений пневматичним пристосуванням для підйому вантажу.



мал.23 лабораторний копiр

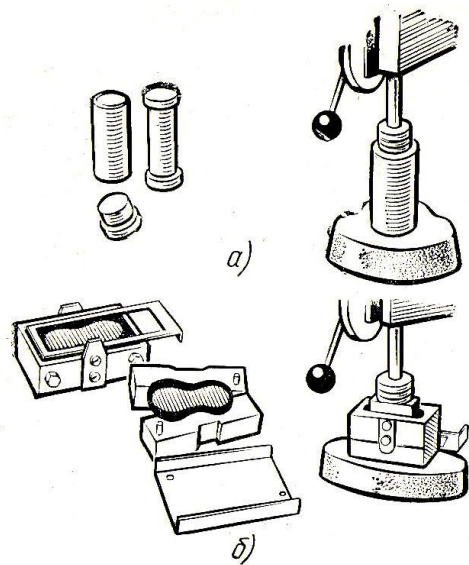
Властивостi формувальних i стрижневих сумiшей перевiряють на стандартних зразках двох типiв: цилiндричних [А = 50 мм, Б = (50 + 0,8) мм] i плоских, що мають форму вiсiмки з поперечним перерiзом у звуженому мiсцi 25X25 мм (рис. 33). Гiльзу з ущiльненим зразком встановлюють на приладi для визначення газопроникностi. Перед випробування гiльзу iз зразком 5 змiцнюють на гумовiй пробцi або за допомогою спецiального затвора (ртутного чи електромагнiтного), вiдкривають триходовий кран 4 i пiднимають дзвiн 1. Усерединi дзвони розташована трубка 2 з отворами, яка входить в трубку 3 бака 7, наповненого водою мал.водяний затвор). Пiд дзвiн набирається 2000 см повітря (нижня вiдмiтка на дзвонi збiгається з краєм бака). Потiм триходовий кран повертають так, щоб повітря з-пiд дзвони проходив через зразок. Дзвiн пiд дiєю сили тяжiння починає опускатися. Маса дзвони повинна бути такою, щоб при закритому триходовий надлишковий тиск становило 0,49 кПа. Для створення тиску 0,98 кПа на дзвiн помiщають спецiальний вантаж. Такий тиск потрібен при випробуваннi дрiбнозернистих сумiшей або при прискореному випробуваннi.

Дзвiн опускається до тих пiр, поки верхня вiдмiтка на дзвонi не збiгається з краєм бака (рис. 24, б). Це означає, що пiд дзвони витiснялося i пройшло через зразок 2000 см повітря. Час, протягом якого 2000 см повітря проходить через зразок, вiдзначають за секундомiром. Тиск, який створюється перед зразком, замiряється водним манометром 6. Результати випробування (р, t) пiдставляють у формулу. Значення V, h, t є постiйними; пiдставивши їх у формулу, отримаємо:

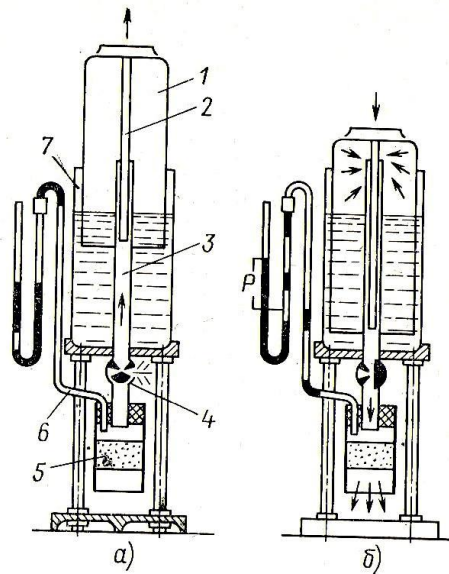
$$K=2000*50/(19,635pt)=509,3/(pt)$$

У цехових лабораторiях газопроникнiсть визначають прискореним способом. Мiж триходовим краном i зразком встановлюють нiпель з точним отвором, що калiбрується. При випробуваннi крупнозернистих сумiшей, що мають велику газопроникнiсть ставлять нiпель з отвором  $d = 1,5$  мм; при випробуваннi дрiбнозернистих сумiшей с.меньшей газопроникнiстю ставлять нiпель e отвором  $d = 0,5$  мм. Перевiрку нiпельiв проводять без зразка: 2600 см 'повітря повиннi пройти через нiпель  $d = 1,5$  мм за 0,5 хв i через нi ~ пгель з отвором I = 0,5 мм за 4,5 хв.

Газопроникність перевіряють протягом декількох секунд. В залежності від тиску  $p$  перед зразком по таблиці, складеної для всіх можливих значень  $p$ , знаходять газопроникність.



Мал. 23. Пристосування для виготовлення формувальної на копрі контрольних піщаних зразків газопроникність а – циліндричних, б - плоских



Мал. 24. Схема випробування суміші на

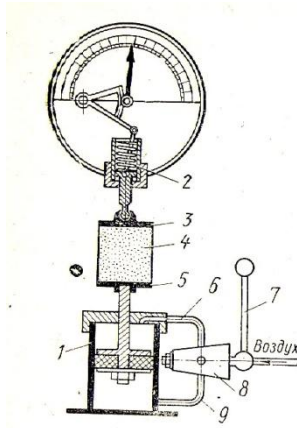
**Визначення міцності.** До формувальних і стрижневих сумішей пред'являють великі вимоги щодо міцності в залежності від призначення цих сумішей. Найбільш поширений спосіб визначення міцності шляхом випробування при стисненні сирих зразків. Від кожного замісу формувальної або стрижневою суміші беруть пробу, з якої виготовляють зразок для випробування на газопроникність.

Після випробування на газопроникність зразок виштовхують з гільзи за допомогою дерев'яного вкладиша і поміщають на прилад для випробування міцності при стисненні (мал. 25). Щоб встановити зразок 4 на предметний столик 5, потрібно повернути рукоятку  $T$  2 в горизонтальне положення. При цьому повітря через чотирьохходовий кран 8 по трубці 6 надходить у верхню порожнину циліндра і столик 5 опускається. Під час випробування поворотом крана 8 повітря впускають по трубці 9 в нижню порожнину циліндра 1. Столик з зразком піднімається, і тиск через зразок передається на верхній майданчик д



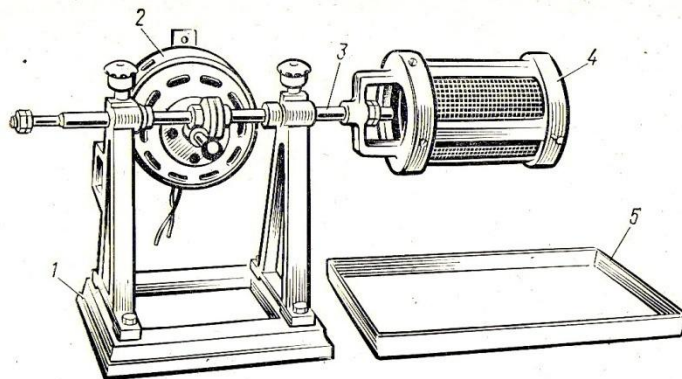
(щиток), яка стискає пружину 2, завдяки чому індикатор обертає стрілку

**Мал. 25** до граничного навантаження. При руйнуванні зразка пружина динамометра автоматично звільняється; основна стрілка повертається до цифри «0», а контрольна вказує на циферблаті міцність при стисненні. Межа міцності суміші при стисненні для дрібних і середніх виливків повинен бути не більше 4,9 кПа. Підвищена: міцність у вологому стані при стисненні вказує на надлишок в суміші глини і, отже, на низьку газопроникність.



На розтяг випробовують зразки-вісімки (див. рис. 33, б) Суміші відчувають також на міцність при вигині, зрізі. Для цього існують спеціальні прилади, за допомогою яких можна проводити комплексні випробування на міцність при стиску, розтягу, вигині, зрізі у вологому і сухому стані.

У цехових лабораторіях відчувають суміші і на поверхневу міцність або осипаемість. Міцність на стирання поверхневого шару форми або стрижня - дуже, важливий показник, особливо для сумішей, призначених для важких виливків. Зразок закладають в сітчастий барабан приладу (мал. 26). Барабан обертається з частотою 60 об / хв протягом 1 хв. Поверхнева міцність виражається втратою маси зразка у відсотках по відношенню до. Первісної масі.



Мал. 26. Прилад для визначення поверхневої міцності сумішей  
1 - станина, 2 – електродвигун, 3 - вал, 4 – сито, 5 - лоток

## **Загальні свідчення виготовлення ливарних форм**

(самостійна)

Процес виготовлення ливарних форм, званий формуванням, виконують у формувальних відділеннях ливарного цеху. Стрижні виготовляють в стрижньовому відділенні і подають на збірку форми у формувальне відділення. Отримання форм, стрижнів і збірка форми - найвідповідальніші етапи виготовлення відливань. Залежно від вживаного модельного оснащення: розрізняють формування по моделях (витягуваним, невитягуваним, роз'ємним, нероз'ємним), за шаблонами (обертання і протяжним), по ящиках (витрусимо, роз'ємним, розбірним). По вигляду вживаного опочної оснащення розрізняють формування в опоках, безопочну, в ґрунті і кесонах, в стрижнях. За способом зміцнення форми розрізняють формування із зміцненням суміші ущільненням, тепловою сушкою, хімічним тверденієм, фізичними способами (магнітними силами, вакуумом і т. д.).

Залежно від ступеня механізації розрізняють три види формування: ручну, машинну і автоматичну. На машинобудівних заводах ручне формування застосовують для отримання однієї або декількох відливань, наприклад, в умовах опитно-експериментального виробництва, при виготовленні унікальних відливань, а також для ремонтних відливань. Машинне формування застосовують в умовах серійного і масового, рідше одиничного виробництва відливань, а автоматичну -- в умовах масового виробництва.

### **Опоки**

Форми в ливарному виробництві виготовляють в основному опоках. Опоками називають жорсткі (прямокутні, квадратні, круглі, фасонні) рамки з чавуну, сталі, алюмінієвих сплавів, оберігаючи піщану форму від руйнування як під час збірки, так і при транспортуванні і заливці (мал. 44). Опоки виготовляють з чавуну марок СЧ 15, СЧ 20 і сталі марок 20Л, 25Л і злиї. Найдосконалішими вважають литі або зварні сталеві опоки, оскільки вони міцніші чавунних.

Звичайно форму одержують в двох опоках - верхньої і нижньої. Поверхні опок по площині роз'єму форм стружуть, а іноді шліфують, щоб забезпечити густину прилягання напівформ.

Для транспортування і кантівки в процесі формування на малих опоках передбачені ручки, а на великих (кранів) цапфи. У стінках опоки роблять вентиляційні отвори для виходу газів, що утворюються при заливці форми.

Формувальна суміш в опоках великих розмірів утримується ребрами-хрестовинами (шпонами).

Розміри в світлі і по висоті опок, елементи конструкцій (стінки, цапфи, ручки, штирі, втулки і т. д.) нормалізовані ГОСТами.

Розрізняють опоки для ручного, машинного і автоматичного формування.

Продукти для ручної форми повинні мати мінімальну масу (без формувальної суміші не більш 30 кг, а з сумішшю не більш 60 кг). При використуванні крана для транспортування опок їх маса може бути значно більше. Ці опоки (крани) за об'ємом ділять на три групи: малі до 250, середні до 750 і великі до 1500 дм<sup>3</sup>.

Опоки для машинної і автоматичної форми - точний і дорогий інструмент. Вони повинні володіти великою жорсткістю, точністю і бути взаємозамінними.

Для транспортування і збірки форм часто застосовують плити, які виготовляють литими з вторинних алюмінієвих сплавів, чавун, а, рідкий зварними з листової сталі. Для видалення газів з форм в плиті передбачають отвори. Невеликі плити покидьків мають приливи - ручки для транспортування, крупніші - цапфи.

**Елементи центрування опок. Важливими елементами, що визначають точність збірки форми, є штирі і втулки в опоках. Існують два способи центрування опок при зборке форми: штирем і на штир. При центруванні штирем штирі встановлюють у вушка верхньої опоки і наводять на вушка нижньої опоки, після збірки штирі виймають з опок і використовують для збірки інших форм.**

При центруванні на штир встановлюють в нижній опці, а верхню отворами її ушков направляють на штирі. Точність центрування забезпечується застосуванням центруючих втулок, закріплюваних у вушках точною обробкою отворів в цих втулках. Штирі виготовляють із сталей 40, 45 і піддають термічній обробці для отримання поверхневої твердості HRC 40-45.

Втулки за призначенням розділяють на центруючі з круглими отворами і направляючі (мал. 45, г) з прямокутним або еліптичним отвором. Втулки виготовляють із сталей 40, 45 і піддають термічній обробці до твердості HRC 45-50.

## Лекція №13

### РУЧНЕ ФОРМУВАННЯ. ФОРМОВКА ПО ТВЕРДІЙ ТА М'ЯКОЇ ПОСТЕЛІ

Ручне формування звичайно використовують в дрібносерійному і одиничному виробництві і здійснюють по моделях, шаблонах, в ґрунті, в опоках, в стрижнях.

Процес виготовлення ливарної форми називають формуванням. Ливарні форми можуть бути разові, напівпостійні і постійні. Разові форми отримують з піщано-глинистих формувальних сумішей, сумішей з рідким склом і з іншими сполучними. Напівпостійні форми виготовляють з графіту, шамоту та інших сумішей. Вони можуть бути використані для одержання декількох виливків, іноді більше 200. В постійних (металевих) формах можна виготовляти до декількох тисяч виливків без зносу форми.

Разові ливарні форми найбільш універсальні і дешеві; в них можна одержувати виливки практично будь-якої конфігурації.

У таких формах отримують більше 80% всіх виливків у машинобудуванні.

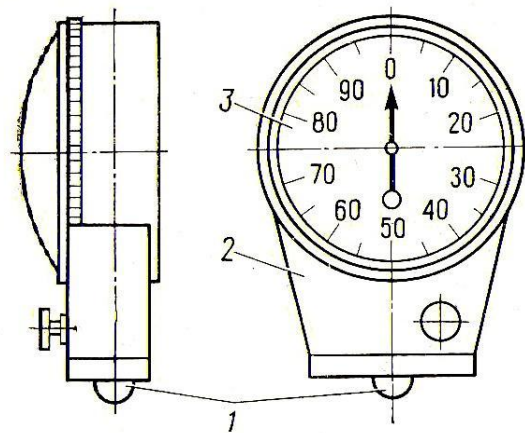
На практиці застосовують такі способи ручного формування: в ґрунті; в опоках; безопочна; за шаблоном; по скелетним моделям; в стрижень. За ступенем механізації формовка може бути ручна, машинна, автоматична. Ручну формовку застосовують при виготовленні однієї або декількох виливків в умовах дослідного виробництва, для ремонтних цілей, при виробництві унікальних виливків; машинну формовку - при серійному і масовому виробництві; автоматичну формовку при масовому виробництві виливків.

**Формовка в ґрунті.** Формовку в ґрунті застосовують в одиничному та дрібносерійному виробництві при виготовленні великих виливків. Недоліки формовки в ґрунті: необхідність приготування ям в підлозі цеху і газовідвідної ліжки, великий обсяг ручних робіт, використання праці висококваліфікованих формувальників. Однак цей спосіб простий, не вимагає спеціального устаткування. Формування в ґрунті виконується двома способами: по «м'якому ліжку» і по «твердій постелі». М'яку постіль використовують при виготовленні виливків плоских і невеликої висоти; тверді ліжку - для великих виливків. Найчастіше застосовують тверді ліжку. Щоб протистояти тиску розплаву, стінки форми повинні мати певну міцність, рівномірну по контуру робочої поверхні форми.

*Міцність* разової форми обумовлюється щільністю формувальної суміші, яка оцінюється масою одиниці об'єму суміші. Щільність розпушеному суміші становить  $0,81 - 1,0 \text{ г/см}^3$ , ущільненої суміші  $1,5-1,7 \text{ г/см}^3$ . При недостатній щільності міцність форми невелика і розплав, діючи на стінки форми, деформує їх - утворюється шлюб, спотворення виливки; при надмірній щільності різко знижується газопроникність, внаслідок чого у виливках з'являються газові раковини і скипить. Отже, щільність суміші повинна бути найбільшою навколо моделі і зменшуватися по висоті опоки. Тільки тоді у формі створюються найкращі умови для відводу газів при заливці форми розплавом.

*Щільність* форми в окремих її місцях виміряти важко, тому у виробничих умовах заміряють твердість поверхні форми.

*Твердість*, міцність і щільність форми пов'язані між собою. Чим вище щільність, тим більше твердість і міцність форми. Для вимірювання твердості застосовують спеціальний прилад - твердомер (рис. 47). У корпусі 2 поміщається кулька 1 діаметром 10 мм, половина якого виступає з корпусу. Кулька 1 впирається в точно градуйовану пружину, яка знаходиться всередині корпусу. Для виміру твердості форми прилад притискають до її поверхні. При цьому кулька вдавлюється всередину форми, стискаючи пружину.

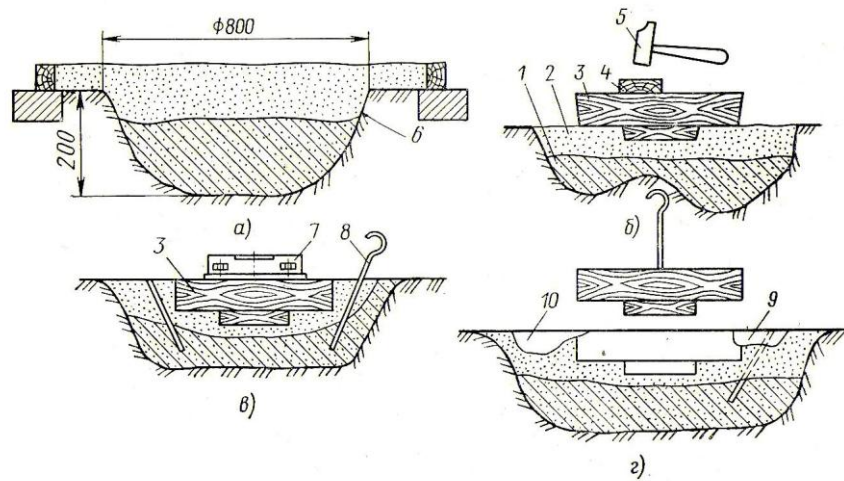


Мал. 47. Твердомер для контролю міцності поверхні ливарної форми  
1 – кулька, 2 – корпус, 3 – шкала

Чим глибше вдавлюється шарик, тим сильніше стискається пружина і тим на більший кут відхиляється стрілка, пов'язана з пружиною. Низька твердість форми (мала щільність) відповідає 20 - 30 розподілам приладу, висока твердість 85 - 90 розподілам.

**Формування по м'якій постелі.** У підлозі ливарного цеху викопують яму глибиною 200 - 250 мм; по довжині і ширині дещо більше моделі. На дні ями встановлюють два бруски та між ними наступають наповнювальну формувальну суміш, розрівнюють. Зверху насипають облицювальну суміш шаром 15 - 30 мм, яку розрівнюють широкою лінійкою і ущільнюють.

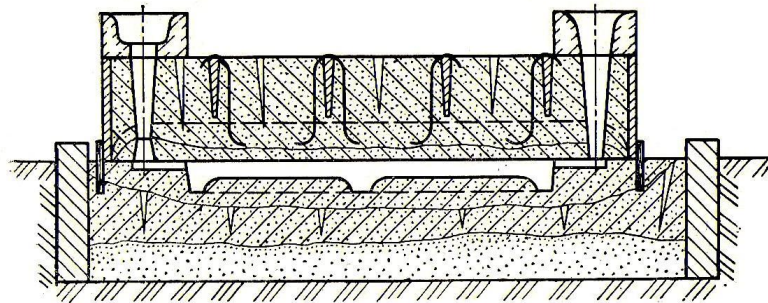
На мал. 48 наведена схема виготовлення в ґрунті форми диска по м'якій постелі. У підлозі б готують яму глибиною - 200мм (мал. 48, а). На шар наповнювальної суміші 1 насипають шар облицювальна суміші 2 (мал. 48, б). Модель 3 обережно осаджують легкими ударами молотка 5 по дерев'яному брусу 4. Горизонтальність моделі перевіряють ватерпасом 7 (мал. 48, в). - Потім ущільнюють формувальну суміш навколо моделі і її надлишок згрібають лінійкою врівень з верхньою площиною моделі. Для відводу газів у формі роблять наколи, вентиляційної голкою 8, а потім виймають модель 3. Щоб запобігти розмиву форми струменем розплаву, литникову чашу 10 і письменник встановлюють так, як це показано на мал. 48, м. З протилежного боку прорізають зливну чашу 9, куди після заливки стікає розплав з поверхні виливки.



Мал. 48. Відкрита формовка в ґрунті по м'якій постелі

Відкрита поверхня розплаву швидко охолоджується і твердне. В результаті гази і неметалічні включення залишаються в відливання. Щоб сповільнити охолодження і уникнути газових раковин, дзеркало металу присипають меленим сухим деревним вугіллям або сухим піском. Відкрита поверхня виливки виходить дуже забрудненої і нерівною. Якщо необхідно отримати чисту поверхню виливки, то заливка проводиться з верхньої напівформи. Верхню напівформи зазвичай виготовляють по нижній (ґрунтової) напівформі (рис. 49). Нижню (ґрунтову) напівформу отримують так само, як у попередньому випадку.

Після набивання нижній напівформи площину роз'єму присипають сухим розділовим піском або графітом, Верхню опоку встановлюють так, щоб відстані від моделі до стінок опоки були приблизно однаковими. Ставлять модель ливникової системи і набивають сумішню верхню опоку як зазвичай. Для фіксації положення опоки (замість штирів) по трьом її стінок забивають в землю кілочки. Виймають модель стояка. Знімають напівформу. Виймають модель з ґрунту. Горизонтальні ливникові ходи прорізають вручну, потім форму збирають.



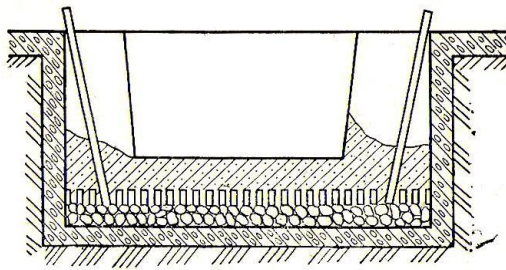
Мал.. 49. Закрита формовка в ґрунті по м'якій постелі

**Формування по твердій постелі.** У ґрунтових формах з твердою постіллю відливають важкі великогабаритні деталі. Б підлозі цеху викопують яму потрібних розмірів (в залежності від габаритів моделі). Глибина ями повинна бути на 400 - 600 мм більше висоти моделі; довжина і ширина на 150 - 200 мм більше (на кожную сторону) довжини і ширини моделі. Якщо цех або проліт призначений спеціально для ґрунтової формовки, то ями роблять постійні та їх бетонують. Такі бетоновані ями називають кесонами. В одному кесоні може бути виконано одночасно дві-три, а іноді і більше форм для різних відливок. Для цього кесон ділять, на відсіки чавунними балками або спеціальними плитами.

Дно ями викладають чавунними плитами (для міцності). На них укладають газопроникні матеріал - найчастіше коксову гар розміром 50X50 мм або бита цегла (мал. 50). По краях ями опускають труби діаметром 80 - 150 мм на відстані

3 м одну від іншої для вентиляції «постелі». На час виготовлення: форми труби закривають клоччям, щоб в них не потрапили земля і сміття. Шар гару ущільнюють, вирівнюють по ватерпасу і застеляють азбестполотном. Для вилучення вилівки з форми на дно ями закладають спеціальні балки або

ланцюга. На гар по краях ями встановлюють з вивірянням за ватерпасу лінійки з урахуванням прогину моделі. Потім на ребро укладають рядами цегла нижче лінійок на 100 - 150 мм. Цегла повинна лежати на утрамбованій гарі. Проміжки між цеглою заповнюють дрібною гаром і ущільнюють вантажем за допомогою мостового крана. Така тверда постіль буде служити послідовно для декількох форм. Якщо низ форми виконується стрижнями, то над цегляною кладкою насипають додаткову суміш і утрамбовують шаром 100 - 150 мм. Якщо ж низ форми стикається з металом, то шар (40 - 50 мм), прилеглий до моделі, складається з облицювальної суміші. Твердість ущільнення суміші 35 - 90 од. Глибина ями з підготовленою постіллю повинна дорівнювати висоті нижньої частини моделі.



Мал. 50. Формовка в ґрунті по твердій постелі

При ґрунтовому формуванні модель вся, або майже вся, поміщається в нижній напівформи, тобто в ямі. Попередньо модель оглядають: перевіряють наявність відокремлених частин, протирають гасом або машинним маслом і опускають у яму. Встановлюють моделі елементів ливникової системи. Для важких виливків метало провідні канали виконують керамічними (шамотними) трубками. Обкладають модель облицювальної сумішшю шаром 40-60 мм і ущільнюють вручну і за допомогою пневматичних трамбівок. Потім засипають наповнювальну суміш і поступово ущільнюють форму. Після ущільнення нижній частині форми площину роз'єму вирівнюють лінійкою, загладжують гладилками і при сипав розділовим складом.

Верхню частину моделі протирають гасом і ставлять на нижню частину. Встановлюють моделі ливникової системи - стояків, випоровши, прибутків, а потім краном верхню опоку. Положення опоки фіксують двома довгими штирями, які забивають у ґрунт у двох протилежних кутах опоки. Насипають на модель, шар облицювальної суміші товщиною 40 - 60 мм. Вішають на хрестовини гачки з таким розрахунком, щоб вони відстояли від моделі на 10 - 15 мм. Гачки повинні забезпечити необхідну міцність форми. Верхню опоку



заповнюють сумішшю і ущільнюють. Потім готову напівформу знімають і остаточно обробляють роз'єм форми. На відстані 50 - 60 мм від моделі роблять канавку завглибшки 10 - 15 мм для прокладки глини. Глиняний поясок навколо моделі потрібен для попередження догляду розплаву по роз'єму форми при заливці. На відстані 100 - 200 мм від моделі по всьому її, периметру роблять другу канавку завглибшки 10 - 15 мм а від неї. Під прямим кутом - ряд додаткових канавок, що виходять за межі опоки. На основній канавці навколо моделі роблять вентиляційні канали на всю глибину форми на відстані 70 - 80 мм один від одного.

Суміш навколо моделі помірно зволожують і витягує модель з форми. Дуже важливо, щоб розташування підйомів на моделі забезпечило плавний вилучення моделі, без перекосів. Після вилучення моделі обережно виймають окремі частини, моделі елементів ливникової системи і обробляють форму. Низ форми (грунтова напівформ) висушується переносними сушив; верхній напівформи для сушіння направляється в сушило. Після сушіння форму збирають. Глибокі ями і кесони можна робити тільки в тих місцях, де ґрунтові води розташовуються досить глибоко

## Лекція № 14

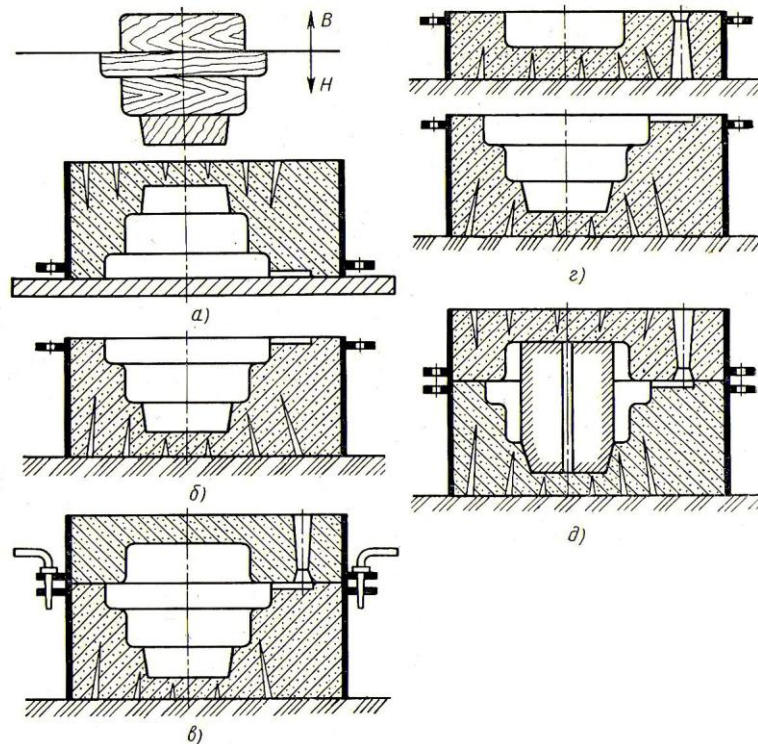
### ФОРМОВКА В ОПОКАХ.

*Формовка в опоках за нероз'ємною і роз'ємною моделям.* Виготовлення форми завжди починають з нижньої напівформи. На модельну плиту ставлять нижню частину моделі площиною роз'єму вниз (мал. 51, а) і опоку так, щоб модель знаходилася на достатній відстані від стінок опоки. Поверхня моделі повинна бути чистою; її потрібно протерти або очистити щіткою і потім припилити лікоподієм або сріблястим графітом (для чавуну). При ручному формуванні зазвичай застосовують роздільні суміші - облицювальну і наповнювальну. Поверхня моделі покривають облицювальною сумішшю шаром 15 - 20 мм. Потім залишився обсяг опоки заповнюють наповнювальною сумішшю і ущільнюють трамбуванням. У верхніх шарах форми щільність формувальної суміші повинна бути такою, щоб суміш не обвалилася при кантуванні. Після ущільнення зайву суміш з поверхні форми зчищають і роблять. наколи вентиляційної голкою для виведення з форми газів, що утворюються під час заливки розплаву. Вентиляційні канали не повинні доходити до поверхні моделі на 10 - 12 мм.

Готову нижню напівформу перевертають на 180° (мал. 51, б); на нижню частину моделі ставлять верхню частину, а потім верхню опоку ставлять на нижню по штирів. Щоб формувальна суміш нижньої напівформи не злипалися з сумішшю верхньої напівформи, площину роз'єму слід присипати сухим (розділовим): піском або припилити сріблястим графітом. Верхню напівформу виготовляють так само, як і нижню (мал. 51, в). Потім готову верхню напівформу знімають і перевертають на 180°. Підйомами витягують половини моделі з нижньої і верхньої напівформ (мал. 51, г). При цьому по моделі і піднесенню злегка постукують дерев'яним молотком, щоб формувальна суміш відстала від поверхні моделі і форма не ушкодилася. При її вилученні. Іноді, для того щоб модель краще виймати з форми, суміш навколо моделі злегка-змочують. Але цього слід уникати, так як місцеве перезволоження форми викликає скипить металу при заливці.

Обидві напівформи оглядають, виправляють, перевіряють їх твердість, обробляють. Якщо потрібно (для великих або складних виливків), напівформи сушать і потім збирають. Сирі форми слід збирати безпосередньо перед

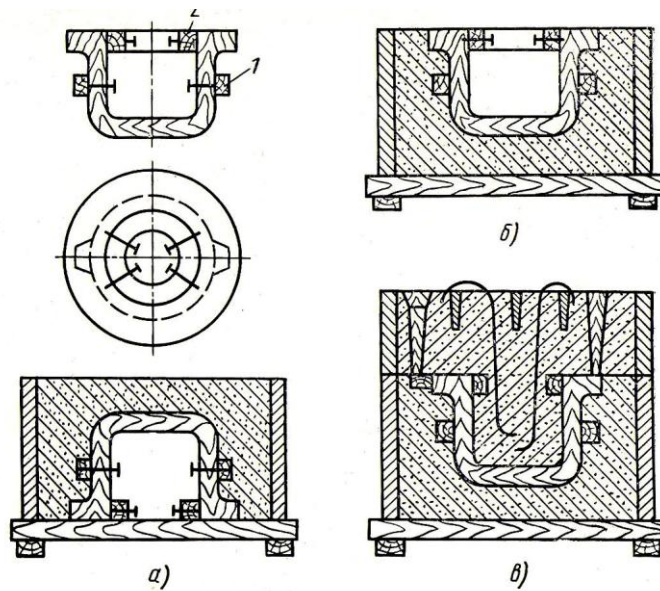
заливкою, щоб стрижні не відсиріли і при заливці не вийшли скипити. На мал. 51, д показана зібрана форма.



Мал. 51. Формовка в опоках за роз'ємною моделлю

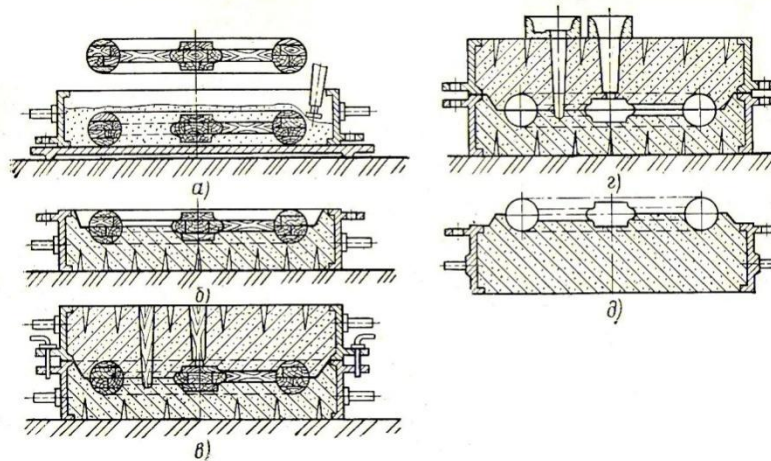
**Формовка по моделі з від'ємними частинами** (мал. 52). Порожнину виливки виконується болваном. Окремі частини 1 перебувають на зовнішній поверхні моделі; від'ємна частина 2, що представляє собою кільце, складається з двох частин.

Після ущільнення суміші в нижній напівформі (мал. 52, а) останню перевертають на 180° (мал. 52, б) і по штирів ставлять на неї верхню опоку, потім заповнюють опоку формувальної сумішшю і ущільнюють суміш. Для кріплення висячого бовдура, що виконує порожнину виливки, ставлять гачки (мал. 52, в). Готову верхню напівформу знімають з нижньої разом з болваном і від'ємною частиною 2, яка легко знімається з бовдура, так як складається з двох півкілець. Виймають модель з нижньої напівформи. При цьому окремі частини 1 залишаються у формі; їх виймають і збирають форму як зазвичай.



Мал.52. Формовка за моделями з від'ємними частинами

**Формовка з підрізуванням і фальшивою опокою.** Підрізування застосовують тільки при ручному формуванні, так як це тривала операція, що вимагає навичку. Підрізування може бути місцевою, тобто в одному місці форми, або навколо всієї моделі. Наприклад, потрібно вручну виготовити форму для штурвала (мал. 53). Дерев'яна модель штурвала дуже хитке, і тому виконати її рознімної дуже важко. У таких випадках модель роблять нероз'ємної, а при виготовленні форми проводять так звану підрізування.



Мал.53. Формовка з підрізкою та фальшивою опокою:  
 а - ущільнення нижньої напівформи, б - виконання підрізування,  
 в - ущільнення верхньої напівформи, г - зібрана форма, д - фальшива

опока

Форму виготовляють наступним чином. Модель і нижню опоку ставлять на модельну плиту, заповнюють опоку формувальної сумішшю і ущільнюють як звичайно (мал. 53, а). Отриману напівформу перевертають на 180 ° і до осі симетрії моделі підрізають навколо моделі і видаляють частину формувальної суміші (мал. 53,б). У нижній напівформі навколо моделі виходить поглиблення. Поверхню роз'єму загладжують, присипають сухим піском або сріблястим графітом; на підрізану нижню напівформу ставлять верхню опоку і моделі елементів ливникової системи (мал. 53, в). Насипають і ущільнюють формувальну суміш; потім верхню напівформу знімають, витягують модель і збирають форму (мал. 53, г).

Таку велику підрізування в кожній формі можна робити тільки в одиничному виробництві. Якщо ж потрібно протягом зміни зробити кілька таких форм, то доцільно застосовувати «фальшиву опоку» (мал. 53, д), яка виконує роль модельної плити. Фальшивої роблять верхню опоку, для цього спочатку набивають нижню напівформу, навколо моделі роблять підрізування. За нижньою напівформою набивають верхню напівформу, причому дуже щільно. Ця верхній напівформи і буде фальшивою. Її знімають з нижньої напівформи і перевертають на 180°, перекладають у неї модель. Тепер по цій фальшивій опоці набивають нижні напівформи. На фальшиву опоку, в яку поміщають модель, ставлять за штирів нижню опоку, заповнюють її сумішшю, ущільнюють. Отриману нижню напівформу знімають і перевертають на 180 °, перекладають у неї модель, встановлюють моделі ливникової системи, заповнюють опоку формувальної сумішшю і ущільнюють. Верхню напівформу набивають як зазвичай по нижній; фальшива опока в цей час залишається в стороні. Фальшиву опоку можна використовувати протягом декількох годин, поки підсохлу суміш не почне обсипатися. При виготовленні виливків великої серії замість фальшивої опоки доцільно застосовувати дерев'яну модельну плиту з вирізом по верхній частині контуру моделі до площини рознімання.

Місцеvu невелику підрізку доводиться досить часто робити при ручному формуванні по великим моделям. Наприклад, площина роз'єму проходить вище радіуса округлення на моделі (мал. 54). Щоб виконати округлення на литві, в цьому місці виконують підрізування. Площина роз'єму виходить фасонна.

## Лекція № 19

### УЩІЛЬНЕННЯ ПРЕСУВАННЯМ, СТРУШУВАННЯМ

Пресові машини бувають двох типів: з верхнім і з нижнім пресуванням.

**Верхнє пресування.** На столі 1 машини (мал.64) зміцнюють модельну плиту 2 з моделлю і постійними штирями. На плиту по штирів встановлюють опоку 3 з наповнювальною рамкою 4. Весь обсяг опоки і рамки заповнюють формувальною сумішшю. Потім включають машину. Стіл машини піднімається, і в додаткову рамку входить пресуюча колодка 5, розміри якої відповідають розмірам наповнювальної рамки. Колодка укріплена на траверсі б, яку після заповнення опоки сумішшю повертають навколо вертикальної стійки і встановлюють над опокою. Формувальна суміш, що знаходиться в наповнювальній рамці, запресовується в опоку. Ступінь ущільнення суміші в опоке можна регулювати, змінюючи висоту рамки.

Позначимо щільність формувальної суміші до пресування через  $p_0$ , після пресування -  $p$ , обсяг моделі в опоці -  $V$ , висоту опоки -  $H$ , висоту наповнювальної рамки -  $h$ , площа опоки -  $F$  і запишемо, що маса суміші в опоке до ущільнення дорівнює масі суміші в опоке після ущільнення:

$$[F(H+h)-V] p_0 = (FH-V)p$$

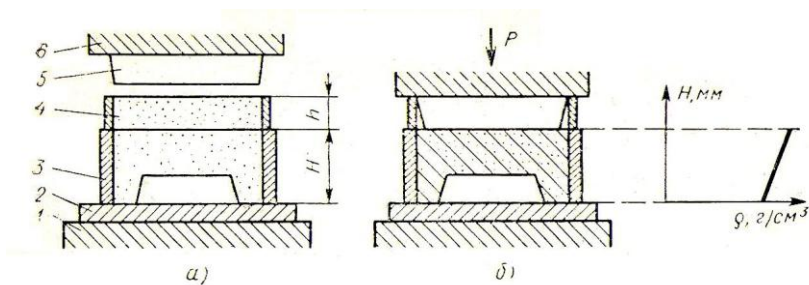
звідси висота наповнювальної рамки

$$h = (H - V/F)(p/p_0 - 1).$$

Формулу можна спростити, якщо обсяг моделі вважати поширеним на всю площу опоки деякої висоти  $H'$ , тоді наведена висота опок  $H_{\text{пр}} = H - H'$ , а формула прийме вид:

$$h = H_{\text{пр}}(p/p_0 - 1)$$

За формулою можна підрахувати висоту наповнювальної амкі, необхідну для отримання заданої щільності форми  $p$ . При верхньому пресуванні найбільша щільність формувальної суміші виходить під пресуванні колодкою; вглиб опоки щільність зменшується внаслідок тертя формувальної суміші про стінки опоки та моделі. Отже, при верхньому пресуванні найбільша щільність суміші виходить у верхньому шарі, що утрудняє вихід газів при заливці, а недостатня щільність навколо моделі може викликати розмив форми.



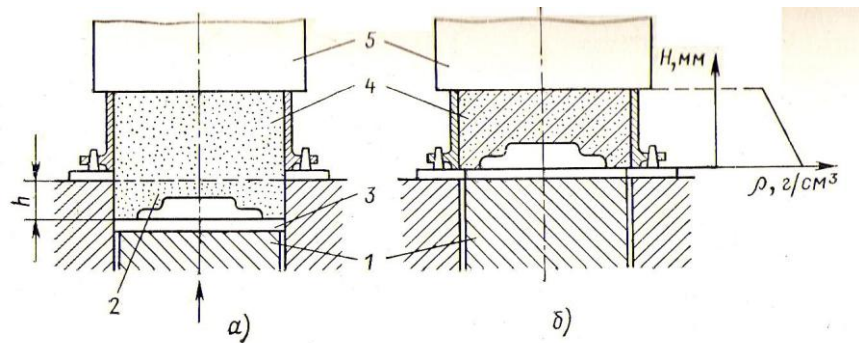
Мал.64. Схема верхнього пресування  
а – до пресування, б – після пресування

Однак при зменшенні висоти опоки сила тертя суміші про стінки опоки зменшується, і щільність по висоті опоки розподіляється більш рівномірно. Тому висота опоки при ущільненні пресуванням обмежена. Гранично допустима висота  $H = (1 \div 1,25)B_{min}$  (де  $B_{min}$  - мінімальний розмір опоки у світлі).

**Нижнє пресування.** Стіл 1 машини перед пресуванням (мал. 65) знаходиться нижче нерухомої рамки 2 висотою  $h$ . Розміри нерухомої рамки відповідають розмірам наповнювальної рамки. Модельна плита 3 з моделлю знаходиться на столі машини. Опоку 4 встановлюють на рамці 2 по штирів. Обсяг опоки з рамкою заповнюють формувальною сумішшю і над опокою встановлюють нерухому траверсу 5 (мал. 65, а). Пресовий механізм столу разом з модельною плитою і моделлю, піднімаючись, запресовує в опоку формувальну суміш знизу (мал. 65, б). Хід столу машини дорівнює висоті рамки  $h$ . При нижньому пресуванні характер ущільнення по висоті опоки розподіляється протилежно характером ущільнення при верхньому пресуванні, тобто найбільша щільність виходить навколо моделі. Це дуже важлива перевага нижнього пресування в порівнянні з верхнім. Однак машини з нижнім пресуванням складніше, вимагають точної налашки, між труться частинами машини може потрапляти формувальна суміш, що викликає передчасний знос деталей.

При пресуванні розвивається значне горизонтальний (бічний) тиск, який становить 30 - 40% тиску на колодці. Внаслідок бічного тиску формувальна суміш притискається до стінок опоки. Що виникає при цьому тертя поглинає деяку частину роботи, яка вже не бере участь в ущільненні формувальної суміші. Чим вище опока, тим більше бічний тиск і тим менша частина роботи витрачається на ущільнення суміші. Тому при одному і тому ж тиску колодки ущільнення в високій опоці при пресуванні виходить менше, ніж в низькій. У зв'язку з цим до

останнього часу пресові машини застосовували тільки для невеликих опок (практично не більше 600x400x100 мм).

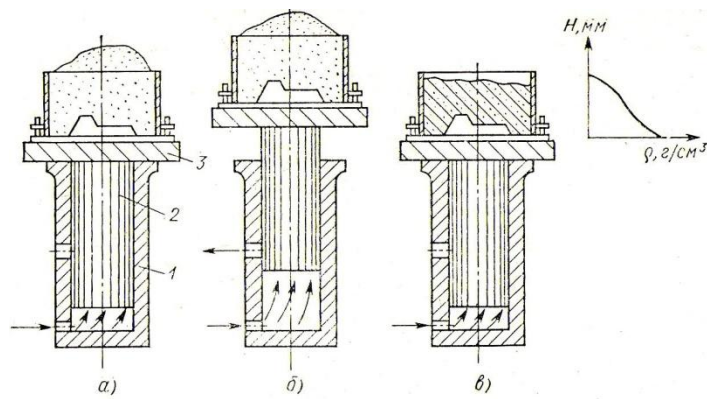


Мал. 65. Схема нижнього пресування  
а – до пресування, б – після пресування

**Ущільнення струшуванням.** Струшувальні формувальні машини широко застосовують у ливарних цехах, завдяки порівняно простій конструкції, надійності і, придатності для виготовлення форм усіх розмірів, за винятком особливо тяжких.

Струшуючий механізм машини (мал. 67) складається з пневматичного циліндра 1, усередині якого знаходиться поршень 2, верхня частина якого є столом машини 3. На столі машини нерухомо зміцнюють модельну плиту з моделлю. За штирів на плиті встановлюють опоку і заповнюють її формувальної сумішшю. Після включення машини під поршень надходить стиснене повітря (Мал.67, а). Коли тиск під поршнем досягає певного значення, поршень разом зі столом, модельної плитою і опокою піднімається (мал. 67, б). При русі поршня вгору в деякий момент під струшують циліндрі машини відкривається вихлопне вікно. Повітря під поршня виходить, тиск під ним знижується, але поршень ще рухається вгору за інерцією, досягаючи певної висоти. До цього моменту тиск під поршнем стає в кілька разів менше маси піднятих частин. Поршень зі столом і опокою падає, відбувається удар його про станину машини (Мал. 67, в).





Мал. 67. Схема ущільнення струшуванням

У момент удару на нижній шар формувальної суміші, що лежить навколо моделі і на плиті, діє сила інерції всієї лежачою над ним суміші, отже, щільність в цьому шарі виходить найбільшою. У міру віддалення від площини рознімання щільність зменшується, а верхні шари при струшуванні навіть розпушуються і потребують додаткового ущільнення. На невеликих машинах є спеціальні пресувальні пристрої, які після струшування доущільнюють верхні шари формувальної суміші в опоці. На великих машинах пресуючих пристроїв немає, так як для створення потрібного тиску при пресуванні вони повинні бути громіздкі. Тому верхні шари суміші в опоці після струшування підпресовують вручну пневматичними трамбівками. Такий спосіб ущільнення верхніх шарів не можна вважати раціональним, так як знижується продуктивність машини. Однак його ще застосовують, особливо в дрібносерійному виробництві.

Щільність формувальної суміші в опоці при струшуванні залежить від висоти підйому столу і від числа ударів. Робота ущільнення прямо пропорційна висоті підйому столу:

$$A=Gh$$

де  $G$  – маса суміші в опоці кг;  $h$  – висота підйому столу, см.

Теоретична питома робота струшування на  $1 \text{ см}^2$  площі опоки

$$a_0=Gh/F$$

де  $F$  – площа опок.

Фактична питома робота, витрачається на ущільнення суміші в опоці за один удар

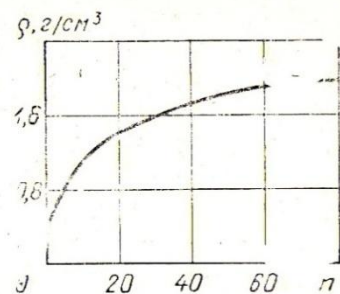
$$a_0=Ghn/F$$

де  $n$  – коефіцієнт, що враховує втрати енергії при падінні столу; для пневматичних машин

$n=0,3 \div 0,7$  (в залежності від конструкції машини).

У сучасних струшуючих машинах висота підйому столу коливається від 30 (невеликі машини) до 100 мм (великі машини). Число ударів (струшувань) для ущільнення однієї напівформи практично не перевищує 80, і встановлюють його частіше дослідним шляхом або за допомогою автоматичних клапанів часу. Залежність щільності формувальної суміші від числа ударів наведена на мал. 68. Щільність формувальної суміші збільшується прямо пропорційно числу ударів до деякої межі. При подальшому струшуванні щільність не збільшується, а при дуже тривалому струшуванні формувальна суміш починає розпушуватися. Це пояснюється тенденцією зерен піску групуватися по фракціях, великі зерна прагнуть переміщатися вгору, дрібні – вниз.

При формуванні на струшуючих машинах в деяких випадках спостерігається нерівномірний розподіл щільності суміші навколо моделі. Поблизу сильно виступаючих частин з різко горизонтальними і круто похилими чи вертикальними стінками спостерігається слабке ущільнення. Якщо горизонтальні і вертикальні площини сполучаються по радіусу, то чим більше радіус округлення, тим вище щільність. Освіта слабкого місця пояснюється мабуть тим, що рухомий вниз при струшуванні потік суміші огинає гостру кромку і відхиляється убік. У великих опоках облицювальну суміш навколо моделі обжимають вручну, тим самим попереджаючи місцеве недоущільнення форми. Іноді для підпресування верхніх шарів суміші при струшуванні застосовують профільні плити. Виступ на плиті підсилює ущільнення в місці, де можливе утворення місцевого недоущільнення.



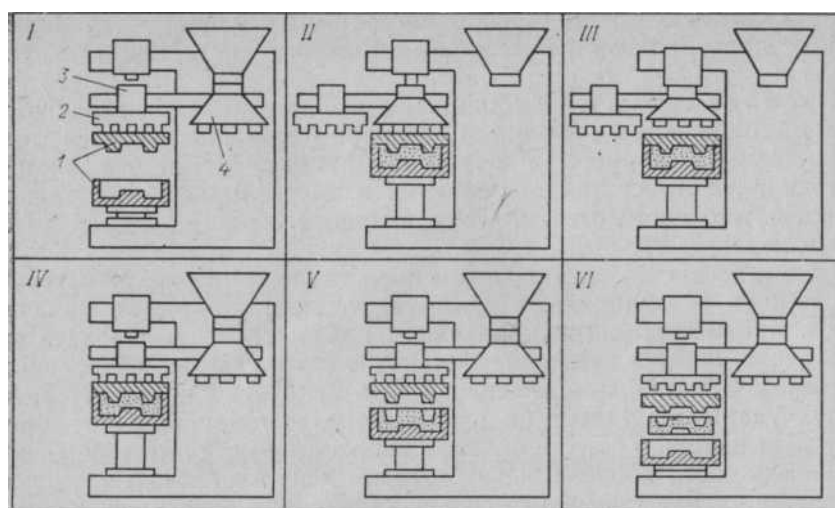
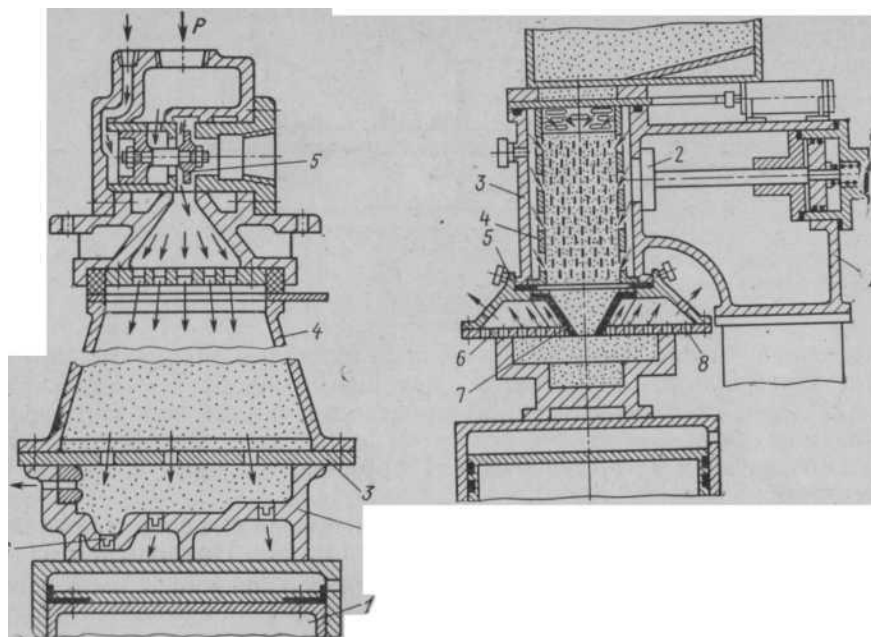
Мал. 68. Залежність щільності формувальної суміші  $\rho$  від числа ударів  $n$  при струшуванні

## Лекція № 24

### **ВИГОТОВЛЕННЯ СТЕРЖНІВ НА ПІСКОСТРІЛЬНИХ ТА ПІСКОДУВНИХ МАШИНАХ, НА МАШИНАХ З ОСНАСТКОЮ, ЩО НАГРІВАЄТЬСЯ**

Піскодувні машини є найбільш прогресивними, тому що забезпечують високу продуктивність, а також висока якість стрижнів і форм. Стрижні, виготовлені на піскодувній машині, мають рівномірну щільність, хорошу газопроникність, чисту і гладку поверхню. Піскодувні машини доцільно застосовувати тільки у великосерійному і масовому виробництві, так як стрижневі ящики повинні бути металевими і спеціальної конструкції. На рис. 97 показана схема роботи піскодувній машини. На столі 1 машини встановлюється стрижневий ящик 2. Стіл під-приймаються і щільно притискає ящик до надувний плиті 3 робочого резервуара 4, наповненого стрижневий сумішшю. Стисле повітря через клапан 5 вступає в резервуар і спрямовується через вдун-ні отвори в плиті в стрижневий ящик, тягнучи за собою стержневу суміш і утворюючи піщано-повітряний струмінь. Повітря не задержується в ящику, віно виходить через спеціальні отвори - Венти 6, розташовані з протилежного боку, а іноді і в бокових стінках (залежно від конструкції ящика). Стержнева суміш ущільнюється завдяки перепаду тиску в резервуарі машини і стержневому ящику, а також кінетичної енергії струменя, яка залежить в основному від тиску повітря в резервуарі. Для забезпечення рівномірної щільності стрижня важливо правильно визначити тиск. Рис. 98. Схема піскострельной головки співвідношення сумарної площі перерізу вдувних отворів і вентиляційних вент, а також правильно расположить їх. Встановлено, що діаметр вдувних отворів можна приймати в межах 8-20 мм залежно від розмірів стержня і властивостей суміші. Вдувні отвори розташовують на плиті в залежно від габаритних розмірів ящика на відстані до 150 мм один від одного. Сумарне перетин вент має становити  $0,3-0,5$  сумарного перетину вдувних отворів  $2T7_{вд}$ . Венти роблять у вигляді пробок з тонкими прорізами (див. рис. 28), через котрі проходить повітря, але не прокидається пісок. Обсяг стрижня повинен бути менше обсягу резервуара машини, інакше в стержнях буде залишатися рихлота. Піскодувний резервуар періодично наповнюється стрижневий сумішшю з бункера, для чого він пересувається під бункер спеціальним механізмом і повертається під

дутьєвий клапан. Де які моделі піскодувних машин на робочому столі мають спеціальні затискачі для бічного кріплення ящика. Ящик повинен щільно прилягати до надувній плиті. Не можна допускати проривів суміші по роз'єму або в інших місцях, так як в цьому випадку ящик швидко зношується. Алюмінієві ящики по площині роз'єму повинні бути армовані листовою сталлю. Проти вдувних отворів в стінках ящика повинні бути вправлені сталеві шайби, що оберігають ящик від швидкого стирання струменем піску. Піскострельні машини - різновид піскодувних машин. Завдяки особливості руху стрижневою суміші при піскострельному процесі, міцність стрижневу суміші у вологому стані не має такого значення і не позначається на одномірності щільності стрижня і її величині, як при піскодувном процесі. Схема піскострельної головки представлена на рис. 98. Стержневий ящик встановлюють на столі машини, який, піднімаючись, притискає ящик до надувній плиті 6. Стислене повітря з резервуара 1 через дутьєвий клапан 2 надходить в піскострельний резервуар 3 машини. Тиск у ньому миттєво підвищується, і повітря ударно діє на стовп суміші, виштовхуючи його через конусну насадку-7 в стрижневий ящик. Гільза 4 має на боковій поверхні прорізи, через які діє стиснене повітря, зменшуючи тертя суміші про стінки і ліквідуючи зависання. Повітря з стрижневого ящика відводиться через отвори 8. Для виготовлення стрижнів різної конфігурації піскострельні машини забезпечуються змінними насадками 5. Виробництво машин 250-300 циклів / год Стиснене повітря з надувної головки майже не потрапляє в стрижневий ящик, тому вентиляційних отвори необхідні лише для видалення атмосферного повітря. Зважаючи на відсутність абразивного дії піщано-повітряного струменя стрижневі ящики зношуються мало, тому можливе застосування дерев'яних ящиків. Отже, піско-стрельні машини можна використовувати при будь-якому характері виробництва. Виготовлення стрижнів по нагрівальній оснастці. Найбільше слабкою ланкою в технологічному процесі отримання стрижнів є сушка, вона дуже енергоємна й тривала. Цього недостатка позбавлений технологічний процес виготовлення стрижнів із суміші у ящиках, що нагріваються. Сутність процесу полягає в тому, що суміш, потрапляючи в попередньо нагрітий ящик, розігрівається і протягом 15-60 с становиться твердою, тобто процес сушіння відпадає.



Мал. 99. Схема роботи стрижневої піскострельної машини по нагріваємій оснастке

При цьому стрижні виходять високої якості (геометрична точність уразі з виключно чистою поверхнею) і високої міцності з хорошою газопроникністю і виживанням. Відпадає також необхідність в каркасах. До недоліків способу можна віднести конструктивну складність стрижневих ящиків, необхідність нагрівання, дефіцитність і високу вартість смол. Суміш складають із сухого кварцового піску, термореактивного сполучного, катализатора і незначної кількості деяких добавок, які поліпшують технологічні властивості сумішей. Ущільнення ГТС виробляється на піскодувних або піскострельних машинах, які мають деякі відмінні особливості. Переважно використовувати

машини з пересувними головками (з позиції завантаження на робочу позицію і наоборот). У такій конструкції виключено шибєрні пристрії, у разі чому підвищена її надійність. Оснащення на машинах нагрівается за допомогою електричних нагрівачів, вмонтованих в ящики або виконаних окремим блоком (див. рис. 29), а також за допомогою газових пальників. У разі наявності в оснащенні (у стрижневих ящиках) великих відокремлених частин застосовують комбінований (газовий і електричний) нагрів. Більш економічний і технологічний газовий нагрів, при якому оснащення швидко нагрівается до потрібної температури і прогрівається рівномірно. Установки конструктивно більш прості і дуже надійні. На рис. 99 показана схема роботи стрижневий піскострельній машини по нагрівальній оснастці: / - складання нагрітого ящика 1, при цьому пристрії розпарювати 3 і нагрівальне 2 перес  $\neg$  гаються вперед, а піскострельная головка 4 переходить на робочу позицію; II - ящик піднімається, і відбувається надув суміші ; III - головка піднімається, і ящик опускається; IV - нагрівач  $\neg$  ве і розпирає пристрії переміщуються в робоче положення  $\neg$  ня; V - голівка переміщається на позицію завантаження суміші, про  $\neg$  виходять отверждение стрижня, розкриття скриньки, виштовхування стрижня; VI - готовий стрижень знімається знімачем. Знімання стрижнів з машини здійснюється за допомогою вилючного або м'якого конвеєрного пристрою (мал. 100). Машини мають пристрії для очищення робочої поверхні ящиків і для покриття їх розділовим складом.

## Лекція 35

### Особливості кристалізації сплавів в ливарній формі

Залитий у форму метал віддає теплоту ливарній формі і при охолодженні починає кристалізуватися. Кристалізація — це процес утворення кристалів при переході з рідкого або газоподібного стану в твердий, а також при перетворенні однієї фази на іншу в процесі охолодження сплаву, що твердіє. Утворення кристалів при переході з рідкого або газоподібного стану в тверде називають первинною кристалізацією, а зміна форми кристалів в твердому стані — вторинною кристалізацією. Від первинної кристалізації залежить і вторинна, тому первинна кристалізація є найважливішим чинником, що визначає механічні і інші властивості відливання.

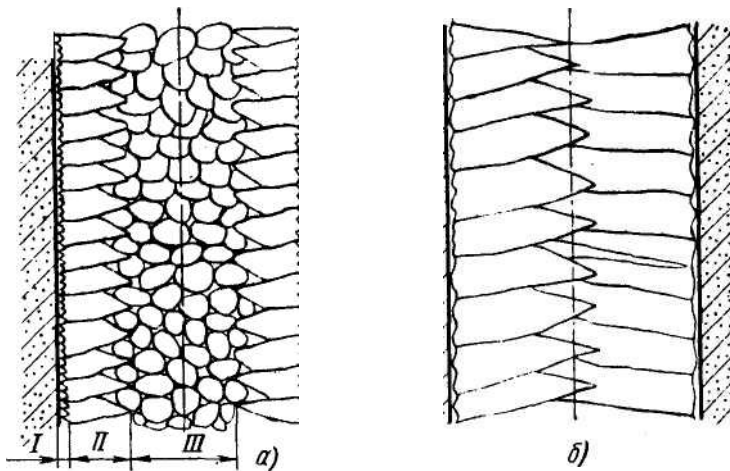
Для утворення кристалів з розплаву необхідний зародок або центр кристалізації. За певних умов із зародка зростає кристал. Зародки можуть мати різне походження. Одні зародки утворюються мимоволі в розплаві, що переохолоджував, при швидкому охолодженні: у рідкому стані атоми рухаються безладно, а при зменшенні вільної енергії (охолодженні сплаву) вони можуть утворити групи деякої критичної величини, здатні стати зародками кристалізації. Інші зародки—пріміеси, завжди присутні в розплаві продукти реакцій металургійних процесів у ванні печі і на поверхні футеровки.

Для початку кристалізації необхідно зменшити вільну енергію, тобто переохолоджувати розплав, відвести деяку кількість теплоти, щоб на наявних в розплаві зародках почалося зростання кристалів. Таке переохолодження розплаву і максимальне число зародків — центрів кристалізації спостерігається поблизу стінок форми, тому твердіння відливання завжди починається у стін форми.

Зростання первинного кристала. Із зародка кристалізації може вирости кристал, якщо сплав продовжує охолоджуватися. Форма і внутрішня будова первинного кристала залежать від швидкості охолодження, поверхневого натягнення на межі між твердою і рідкою фазами і від числа активних зародків в одиниці об'єму розплаву.

Чим більше центрів кристалізації, тим дрібніше будуть кристали, і навпаки. Унаслідок швидкого охолодження сплаву на поверхні відливання утворюються дрібні кристали; у середній частині відливання, де охолодження

повільніше, відбувається вільніше зростання столбчатих кристалів у напрямку до центру відливання. У центральній частині відливання утворюються крупніші рівноважні кристали, орієнтовані безладно. Залежно від різних чинників, що впливають на первинну кристалізацію, будова відливання визначається виглядом і взаємним розташуванням кристалів сплаву, що твердіє. Структура відливання, затверділого в піщаній або металевій формі, може мати кристали



трьох видів: столбчатіе або дендритніе, з паралельним розташуванням великих осей; кулясті округлої або шестигранної форми; змішані з безладною орієнтацією осей (мал. 146, а).

Якщо столбчатіе кристали тягнуться до осі симетрії перетину відливання, то таку структуру називають трансїкрїсталїчеської (мал. 146, б), а процес утворення такої будови — трансїкрїсталїзаційей. Крім того, по величині кристалів розрізняють дрібнозернисту і грубозернисту будову. Найбільшою міцністю і пластичністю володіють відливання з дрібними кулястими кристаллами, гіршими, — відливання, столбчатую, що мають, кристалїчну або трансїкрїсталїчеськую структуру. У фасонних відливаннях зазвичай присутні кристали трьох видів. Зовнішня зона / біля стїнок форми складається з кулястих зерен, а іноді навіть з тонких голок; середня зона // — з дендрїтов, а центральна зона /// — з равноосних безладно орієнтованих кристалів.

Стальні та чавунові відливання мають розвинену зону змішаних кристалів, а відливання з кольорових сплавів — всі перераховані зони. -Это пояснюється складом сплаву і його властивостями. Структура відливань залежить від великого числа чинників, головними з яких є наступні: властивості шихтових матеріалів і умови плавки; температурний інтервал кристалізації; приміси, що



містяться в сплаві; способи підведення розплаву у форму і охолодження відливання у формі; механічна дія на процес кристалізації.

## Лекція 36

### Чинники, що впливають на структуру відливань

Мета навчання: вивчити вплив властивостей шихтових матеріалів і умов плавки, температурного інтервалу кристалізації, домішок, модифікації, механічної дії на кристалізацію.

Вплив властивостей шихтових матеріалів і умов плавки. Основні елементи шихтових матеріалів майже цілком переходять в розплав, а потім у відливання, тому кристалічна будова відливання залежить від складу і стану шихти, від температурного режиму плавки, розкислювання металу. Встановлено, що найбільш сприятливу кристалічну будову мають сталеві відливання при веденні плавки з інтенсивним кипінням ванни, а також при ретельному рафінуванні. Вплив температурного інтервалу кристалізації. Академік А. А. Бочвар встановив, що в сплавах з вузьким температурним інтервалом кристалізації, тобто невеликою різницею між температурами ліквідуса і солідуса, найчастіше утворюються столбчати кристали.

У сплавах з широким інтервалом кристалізації утворюються безладно розташовані дендрити. Тому відливання з чистих металів, нізкоуглеродистих сталей, латуні, білого чавуну мають розвинену зону столбчатих кристалів. Вплив домішок. Акад. А. А. Байков встановив, що нерозчинні домішки, що містяться в розплаві, є центрами кристалізації, якщо параметри кристалічної решітки домішки близькі до параметрів ґрат металевої основи сплаву. Завдяки цьому виходить дрібнозерниста будова сплаву, властивості його поліпшуються. Проте при перегріві розплаву вище певної температури відбувається дезактивація домішок. Знаючи значення домішок в кристалізації сплавів, можна направлено змінювати кристалічну будову відливань, тобто модифікувати сплав, покращуючи його властивості.

Вплив модифікації. Модифікація — обробка рідких сплавів малими спеціальними добавками (модифікаторами) перед заливкою їх у форми з метою

подрібнення кристалів в процесі первинної кристалізації. Шляхом модифікації можна регулювати структуру відливання, підвищувати її щільність, механічні властивості. Розрізняють модифікацію I і II роду. При модифікації I роду модифікатор, будучи, поверхнево-активною речовиною, перешкоджає зростанню кристалів і сприяє отриманню дрібнозернистої структури. При модифікації II роду модифікатор штучно збільшує число зародків кристалів. Наприклад, цей ефект модифікації досягається при введенні бору, алюмінію і інших елементів в сталь.

Вплив умов заповнення форми і охолодження відливання. Метал, що заливається у форму, віддає теплоту її стінкам. Проте поблизу живильника рідкий метал прогріває стінки форми більше, внаслідок чого до моменту закінчення заповнення температура металу в різних місцях форми буде різна. Тому в різних частинах фасонних відливаних теплові умови кристалізації металу і кристалічна будова будуть різними. У тонких місцях відливання будова кристалів глобулярна, а в масивних — дендритне. Із збільшенням швидкості кристалізації первинні кристали зменшуються, тому відливання, отримані в металічних формах, мають дрібнозернисту будову. Великий вплив на величину зерна надає температура заливки; з пониженням температури заливки величина його зменшується.

Вплив механічної дії. Д. До Чернов вказав на можливість управління кристалічною будовою зливки шляхом його кантування при твердінні, а також перемішування рідкого незатверділого об'єму зливки. Механічна дія на сплав, що кристалізується, сприяє руйнуванню дендритів, що ростуть, уламки яких можуть бути додатковими центрами кристалізації, що змінюють будову відливання. На цьому принципі засновані такі способи управління кристалізацією відливаних, як заливка металу у віброуючі форми, електромагнітне перемішування і т.д. Ці способи дозволяють отримувати фасонні відливання з мелкозернистою структурою із сплавів, схильних до транс'кристалізації.

## Лекція 37

### Рідкотекучість металів і сплавів

Рідкотекучість - це здатність металів і сплавів в розплавленому стані заповнювати порожнину форми і точно відтворювати контури відливання. Хороша жідкотекучість сплаву забезпечує отримання щільних високоякісних відливаних, зменшення газових і усадкових раковин, недоливів і ін. Здатність металу або сплаву заповнювати порожнину форми залежить від його фізичних властивостей: в'язкості і поверхневого натягнення. Крім того, на жідкотекучість надає вплив вміст домішок в металі або сплаві, схильність до тієї, що окисляється і теплоотводящая здатність ливарної форми. Майже у всіх металів і сплавів чим вище в'язкість, тим менше жідкотекучість.

Здатність рідкого сплаву заповнювати форму необхідно розглядати як комплексна технологічна властивість, на яку надають великий вплив властивості сплаву, властивості форми і конфігурація її порожнин. Жідкотекучість сплавів визначають за допомогою заливки спеціальних технологічних проб у вигляді тонких прудков, пластин прямих і спіральних. По шляху, пройденому сплавом по каналах технологічної проби (тобто по довжині прудка) знаходять жідкотекучість сплаву. Жідкотекучість чавуну часто визначають по спіральній пробі з трапециевидним перетином площею 0,56 см<sup>2</sup>. Після заливки вимірюють довжину частини спіралі, яка характеризує жідкотекучість, що заповнилася. Рідкотекучість сплавів і металів визначається за допомогою технологічної проби. Найбільш поширений спосіб визначення жідкотекучості при відливанні сплаву у формі спіралі (мал. 1).

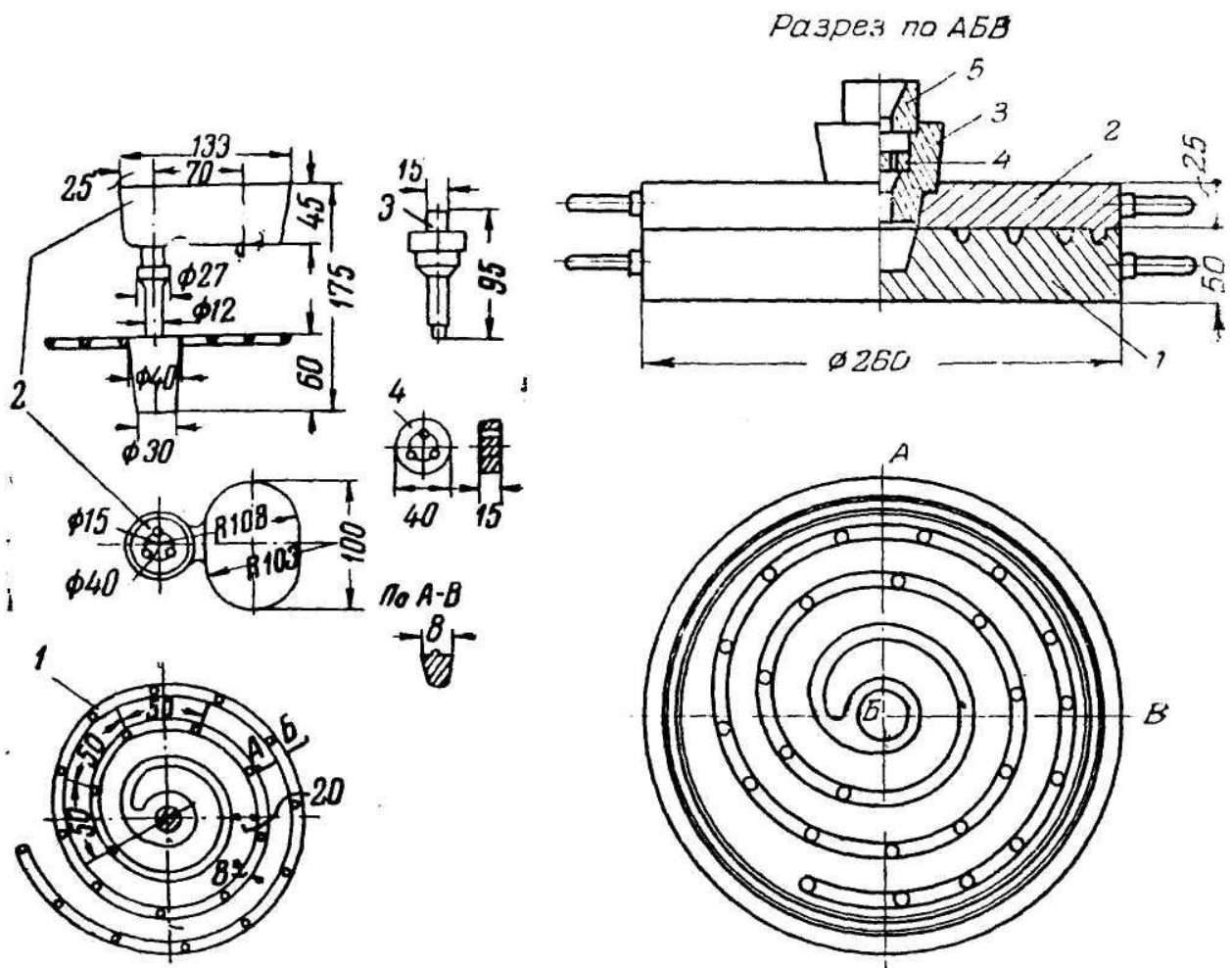


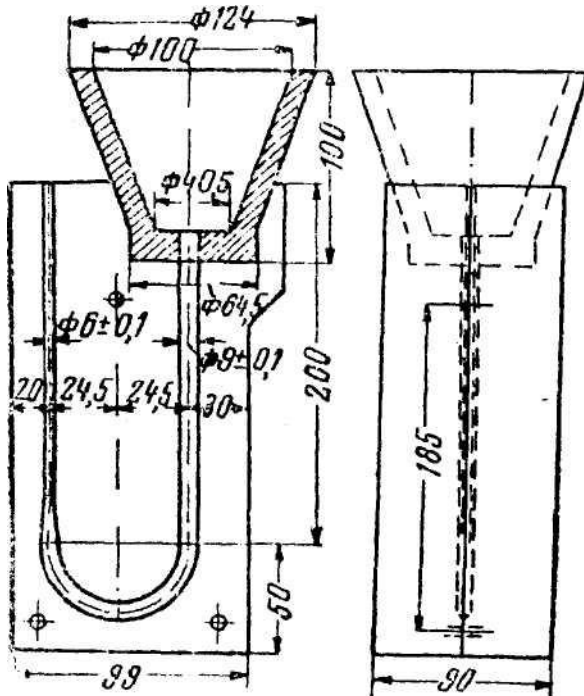
Рис. 1. Спиральная проба для определения жидкотекучести при литье в песчаные формы: 1 — спираль; 2 — литниковая чаша; 3 — модель стояка; 4 — фильтр-шлакоуловитель

Рис. 2. Спиральная проба для определения жидкотекучести при литье чугуна в металлические формы: 1 — нижняя полуформа; 2 — верхняя полуформа; 3 — центровой стержень; 4 — фильтровальная сетка; 5 — литниковая воронка

Перед заливкою обидві половинки форми проби спарюють, в поглиблення частини літника для уловлювання шлаку ставлять піщаний фільтр і заливають метал з ложки. Коли проба залита, форму рознімають і вимірюють довжину спіралі. Довжина спіралі, зміряна в міліметрах, є мірою жидкотекучості. Для прискорення підрахунку довжини через кожних 50 мм на моделі спіралі роблять невеликі круглі виступи. Жидкотекучість тим більше, чим більше довжина спіралі. Щоб отримувати порівнянні результати, треба дотримуватися стандартних розмірів перетину спіралі, висоти і перетину стояка, кількості і

розмірів отворів піщаного фільтру, ставити форму для заливки проби в горизонтальне положення і, нарешті, заливку вести з ложки, встановленої на краю чаші літника.

Залежно від способу виготовлення і заливки форм, спіралі для визначення жідкотекучості відливають в сирих або сухих формах. Н. П. Дубинин розробив конструкцію металевої форми (мал. 2) для визначення жідкотекучості.

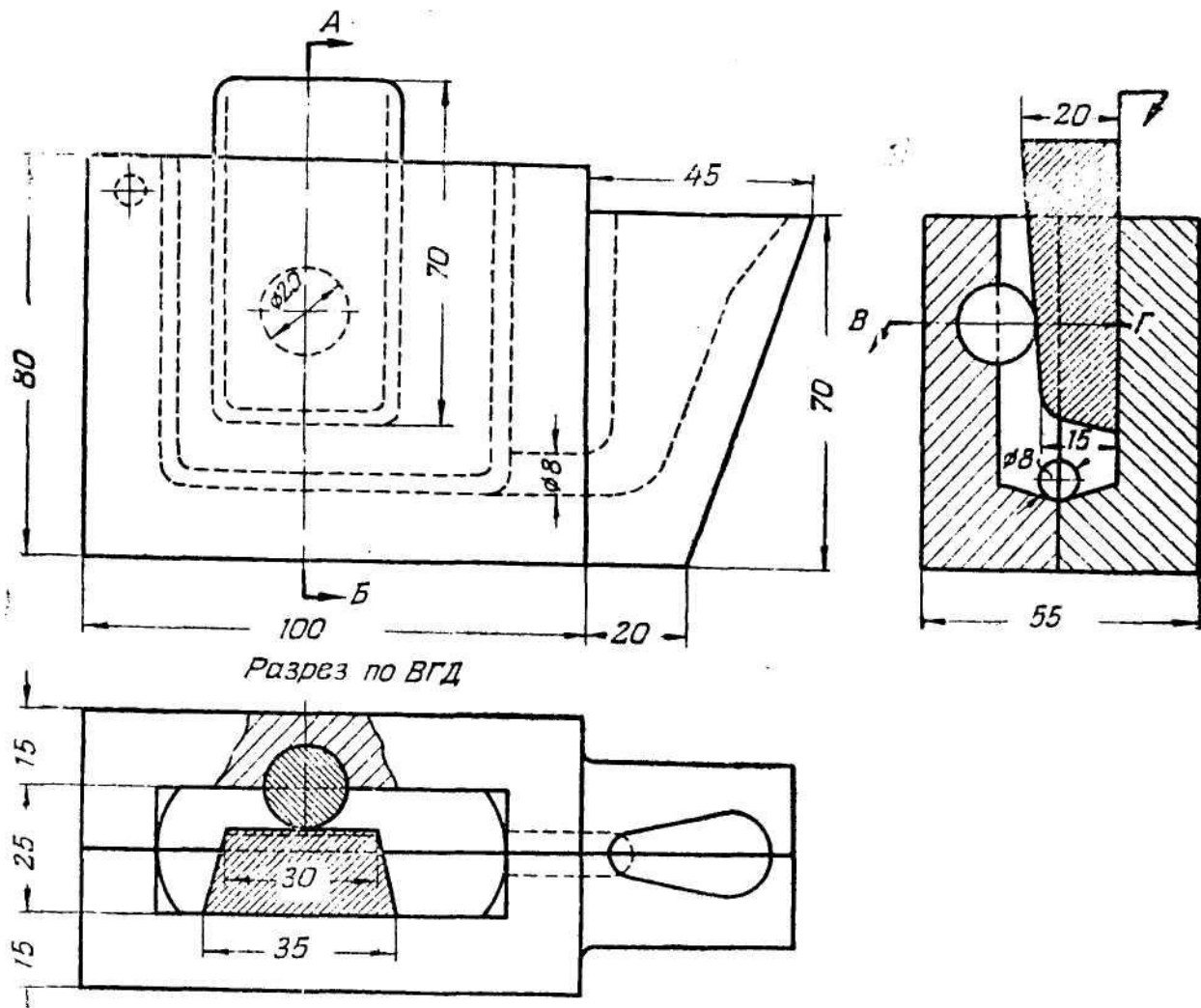


Заслуговує також уваги запропонований А. М. Самариним і Ю. А. Нехендзи спосіб заливки в ІЛ-образну металеву форму (мал. 3) металу для визначення жідкотекучості сталі. Ю. А. Нехендзи і А. М. Самарин вважають, що твердий розчин перестає текти в інтервалі кристалізації при температурі нульової жідкотекучості. На думку Б. Б. Гуляєва, перебіг металу припиняється з той момент, коли на кінцевій поверхні потоку утворюється тверда кірка, міцність якої достатня, щоб витримати гідростатичний натиск.

Рис. 3. О-образная сифонная проба Ю. А. Нехендзи и А. М. Самарина для определения жідкотекучості сплавів. Жідкогекучесьть, визначувана по цій пробі, тим більше, чим менше отвір під кулькою, і навпаки. Кулькова проба застосовується при визначенні жідкотекучості бронзи, алюмінієвих і магнієвих сплавів. Залежність жидкотекучості від різних умов визначається по формулі, розробленій французьким академіком Альбером Порт евеном

$\Omega = m\phi (t_3 - t_{н.ж}) / (t_3 - t_\phi)$  мм, де  $\Omega$ -жидкотекучість, мм;  $m$ -коефіцієнт залежності жидкотекучості від властивостей рідинного металу;  $\phi$ - коефіцієнт залежності жидкотекучості від стану поверхні форми;  $t_3$ -температура заливки сплаву у форму;  $t_{н.ж}$ -температура нульової жидкотекучості;  $t_\phi$ -температура форми під час початку заливки.

Акад. А. А. Бочвар вважає, що здатність металів і сплавів заповнювати форму (жідкотекучість) зменшується і зникає унаслідок утворення суцільного скелета кристалічної фази.



Мал. 4. Кульова проба для визначення рідкотекучості кольорових сплавів

Оскільки характер процесу кристалізації сплавів різного складу різний, жідкотекучість сплавів залежатиме від положення їх на діаграмі стану. Найбільшими жідкотекучістю за інших рівних умов (перегрів сплаву і підігрівши форми) володіють сплави евтектичного типу. Якнайкраща жідкотекучість відома у латуні і фосфорного чавуну, вживаного для відливання

## Лекція № 38

### Усадка металів і сплавів.

Усадка — це властивість металів і сплавів зменшувати об'єм при твердінні і охолодженні. Розрізняють лінійні  $\epsilon_{\text{лін}}$  і об'ємну  $\epsilon_v$  усадки, які виражають не в абсолютних значеннях, а у відносних

$$\epsilon_{\text{лін}} = [(I_{\text{ф}} - I_{\text{отл}}) / I_{\text{отл}}] 100\%; \quad \epsilon_v = [(V_{\text{ф}} - V_{\text{отл}}) / V_{\text{отл}}] 100\%,$$

де  $I_{\text{ф}}$  — лінійний розмір ливарної форми;  $I_{\text{отл}}$  — розмір відливання при температурі 20 °С після твердіння;  $V_{\text{ф}}$  — об'єм форми;  $V_{\text{отл}}$  — об'єм відливання при температурі 20 °С. Лінійна усадка починається не з моменту остаточного твердіння відливання, а декілька раніше — після освіти достатньо міцного скелета з дотичних між собою кристалів, здатного протистояти тиску рідкого сплаву. Отже, температурою початку лінійної усадки буде температура, що знаходиться між ліквідусом і солідусом. Тільки у чистих металів початок лінійної усадки співпадає з критичною температурою. Для визначення лінійної усадки застосовують спеціальні прилади, один з яких приведений на мал. 140. Із збільшенням інтенсивності теплообміну лінійна усадка відливання зростає, тобто усадка залежить від швидкості охолодження відливання. У деяких металах і сплавах відбуваються фазові перетворення. Наприклад, у чавуну — графітізація, у сталі — виділення газів і т.д. Ці перетворення сприяють збільшенню об'єму і розмірів відливання. Таке збільшення розмірів називається передусадковим розширенням.

Передусадкове розширення істотно впливає на усадку особливо високовуглецевих сплавів, коли в них відбувається процес графітізації, а також на усадку багато легованих і середньої високовуглецевих сталей. Передусадкове розширення позначається на об'ємі усадкових раковин і схильності до утворення тріщин у відливаннях. При збільшенні передусадкового розширення сплаву об'єм усадкових раковин і схильність до утворення тріщин зменшуються. Ливарною усадкою називають різницю між лінійними розмірами моделі  $I_{\text{мод}}$  і відливання  $I_{\text{отл}}$

$$\epsilon_{\text{лит}} = [(I_{\text{мод}} - I_{\text{отл}}) / I_{\text{отл}}] 100\%$$

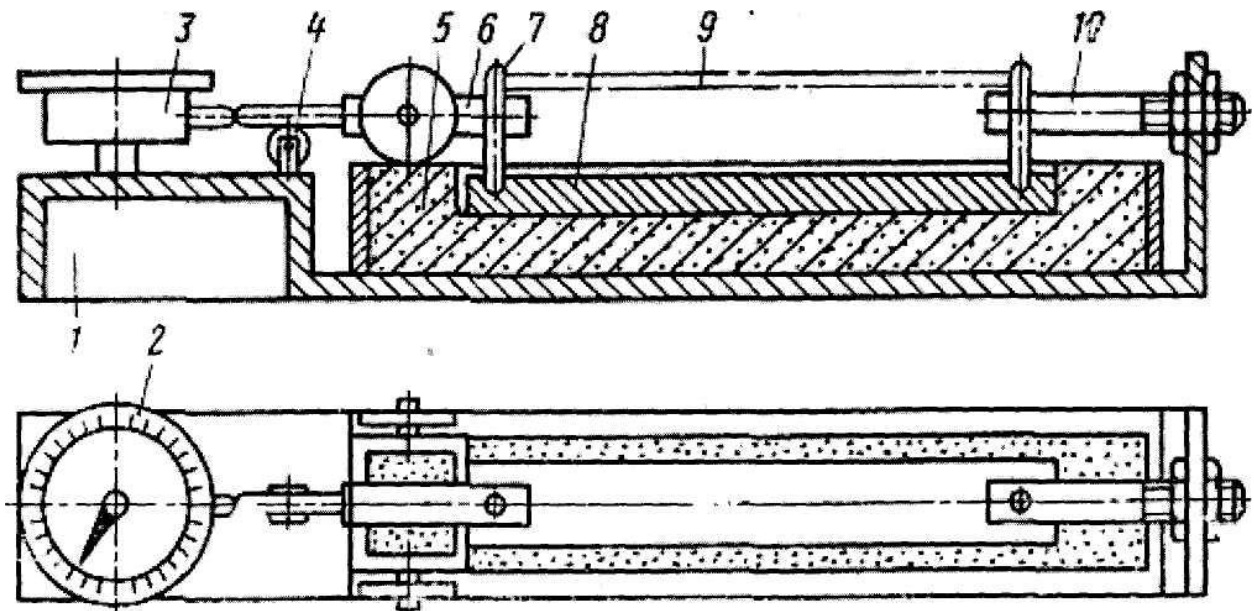
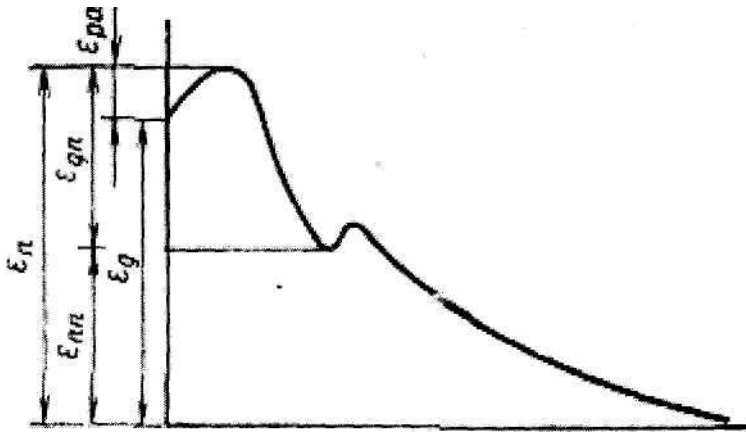


Рис. 140. Прибор для визначення лінійної усадки: 1 — корпус; 2 — диск с циферблатом; 3 — индикаторная головка; 4 — ролик; 5 — форма; 6 — каретка; 7 — шпилька; 8-пробный брусок 30x20x175 мм; 9 — контрольная планка; 10-фиксатор

Усадка ливарна відрізняється від лінійної тим, що вона залежить не тільки від властивостей і стану металу і сплаву, але також і від конструкції відливання, конструкції форми і деяких інших чинників. Складні по конфігурації відливання піддаються сумісній дії механічного і термічного гальмування, тому прийнято розрізняти вільну і утруднену усадку. Усадка чавуну (визначається зазвичай як лінійна) протікає у декілька етапів (табл. 35, мал. 141): передусадкове розширення  $\epsilon_{рас}$ , доперлітная усадка  $\epsilon_{дп}$  і послеперлітная усадка  $\epsilon_{пп}$ . Крім того, розрізняють повну  $\epsilon_{п}$  і дійсну  $\epsilon_{д}$  усадку. У чавуні  $\epsilon_{рас}$  залежить від процесу графітзації, від тієї кількості





Мал. 141. Крива лінійної усадки чавуну

графіту, яке виділяється в твердій масі металу в період твердіння. На  $\epsilon_{\text{рас}}$  впливає тиск рідкого металу на тверду масу чавуну і виділення графіту в рідкій частині відливання.

В період охолодження рідкого чавуну його об'єм зменшується. Одночасно з цим відбувається графітізація чавуну, способствує збільшенню його об'єму. Вільна усадка залежить головним чином від складу чавуну і швидкості охолодження. Вільна усадка тим менше, чим більше зміст вуглецю і кремнію і більше товщина відливання. При цьому  $\epsilon_{\text{пл}}$  змінюється мало і складає всього 1 %. Повна  $\epsilon_{\text{п}}$  усадка є сумою доперлітної і послеперлітної усадок. Дійсна ж усадка  $\epsilon_{\text{д}}$  не враховує передусадкового розширення. При гальмуванні усадки відливання повна і дійсна усадки відповідно зменшуються.

Повна об'ємна усадка  $\epsilon_{\text{Vпол}}$  будь-якого металу або сплаву при заливці і охолодженні відливання у формі складається з усадки сплаву в рідкому стані  $\epsilon_{\text{ужт}}$ , усадки при твердінні  $\epsilon_{\text{Vзатв}}$ , тобто при пониженні температури від лікві. дуса до солідуса, і усадки в твердому стані  $\epsilon_{\text{Vтв}}$

$$\epsilon_{\text{Vпол}} = \epsilon_{\text{Vжид}} + \epsilon_{\text{Vзатв}} + \epsilon_{\text{Vтв}}$$

Коефіцієнти об'ємної усадки різних сплавів різні. Наприклад, коефіцієнт об'ємної усадки рідкої сталі  $0,9 \cdot 10^{-4}$  на  $1^\circ\text{C}$ , рідкій міді  $1,89 \cdot 10^{-4}$  на  $1^\circ\text{C}$ . При твердінні ці значення для сталі і міді відповідно будуть  $0,034 \cdot 10^{-2}$  і  $3,91 \cdot 10^{-2}$  на  $1 \text{ см}^3$ .

Линейная усадка чугунов на разных этапах, %

Чугун	^рас	Едп		Ед		
Белый	од	0,6-1,0	0,2-	0,9-1,05	1,5-2,2	1,5-2,1
Серый		0,35	0,6-	0,9-1,05	0,9-1,3	1,1-1,4
Высокоп	0,1-0,25	0,85		0,9-1,05	1,2-1,7	1,5-1,0
рочный	0,2-0,3					

під дією сили тяжіння рідкий сплав переміщається у відливання, що твердіє. Усадкова раковина в цьому випадку утворюється тільки в прибутку, який відокремлюють від відливання. Концентрована усадкова раковина утворюється у відливаннях з чистих металів, сплавів з вузьким інтервалом кристалізації і евтектик. Відносна величина усадкової раковини різна у різних сплавах. Наприклад, об'єм усадкової раковини у відливаннях із сталі складає 3 — 10 % початкового об'єму сплаву, з сірого чавуну 1,5 — 2,5 %, модифікованого чавуну 2 — 3 %, білого чавуну 2,5 — 6 %, чавуну з кулястим графітом 2,5 — 13 %. Відносний об'єм усадкової раковини можна розрахувати по формулі  $V' = \varepsilon_{V_{жид}} + \varepsilon_{V_{ТВ}} - (\varepsilon_{V_{отл}} - \varepsilon_{V_{ТВ}})$ , де  $\varepsilon_{V_{отл}}$  - усадка відливання.

Об'єм усадкової раковини залежить від наступних чинників:

- коэффициента усадки металу або сплаву в рідкому стані, який залежить від хімічного складу металу або сплаву;
- температури рідкого металу або сплаву на початок твердіння відливання; чим вище ця температура, тим більше об'єм усадкової раковини;
- величини усадки при твердінні  $E_{узаТВ1}$  залежною від складу сплаву;
- степени графітізації чавунів; чим більше в чавуні графітізуючих елементів (кремнію, вуглецю і ін.), тим менше його усадка;
- податливості форми і стрижня; чим податлівіє форма і стрижень, тим більше усадка, і навпаки.

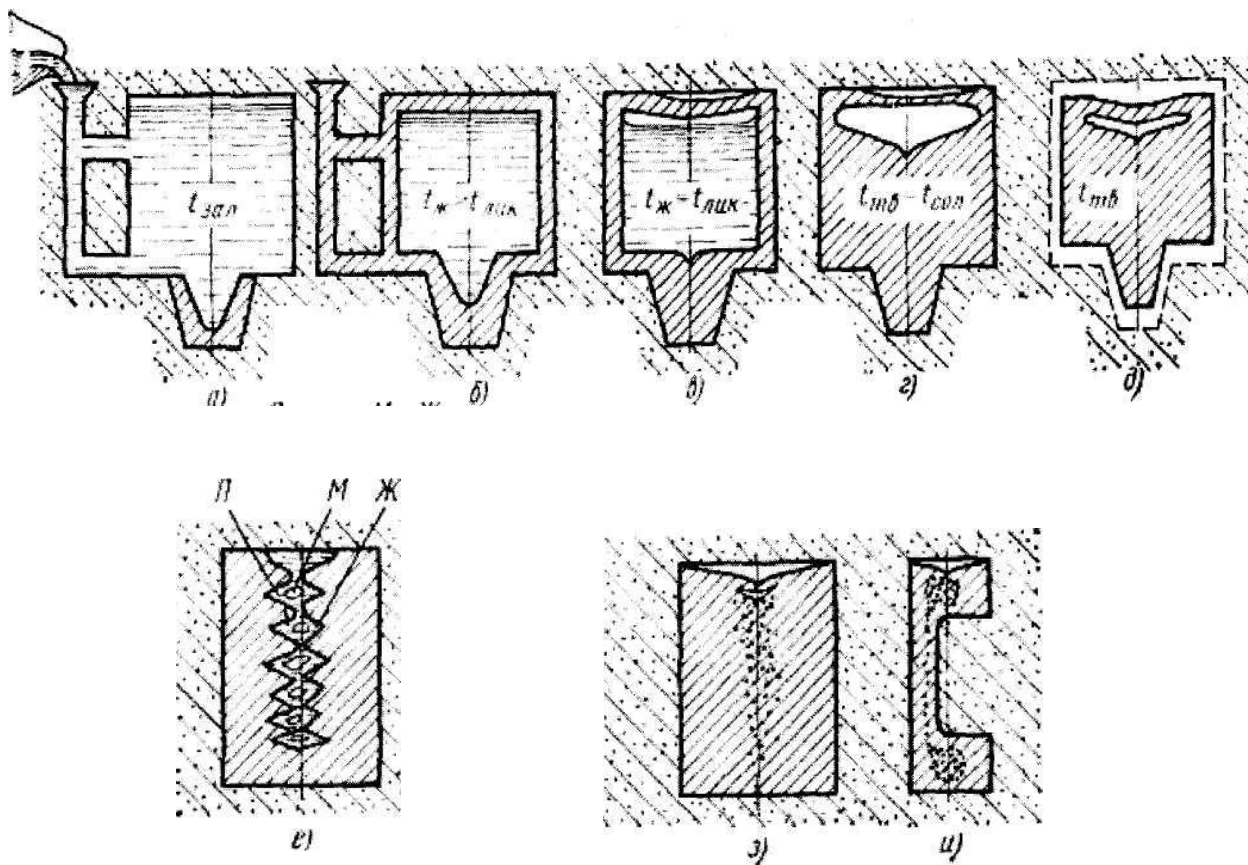
Усадкова пористість Усадкова пористість — це скупчення дрібних порожнеч (пір) неправильної форми, які утворилися у відливанні в результаті об'ємної усадки за відсутності доступу рідкого металу. Усадкова пористість характерна для сплавів з широким інтервалом кристалізації. Усадкові пори П (мал. 142, е) з'являються в междендрітних просторах УІ в той момент, коли об'ємна усадка ще

продовжується, а доступ рідкого металу Ж до пір припинився. При твердінні дендріти, що ростуть, з'єднуються, утворюючи ізольовані один від одного і від прибутку невеликі об'єми розплаву. При припиненні живлення цих об'ємів розплавом виникають невеликі раковини, сукупність яких дає усадкову пористість. Розрізняють пористість розсіяну, осьову і місцеву.

## Лекція № 39

### Усадкові раковини і усадкова пористість

Усадкові раковини в виливках—це порожнини, що виникають унаслідок усадки сплавів при твердінні. Схема утворення усадкової раковини у фасонному відливанні показана на мал. 142. Тонкі стінки можуть частково тверднути і усаджуватися вже при заповненні форми металом (мал. 142, а). Твердая кірка утворюється не відразу після заливки форми металом. У цей період відливання харчується розплавом з системи літника. Потім слідує усадка рідкого металу усередині твердої кірки (мал. 142, б) при охолодженні до температури почала кристалізації або температури ліквідуса (мал. 142, в).



Мал. 142. Схема утворення усадкових раковин у фасонній виливці

Усадка розплаву і зменшення об'єму при переході з рідкого стану в тверде перевищують усадку кірки, тому в певний момент сплав відділяється під дією сили тяжіння від верхньої затверділої кірки і

опускається. У наступний період відбувається кристалізація рідкого металу усередині твердої кірки, при якій метал змінює свій об'єм, і в результаті утворюється раковина (мал. 142, г). У раковинах, у відливаннях із сплавів, що не містять газів, створюється розрідження, унаслідок чого тонка кірка може прогнутися всередину раковини (мал. 142, в, д). Щоб не допустити утворення усадкової раковини, необхідно на відливаннях встановити прибули, з яких...

Розсіяна пористість (мал. 142, же) — дрібні пори, рівномірно розсіяні здебільшого об'єму відливання. Розсіяна усадкова пористість розвивається при повільному твердінні масивних відливань із сплавів з великим температурним інтервалом твердіння.

Осьова пористість (мал. 142, з) утворюється в центральних частинах відливань, а також в довгих і тонких перетинах. Це пояснюється тим, що об'ємна усадка центральної частини ще не закінчилася, а доступ до неї рідкого сплаву погіршав або ж зовсім припинився. Місцева усадкова пористість (мал. 142, і) утворюється в частинах відливання, відокремлених від рідкого сплаву вже затверділим сплавом, який припинив доступ рідкого сплаву в них. Місцева пористість складається з пір великих розмірів, сконцентрованих в масивних місцях відливань і в місцях підведення літників. Способи усунення усадкових раковин і пористості Усадкові раковини і усадкова пористість порушують і ослабляють перетин відливання. Усадкові раковини і пори виникають в тих місцях відливань, які тверднуть останніми. Отже, єдиний спосіб отримання відливань без усадкових раковин і пір — подача рідкого сплаву у форму протягом всього процесу твердіння сплаву у формі. Підведення рідкого металу до місця, що кристалізується, повинне бути безперервним до повного твердіння відливання. З цією метою на відливання встановлюють прибутки — резервуари з необхідним запасом рідкого сплаву для живлення відливання протягом всього періода кристалізації.

Для забезпечення живлення відливання рідким сплавом з прибутку необхідно виконувати наступні умови: 1) запас сплаву в прибутку повинен бути таким, щоб його вистачило на компенсацію усадки під час твердіння відливання; 2) прибуток повинен тверднути пізніше за відливання; 3) прибуток на відливанні необхідно ставити там, де вона забезпечить доступ рідкого сплаву на ділянки відливання, що тверднуть останніми. Для отримання щільних відливань без усадкових раковин і пористості необхідно створювати умови для послідовного

твердіння сплаву, тобто найбільш віддалені від прибутку (живильника) ділянки відливання повинні тверднути в першу чергу, за ними менш видалені ділянки і в останню чергу ділянки відливання, розташовані під прибутком, а потім і сам прибуток. При послідовному твердінні забезпечується безперервне надходження рідкого сплаву з прибутку в ділянки відливання, що твердіють, оскільки ці ділянки сполучені безпосередньо з рідким сплавом, що знаходиться в прибутку. Умови послідовного твердіння відливання поліпшуються при управлінні відведенням теплоти від різних її місць, що досягається установкою у форму холодильників — масивних металевих елементів, що володіють підвищеною теплоємністю і теплопровідністю. Зовнішні холодильники (див. мал. 180, а) встановлюють у форму із зовнішнього боку масивних частин відливання. Унаслідок високої теплопровідності і великої теплоємності холодильника відведення (теплоти від масивної частини відливання відбувається інтенсивніше, ніж від тонкої, такої, що охолоджується в піщаній формі. Це сприяє вирівнюванню швидкостей твердіння масивної і тонкої частин, зменшенню об'єму усадкової раковини, а в деяких випадках повному її усуненню. Для повного усунення усадкової раковини в травні сивних частинах одночасно з холодильниками використовують прибутки на цих частинах. Внутрішні холодильники (див. мал. 180, б) встановлюють, всередину порожнин форми, створюючих масивні частини відливання. Ці холодильники виготовляють із сплаву одного хімічного складу із сплавом відливання. При заповненні форми внутрішні холодильники омиваються сплавом і частково розплавляються, з'єднуючись з ним. Проте іноді внутрішні холодильники погано зварюються з основним сплавом, тому у відповідальних відливаннях застосовувати їх не рекомендується. Способи установки холодильників різного типу приведені на мал. 180. Об'ємна кристалізація відбувається за всім обсягом відливання одночасно, тому зосереджені раковини не утворюються, а виникає усадкова пористість.

При проміжному характері кристалізації утворюється зосереджена раковина і усадкова пористість у відливаннях. Для забезпечення оптимальних умов живлення відливань і отримання їх без усадкових раковин і пористості використовують наступні способи: установку прибутків з атмосферним і газовим тиском або екзотермічних прибутків, підігрів прибутків, а також різні методи фізичної дії, наприклад ультразвук, електромагнітне перемішування, вібрацію і ін. Цими способами можна в тому або іншому ступені управляти процесами живлення відливань.

## Лекція № 40

### Ліквация у виливках

Ліквация — це процес розвитку неоднорідності хімічного складу сплаву в різних частинах відливання або злитка. Ліквация виникає в процесі твердіння відливання. Причина ліквациї полягає в різній розчинності окремих компонентів сплаву в його твердій і рідкій фазах. Чим більше це відмінність, тим неоднорідніше розподіляється домішка по перетину відливання і тим більше ліквация приміси. У железоуглеродистих сплавах помітно ліквірують сіра, фосфор, вуглець. Ліквация викликає неоднорідність механічних властивостей в різних частинах відливання, що приводить до поломок деталей при експлуатації.

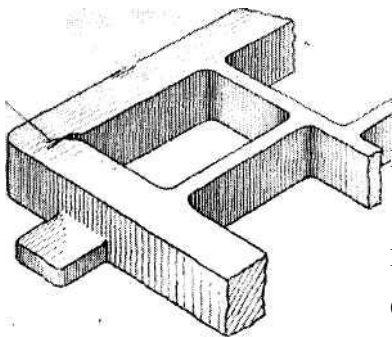
Розрізняють дендритну і зональну ліквацию. Дендритная (внутрішньокристалічна) ліквация — це розвиток хімічної неоднорідності усередині окремих дендритів сплаву. Вона виникає унаслідок процесу «виборчої кристалізації»: осі дендритів, що ростуть першими, містять меншу кількість домішок, чим початковий сплав, а рідкий сплав, що залишається, збагачується домішками. Розподіл домішок по перетину кристала буде нерівномірним — в межосних просторах дендритів також скупчуються домішки.

Зональна ліквация — це процес розвитку хімічної неоднорідності сплаву в різних частинах відливання, що твердіє. На утворення зональної ліквациї разом з избирательной кристалізацією великий вплив роблять процеси, приводящие до переміщення ліквіруючих елементів з однієї частини відливання в іншу при кристалізації. Це можуть бути дифузія домішок з двофазної області відливання, що кристалізується, в об'ємі незатверділого рідкого сплаву, конвекційні струми в рідкій частині сплаву, спливання забруднених домішками об'ємів унаслідок їх меншої щільності в порівнянні з основним сплавом, дія відцентрових сил і т.д.

## Лекція № 41

### Внутрішня напруга і тріщини у виливках.

У відливаннях при їх твердінні і охолодженні унаслідок усадки металу виникає внутрішня напруга. Ця напруга може приводити до викривлення відливань, а іноді і до освіти в них гарячих і холодних тріщин. Одна з основних причин утворення тріщин у відливаннях — гальмування усадки формою (мал. 147, а). Під час усадки відливання тисне своїми виступаючими частинами рф на стрижень або форму. Одночасно форма перешкоджає усадці, викликаючи напруги у відливанні р. Величина цієї напруги залежить від податливості форми і стрижнів. Чим вище податливість форми і стрижня, тим менше напруги у відливанні і менше вірогідність освіти в ній тріщин. Якщо величина напруги перевершить межу міцності ливарного сплаву в даній ділянці відливання, то в останній з'явиться тріщина. Якщо сплав відливання має достатню міцність і пластичність і здатний протистояти дії виникаючої напруги, то конфігурація відливання спотворюється, вона скривлюється і коробиться. Гарячі тріщини в відливаннях виникають при температурі, близькій до температури солідуса. Зазвичай тріщини у відливаннях виникають на ділянці із сповільненою швидкістю охолодження, тобто в «гарячих» місцях (мал. 147, б). Допустимо, що у відливанні є гарячий вузол завдовжки. Тоді під час усадки все відливання завдовжки 1 деформуватиметься за рахунок гарячого вузла, оскільки температура його вища, і це перетин відливання буде ^наиболее небезпечним. Тому чим довше за відливок, тим більше вірогідність утворення тріщин.



Гарячі тріщини зазвичай проходять по межах зерен і мають окислену нерівну темну або квітін побжалості поверхню. Гарячі тріщини виникають головним образом в потовщеннях відливання, в місцях переходу від масивного перетину до тонкого, На схильність сплаву до утворення гарячих тріщин впливає зміст деяких домішок, газів і неметалічних включень.

Для виключення появи гарячих тріщин у відливаннях необхідно: виплавляти сплав строго заданого хімічного складу; застосовувати податливі формувальні і стрижньові суміші; при конструюванні відливань робити плавні переходи від масивних перетинів до тонких; забезпечувати рівномірне охолодження



масивних і тонких перетинів відливань за допомогою холодильників; застосовувати живлячі для літника системи, що виключають місцеві перегриви форми і відливань; застосовувати помилкові (усадкові) ребра для збільшення міцності перетину відливання, де утворюються гарячі тріщини (при обрубванні ці ребра видаляють). Напруга у відливаннях виникають також із-за термічного гальмування усадки. Наприклад, у відливанні масивної чавунної рами (мал. 148) тонкі ребра тверднуть першими і чинять опір усадці масивної окантовки, що твердіє пізніше. Тому в кутах рами, що твердіють останніми, можлива поява тріщин, оскільки в ній виникає напруга розтягування, а в тонких ребрах напруги стиснення. Напруги від механічного і термічного гальмування усадки не завжди викликають появу тріщин у відливаннях. Часто ці напруги приводять до викривлення відливань, що також може бути причиною їх браку. Для зменшення напруги відливання з чавуну піддають відпалу при температурі 850—900 °С і повільному охолодженню, природному старінню, тобто витримці протягом декількох місяців на складі, яку суміщають з періодичною обробкою різанням. При витримці між обробками відбувається перерозподіл напруги і їх зниження. Окрім природного старіння застосовують штучне: нагріваючи відливання до 500—550 °С і повільне охолодження.

## Гази у відливаннях

### Лекція № 42

Виливки часто бувають уражені газовими раковинами і пористістю (див. мал. 172). Газові раковини — це порожнечі в тілі відливання, що мають чисту гладку неокислену або з невеликими слідами побежалості поверхня. Газові раковини, як всяка несплошність відливання, знижують її міцність і тому недопустимі. Відливання, що мають газові раковини, зазвичай бракують. Гази в металі відливань можуть бути у вигляді розчинів і хімічних сполук. Гази, розчинені в металі, погіршують пластичність металу, при виділенні з розчину вони можуть викликати утворення раковин і пористості у відливаннях. Пористість погіршує якість виливок, але може бути поправним браком. Гази, які знаходяться в металі у вигляді хімічних сполук, знижують механічні властивості відливань, можуть викликати тріщини, міжкристалевий злам і т.д.

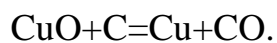
**Розчинність газів в рідких сплавах.** Метали і сплави в рідкому і твердому станах розчиняють значну кількість газів. Розплав може насичатися газами при завантаженні в плавильну пекти вологої, іржавої або покритої маслом шихти, з повітря, що подається в пекти для горіння палива, з вологи палива, руди, флюсів і т. д., а також від тривалого зіткнення розплаву з атмосферою печі, гази якої здатні розчинятися в рідкому сплаві. Розчинність (см<sup>3</sup>/Ю0 г) газів в розплавах підкоряється закону Сивертса

$S = K\sqrt{(p_1 - p_2)}$  де  $K$  — константа розчинності, залежна від температури;  $p_1$  і  $p_2$  — парціальний тиск газу відповідно в навколишньому просторі і в сплаві.

Розчинність газу в рідкому сплаві зростає із збільшенням парціального тиску газу над дзеркалом сплаву. З підвищенням температури розчинність газу, не створюючого з металом хімічних сполук, збільшується. Якщо газ утворює з металом хімічну сполуку, то з підвищенням температури його розчинність зменшується. Найбільшою розчинністю в чорних сплавах володіють водень, азот і кисень. Водень в розчині знаходиться в іонному стані, в чистому залізі при 1550 °С розчиняється 27,8 см<sup>3</sup>/Ю0 р. Проте вміст водню в сталі зазвичай не перевершує 10 — 20 см<sup>3</sup>/Ю0 р. Водень в сталі і в кольорових металах викликає утворення пір, флоконов або тріщин. Кисень в рідких сплавах знаходиться у вигляді оксидів FeO, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і т.д. Форма, в якій в рідких сплавах присутній азот, точно не встановлена, проте є припущення, що в железоуглеродістих сплавах азот знаходиться у вигляді нітрідів заліза, кремнію, титану і інших

елементів. Розчинність газів різко зменшується з пониженням температури, тому при кристалізації сплавів з них можуть виділятися гази. Вважають, що найбільшою схильністю до утворення самостійної фази (бульбашок) володіє водень. Окисел вуглецю розчиняється в металах трохи, тому припускають, що в рідкій сталі  $\text{Z}$  утворюється в результаті хімічних реакцій. Багатоатомні гази безпосередньо не розчиняються в металі, але вони можуть дісоціювати з виділенням, наприклад, водню, який розчиняється в металах. Утворення газів в хімічних реакціях. До таких реакцій відноситься відновлення оксиду заліза  $\text{FeO}$  вуглецем в сталі, що не розкислює:  $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ .

Якщо реакція відновлення оксиду заліза вуглецем не закінчується до заливки металу у форму, то вона продовжується в сталі, залитій у форму, а бульбашки  $\text{Z}$  із-за високої швидкості охолодження стали у формі залишаються у відливанні, в результаті утворюються раковини. При литті мідних сплавів унаслідок недостатньої їх раскисленості може відбуватися відновлення оксиду міді вуглецем, що входить до складу покриття форм:



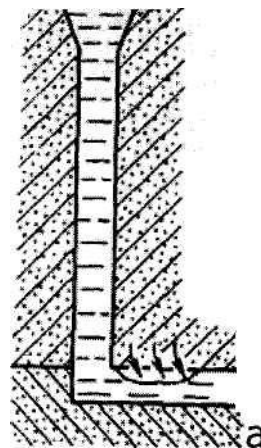
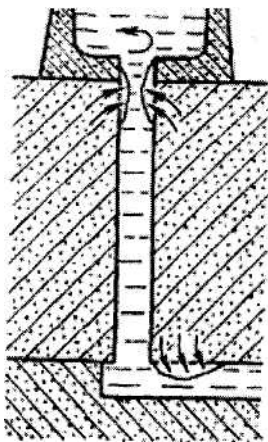
Ця реакція відбувається найбільш інтенсивніше в зоні високих температур — поблизу живильника і часто приводить до утворення раковин у вилівках. Волога, що міститься у формувальній суміші, при прогріванні форми рідким металом випаровується, в результаті при литві железоуглеродистих сплавів може протікати реакція  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO} + \text{H}_2$ .

Водень, що виділяється, може розчинитися в металі, а  $\text{FeO}$ , взаємодіючи з вуглецем сплаву по реакції, створює умови для освіти  $\text{Z}$ , а отже, раковин у відливаннях.

**Механічний заміс газів в метал.** Це можливо при заповненні форм шляхом інжекції повітря і газів, а також впровадження газів у відливання з поверхні газового потоку. Інжекція повітря відбувається при перебігу розплаву через систему літника. Рухомий розплав може захопити повітря ще в чаші літника або воронці, тому конструкція чаші повинна забезпечувати не тільки відділення частинок шлаку від металу, але і від бульбашок повітря. Рівень розплаву в чаші необхідно підтримувати максимальним, таким, що виключає утворення вихрових воронки (див. мал. 79), сприяючих засмоктуванню повітря в стояк. Повітря і гази також засмоктуватимуться через газопроникні стінки каналів системи літника в місцях, де можливе розрідження (мал. 143) унаслідок великої

швидкості руху розплаву із-за обтікання металом гострих кутів. Якщо бульбашки повітря і газу, що потрапили в метал, не затримуються в шлакоуловителі або інших каналах ливникової системи, то вони потрапляють у виливки, що викликає утворення в ній газових раковин і пористості. Отже, ливникова система повинна бути заповненою розплавом, тиск у всіх її частинах повинен бути позитивним і більше тиску газів в стінках її каналів.

**Впровадження газів у виливку з поверхні розділу метал—форма.** При заливці металу газотворні речовини форми розкладаються з виділенням парів і газів. Збільшення об'ємів газу у порах формувального матеріалу викликає підвищення в них газового тиску.



При избыточному тиску виделені гази виходять через пори форми в атмосферу. Таким чином, у формі, залитой металом, наряду з тепловим режимом

Рис. 143. Схема образования разрежения и инъекции газа при заливке через литниковую чашу (а) и из стопорного ковша (б)

встановлюється визначений газовий режим. Тиск газів у порах форм й стержнів залишить від швидкості виделения й

відводу газів, також від об'ємів пор які є резервуарами й каналами, по яким рухаються гази.

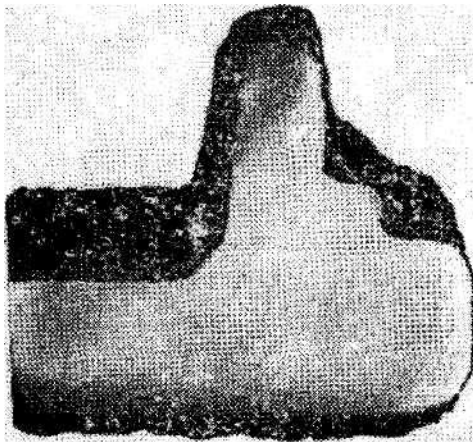
**Проникнення газів із форми у метал.** Джерелом газів, видалених із форми у момент заливки й при подальшому охолодженні виливки, можуть бути: 1) повітря, що заповнює пори у формі і розширюється при нагріві; 2) волога, що знаходиться у формувальній суміші і випаровується особливо при заливці по-сирому; 3) органічні домішки, що випадково потрапили в суміш або

введені у вигляді добавок (вугілля, що пов'язують); 4) повітря, що витісняється струменем металу при заливці; 5) хімічні реакції на поверхні розділу металл—форма. Пари, що виділяються з форми, і гази створюють на поверхні зіткнення форми і металу підвищений тиск. Якщо опір формувальній суміші руху газів від поверхні розділу металл—форма в глиб форми буде більше опору проникненню газів в рідкий метал, то створюються умови для утворення газових раковин у відливанні. Проникнення бульбашок газу у відливання припиняється у момент освіти достатньо міцної затверділої кірки металу на поверхні відливання. Така кірка швидко утворюється при виготовленні відливань з чистих і евтектичних сплавів з вузьким інтервалом кристалізації. Причиною освіти у відливаннях з цих сплавів газових раковин найчастіше бувають бульбашки газу, що утворюються в момент після початку заливки. У відливаннях з широкоінтервальних сплавів, що твердіють з великою двофазною зоною (твердожідкою), бульбашки газу при спливанні випробовують додатковий опір кристалів, що ростуть, а суцільна кірка твердого металу в цьому випадку утворюється на поверхні форми пізніше. Отже, при литві широкоінтервальних сплавів небезпека появи раковин і пір від опору кристалів, що ростуть, більша.

## Самостійна робота

### Пригар на відливаннях.

В період заливки, твердіння і охолодження метал віддає теплоту формі конвекцією, випромінюванням і за допомогою теплопровідності. Чим довше протікає метал по певній ділянці форми і знаходиться в ній в рідкому стані, тим сильніше прогрівається поверхня форми і тим повільніше остигає сплав. В результаті нагріву форми на поверхні контакту її з металом інтенсивно розвиваються теплові, фізико-хімічні і механічні процеси, що протікають в період заливки, твердіння і охолодження металу. Унаслідок цих процесів на поверхні відливання утворюється пригар — важко віддільний від поверхні відливання шар з металу, його



оксидів і частинок формувальної суміші (мал. 145). Пригар погіршує поверхня відливання, збільшує трудомісткість її очищення і різко знижує стійкість інструменту при обробці різанням.

Розрізняють два види пригару — хімічний і механічний. Таке умовне ділення пригару необхідне для наочного представлення його виникнення і для попередження його при виготовленні відливань.

Насправді пригар — явище комплексне. Хімічний пригар утворюється на відливаннях при охолодженні і усадці, тобто в період зіткнення форми з напівзатверділим або затверділим металом, що ще має високу температуру. Хімічний пригар з'являється в основному на відливаннях із сталі і чавуну, при температурі заливки яких можуть утворитися рідкі силікати, а також унаслідок того, що компоненти сталі і чавуну мають хімічну спорідненість з поверхневим шаром форми і висока температура на поверхні зіткнення сплаву з формою підтримується протягом певного часу. При утворенні хімічного пригару на сталевих відливаннях відбуваються реакції  $Fe + (1/2)O_2 = FeO$ ;  $2FeO + 2SiO_2 = 2FeO \cdot SiO_2$ .

З цих реакцій видно, що в результаті окислення поверхні сталевих відливаних форм оксиди заліза, що утворюються, з'єднуються з кремнеземом форми  $SiO_2$  утворюючи файяліт, температура плавлення якого нижча, ніж кремнезему  $SiO_2$  і стали. Файяліт — жідкопод-віжне з'єднання, проникаюче в товщу форми. В результаті на поверхні відливання утворюється хімічний пригар — шар, що складається з файяліта, що обволікає зерна піску. Доведено, що шар, що спікся, пристає до відливання тільки за певних умов, а також цілком можливо отримання на відливаннях легкоотделімого пригару по шару рихлих оксидів між поверхнею відливання і кіркою пригару. Появі хімічного пригару сприяє присутність у формувальній суміші оксидів лужних і лужноземельних металів, створюючих з оксидом заліза силікати складного складу з низькою температурою плавлення. Ці силікати можуть проникати між піщинками, утворюючи пригарну кірку. Для зменшення хімічного пригару застосовують формувальні піски з мінімальним змістом оксидів лужних і лужноземельних металів. Інтенсивність утворення пригару залежить також від складу газового середовища навколо відливання, тому створення певного газового середовища навколо відливання є одним із засобів попередження пригару. Наприклад, при литві чавуну, мідних сплавів створення відновного середовища сприяє усуненню пригару, тому при литві чавуну у формувальну суміш вводять вуглецеві добавки: мазут, мелене вугілля, при розкладанні яких під дією теплоти металу у формі утворюється відновне газове середовище. При литві стали у формі створюють окислювальне середовище, для чого у формувальну суміш додають марганцеву руду, оксид ванадію і ін. Щоб запобігти утворенню пригару на відливанні, поверхні форми і стрижнів покривають протипригарними покриттями. Наприклад, при виготовленні форм крупних сталевих відливаних застосовують покриття на основі хромового железняка, який повинен містити не менше 36 % оксиду хрому, а хромовий железняк повинен бути розмолотий в порошок і просіяний через сито з осередками 1x1 мм. Склад покриття % за об'ємом: 86—88 хромистого железняка, 10—12 паток, 2 декстрин; води до необхідної в'язкості. Поверхню форми покривають шаром завтовшки 1,5—4 мм. Форми сушать при температурі 360—380 °С. Для попередження хімічного пригару на відливаннях з чавуну і з мідних сплавів форми і стрижні покривають графітовим або графітококсним покриттям. Добавка в покриття коксу або графіту запобігає утворенню оксидів на поверхні відливання, їх проникнення в пори форми, блокує розвиток пригару. Механічний пригар утворюється унаслідок механічного проникнення рідкого металу між піщинками на поверхні форми і

стрижнів під дією натиску рідкого металу і капілярних сил в період його заливки і твердіння, тобто зв'язкою суміші, що пригоріла, до відливання служить сам метал. Механічний пригар важко видалити з поверхні відливання із-за утворення міцної кірки, що складається з формувальної суміші, просоченою металом (металізація форми або стрижня). Ці відливання дуже важко обробляти, оскільки ламається ріжучий інструмент, і звичайними різцями пригар не може бути видалений. Утворення механічного пригару залежить від властивостей металу, його перегріву і щільності, властивостей форми і конструкції відливання. Чим менше в'язкість металу і вище питома теплоємність, теплота кристалізації і температура заливки металу у форму, тим більше небезпека утворення механічного пригару. Пригар на відливаннях можна усунути проведенням наступних заходів:

1. зниженням температури заливки металу;
2. вибором формувальної суміші належної зернистості і уплотненням робочої поверхні форми;
3. припорошуваним (при литві чавуну) поверхні сирової форми кам'яновугільним пилом, що виділяє при заливці чавуну у форму газу, тиск яких перешкоджає проникненню розплаву у форму;
4. фарбуванням сухих форм захисними покриттями або покриттями, що зменшують поверхневу пористість (див. табл. 16, 17);
5. зменшенням пір формувальної і стрижньової суміші введенням дрібнозернистого кварцового піску, меленого кварцу.

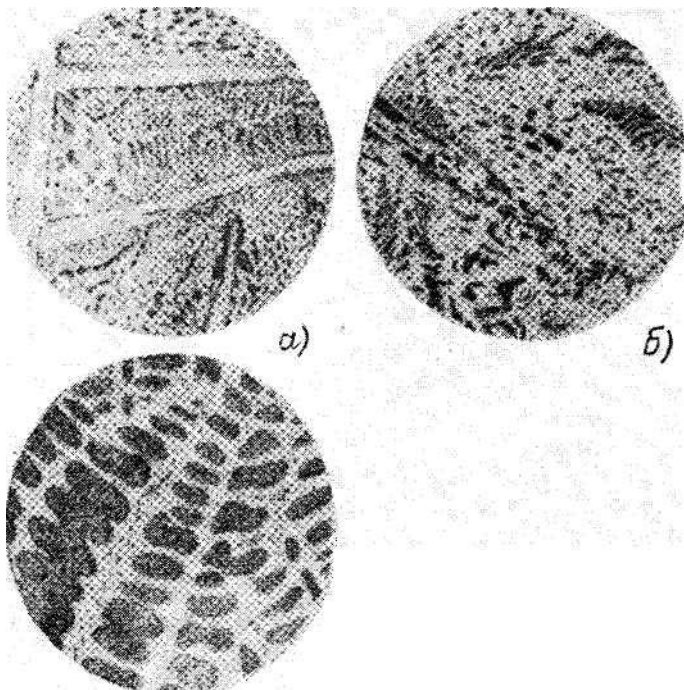
Для попередження утворення механічного пригару на крупних сталевих відливаннях застосовують облицювальні суміші з добавкою хромового железняка, просіяного через сито з осередками 3x3 мм.



## Лекція № 49

### Класифікація чавунів.

Чавун — це багатокомпонентний сплав заліза з вуглецем (більше 2,14 %  $\text{C}$ ) і іншими елементами ( $\text{Si}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{P}$ ). Залежно від того, в якій формі присутній вуглець в сплаві, розрізняють білий, сірий, високоміцний і ковкий чавуни. Білими називають чавуни, в яких важ вуглець знаходиться в зв'язаному стані у вигляді цементита  $\text{Fe}_3\text{C}$  (мал. 149). Білий чавун володіє високою твердістю, крихкістю і не піддається обробці різцем, тому його застосовують в машинобудуванні рідко, тільки в тих випадках, коли деталь працює на знос (щоки каменедробарок, що мелють кулі, гальмівні вагонні колодки і т. д.). Робоча поверхня таких відливаних має структуру білого чавуну, а центральна — структуру сірого. Такі відливання називають вибіленими або загартованими. Білий чавун, нізкоуглеродистий і нізкокремністий, застосовують також для виробництва ковкого чавуну. Спочатку відливання отримують з білого чавуну, а потім їх піддають термічній обробці — відпалу на ковкий чавун. У машинобудуванні широко застосовують сірі, високоміцні і ковкі чавуни, в яких частина вуглецю або важ вуглець знаходиться у вигляді графіту. Наявність графіту в них забезпечує необхідну твердість, міцність, хорошу



оброблювана різанням. Проте включення графіту викликають зниження міцності і пластичності, оскільки порушують сплошність металевої основи сплаву. Сірі чавуни містять вуглець у вигляді графіту, що має форму пластин, розгалужених розеток з пластинчастими пелюстками. Така форма графіту надає надрізуючу дію на металеву основу, знижує пластичні властивості чавуну, його міцність при розтягуванні.

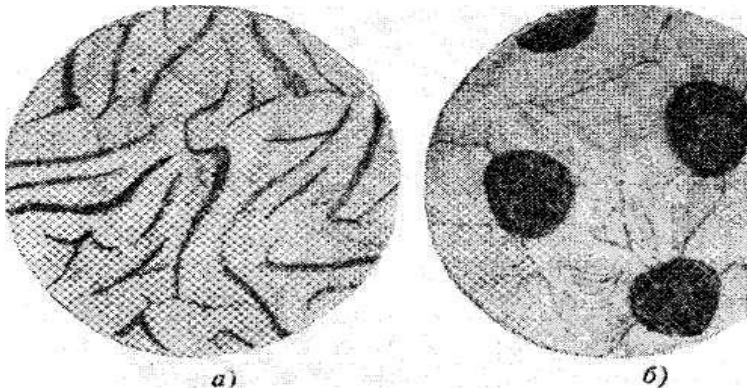
Мал. 149. Білі чавуни: а — заевтектичний (X50); б — эвтектичний (X100); в — доэвтектичний (X100)

Високоміцні чавуни також містять вуглець у вигляді графіту, що має форму сфер, куль. Така компактна форма графітових включень сприяє підвищенню міцності і пластичності чавуну; виходить вона при металургійній обробці чавуну — модифікації. Для виготовлення деталей машин використовують також леговані чавуни, до складу яких входять  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{V}$  і інші елементи. Добавки цих елементів в чавуни сприяють підвищенню їх зносостійкості, жаростійкості, корозійній стійкості і т.д. В машинобудуванні найбільше застосування знаходять сірі чавуни, оскільки вони володіють достатньо високими механічними властивостями, зносостійкістю, добре обробляються різанням, дешеві.

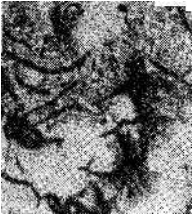
## Лекція № 50

### Сірий чавун, класифікація, маркування

По складу основної металевої маси відливання з сірого чавуну можуть бути чотирьох типів. Перлітно-цементитний чавун ( $\Pi + \text{Ц} + \Gamma$ ) складається з перлиту, включень структурно-вільного цементита і пластинчастого графіту. Таку структуру можна отримати при пониженому вмісті кремнію в чавуні і швидкому охолодженні відливань у формі. Ці чавуни володіють підвищеною міцністю і погано обробляються різцем. При модифікації магнієм или церієм можна отримати високоміцний чавун з перлітно-цементитної структурою і кулястим графітом. Перлитовий сірий чавун ( $\Pi + \Gamma$ ) складається з перлиту і пластинчастого графіту, після модифікації магнієм або церієм (мал. 150) — з перлиту і кулястого графіту.



Перлитовий чавун зазвичай містить мелкопластинчатий графіт і має помірну твердість (НВ 200—230), високу міцність і зносостійкість і добре обробляється різцем. Перлитовий сірий чавун з кулястим графітом володіє ще більшою механічною міцністю, тому називається високоміцним. Перлітно-ферритний сірий чавун ( $\Pi + \Phi + \Gamma$ ) складається з перлиту, фериту і пластинчастого графіту (мал. 151). Міцність перлітно-феритного чавуну нижча, ніж перлитного, оскільки пластинки графіту у нього більші. Твердість його нижча, і він легше обробляється різанням. Структура  $\Pi + \Phi + \Gamma$  з пластинчастим графітом найчастіше зустрічається в звичайних чавунних відливаннях, вживаних в машинобудуванні. Ферритний сірий чавун ( $\Phi + \Gamma$ ) складається з фериту і пластинчастого



Мал. 151.  
Перлитно-  
Ферритный  
сірий чавун

графіту, виходить при високому вмісті кремнію і вуглецю в товстостінних відливаннях і повільному охолодженню їх у формі. Включення графіту дуже великі. Ферритний чавун володіє низькими механічними властивостями, дуже м'який, крихкий, швидко зношується, але легко обробляється. Для машинобудівних відливань такий чавун не придатний.

Таблиця 36 Механічні властивості виливок із сірого чавуну з пластинчастим графітом

Марка	Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	Твердость НВ 1 1 1—/
СЧ 10	98	143-229
СЧ 15	147	163-229
СЧ 18	176	170-229
СЧ 20	196	170-241
СЧ 25	245	180-250
СЧ 30	294	181-255
СЧ 35	343	197-269
СЧ 40	392	207-285
СЧ 45	441	229-289

Сірий чавун з пластинчастим графітом використовують головним чином для відливань деталей машин. Основними споживачами його є різні галузі машинобудування (автомобільна, тракторна, транспортна і ін.). Якість чавуну для відливань оцінюють по його механічних властивостях. Властивості відливань регламентуються ГОСТ 1412—79 (табл. 36). Чавуни підвищеної міцності мазкий СЧ 25, СЧ 30, СЧ 40, СЧ 45 застосовують, коли необхідно отримати відливання для роботи в умовах підвищеного зносу (наприклад, деталі двигунів, різні циліндри, деталі металоріжучих верстатів і т. п.) і коли потрібна

підвищена твердість масивних робочих поверхонь і визначена мікроструктура чавуну, який містить дисперсний перлит і дрібні включення графіту.

Таблиця 37

Масова доля компонентів сірого чугуну для виливок, %

		51	Мп	Р	
				5	
				не более	
СЧ 10	3,5-3,7	2,2-2,6	0,5-0,8	0,3	0,15
СЧ 15	3,3-3,6	2,0-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15
СЧ 18	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15
СЧ 20	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ 25	3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ 30	3,0-3,2	1,0-1,3	0,7-1,0	0,2	0,12
СЧ 35	2,9-3,0	1,0-1,1	0,7-1,1	0,2	0,12
СЧ40	2,5-2,7	2,5-2,9	0,2-0,4	0,02	0,02
СЧ45	2,2-2,4	2,5-2,9	0,2-0,4	0,02	0,02

Примечание. Допускается низкое легирование чугуна различными элементами (хромом, никелем, медью, фосфором и др.).

Чавуни марок СЧ 25 і вище називають високоякісними. Вони мають перлитову структуру (П + Г) з дрібними пластинками графіту. Ці чавуни рекомендується отримувати модифікованими. Хімічний склад, що рекомендується, для відливань з сірого чавуну з пластинчастим графітом приведений в табл. 37. Згідно Госту механічні властивості чавуну визначають випробуванням на розтягування циліндрових зразків діаметром 20 мм і розрахунковою довжиною 100 мм. Для цього відливають циліндрові заготовки (зразки) діаметром 40 мм, з яких для випробування на розтягування виточують зразки.

## Лекція № 51

### : Високоміцні і леговані чавуни.

Високоміцним називають чавун, модифікований магнієм в кількості 0,15—0,45 % з подальшою обробкою ферро-силіцием (75 % Si). При введенні в чавун модифікаторів змінюються умови зростання зародка графіту, що впливає на його форму: він стає кулястим (див. мал. 150). Графіт такої форми сприяє підвищенню міцності і особливо пластичності чавуну. Високоміцний чавун з кулястим графітом (ВЧШГ) в порівнянні з вуглецевою сталлю має наступні переваги: більш низьку температуру плавлення, кращу жідкотекучість, меншу схильність до утворення гарячих тріщин, декілька меншу щільність, вищу міцність і зносостійкість і кращу оброблюваність різанням. У порівнянні з сірим чавуном він володіє вищою міцністю, пластичністю, жаростійкістю і кращою сварюваністю. Модифікація магнієм декілька збільшує жідкотекучість за інших рівних умов (хімічному складі, температурі заливки, швидкості охолодження і т. д.). Лінійна усадка високоміцного чавуну складає близько 1 %, але ливарна напруга у відливаннях з нього більше, ніж у відливаннях з сірого чавуну, оскільки модуль пружності ВЧШГ значно вищий, а теплопровідність менша. Модифікація магнієм покращує зносостійкість і корозійну стійкість чавуну. При введенні магнію чавун сильно охолоджується, тому його необхідно перегрівати до 1400—1450 °С. Для модифікації чавуну застосовують також церій. Витрата його складає 0,2—0,3%. Церій вводять у вигляді шматків безпосередньо в ківш під час заповнення його чавуном. Церій на форму графіту робить такий же вплив, як магній. Утворення кулястої форми графіту під впливом церію можливо в доевтектичеському і евтектичному чавуні, при цьому чавун необхідно перегрівати до 1500 °С. Ливарні властивості і міцність церієвого чавуну вищі, ніж магнієвого, проте церій дуже дефіцитний метал, тому його використовують рідко. Після модифікації магнієм або церієм рекомендується присадка 75 %-ного ферросиліція для регулювання структури металевої основи. Присадку ферросиліція можна вводити також разом з магнієм, при цьому його необхідно заздалегідь роздрібнити на шматки розміром 6—10 мм. Кількість ферросиліція, що вводиться в ківш, залежить від складу чавуну, товщини стінок відливань, кількості модифікаторів (магнію або церію) і інших умов; зазвичай воно складає 0,3—1,2 % маси рідкого чавуну. Магній вводять в рідкий чавун в лігатурах Mg—Ni—Si, Mg—Si—Ca—Mg і ін., в комплексних модифікаторах мазки ЖКМК і КМ., Мд, що містять, Ca, Si і рідкоземельні

елементи, і в чистому вигляді. Застосовують декілька способів введення магнію і його лігатур, комплексних модифікаторів в рідкий чавун: у ківш за допомогою дзвоника; у копільник вагранки; у спеціальні герметизированные ковши. Магній вводять при атмосферному тиску (открытым способом) або при підвищеному тиску (закритим способом). В процесі обробки чавуну магнієм останній випаровується з виділенням великої кількості білої пари; температура чавуну знижується на 120—150 °С; тому чавун модифікують в спеціальному копільнику або в герметичному ковші. У копільнику магній краще засвоюється чавуном, чому сприяє випаровування магнію при тій температурі 1400 °С і підвищеному тиску пари магнію, що досягає 785 кПа.

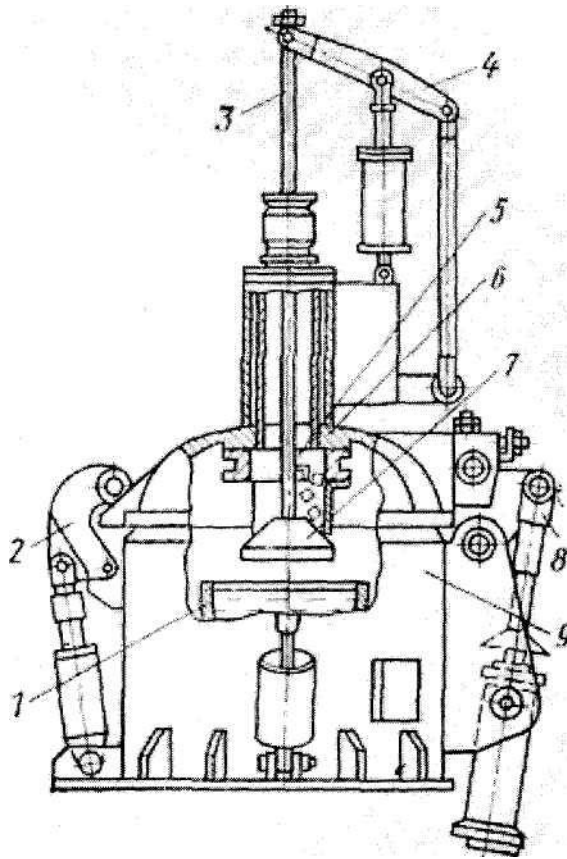
Таблиця 38

Механічні властивості ВЧ.

Марка	Временное со-противление при разрыве, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость НВ
ВЧ 38-17	373	235	17	140-170
ВЧ 42- 12	412	274	12	140-200
ВЧ 45-5	441	233	5	160-220
ВЧ 50-7	490	343	7	171-241
ВЧ 50-2	490	343	2	180-260
ВЧ 60-2	588	393	2	200-280
ВЧ 70-2	686	441	2	229-300
ВЧ 80-2	784	490	2	250-330
ВЧ 100-2	981	686	2	270-360
ВЧ 120-2	1177	882	2	302-380

Для модифікації чавуну магнієм використовують камери-автоклави (мал. 153). Ківш 1 з металом поміщають в автоклав 9, кришку 6 закривають і замикають механізмом 2. У автоклаві створюється тиск 600—800 кПа, що перевищує пружність насиченої пари магнію. Потім включають механізм перемішування 4, і шток 3 з мішалкою 7 опускається вниз; одночасно магній з порожнини 5 поступає в ківш з металом. Після перемішування і закінчення модифікації тиск в

автоклаві скидається, кришка 6 відкривається, і механізмом 8 метал подається на заливку. Механічні властивості високоміцного чавуну регламентуються ГОСТ 7293-79 (табл. 38). Високоміцний чавун застосовують в машинобудуванні для різних деталей, колінчастих валів, прокатних валів і т.д.



Мал. 153. Камера-автоклав для модифікації чавуну магнієм

Легуючі елементи покращують механічні властивості, корозійну стійкість; зносостійкість, жароміцність, антифрикційні і інші властивості чавуну. Залежно від змісту легуючих елементів чавуну розділяють на низколегированні (до 3 % легуючих елементів), середнелегированні (3—10 % легуючих елементів), високолегированні (більше 10 % легуючих елементів). Як легуючі елементи чавуну застосовують нікель, хром, молібден, марганець, алюміній, мідь, титан.

Найбільше застосування в машинобудуванні отримали низколегированні чавуни.

Низколегированні конструкційні чавуни. Леговані хро-моникельові чавуни різних марок містять 0,3—0,4 % Cr і 0,1—2 % Ni. У шихту вводять до 8 % орсько-халіловського чавуну, що містить в середньому 1 % Ni і 2,5—2,7 % Cr. Чавун, легирований 0,25—0,35 % Cr і 0,25—0,35 % Ni, застосовують для виготовлення блоків циліндрів автомобілів, гальмівних барабанів, станин для машин і інших відповідальних відливаних в машинобудуванні. Такі чавуни мають підвищені механічні властивості і хорошу зносостійкість. У низколегированому чавуні ефективність легування визначається присутністю хрому. У тонкостінних відливаннях з хромоникельового чавуну при зміні 0,3—0,4 % Cr і 0,1—2 % Ni возможен отбел, тому в таких випадках рідкий чавун модифікують ферросиліцием, силікокальцием або графітом. Автомобільні поршневі кільця виготовляють з низколегированого чавуну, що містить: 3,8—3,9 % C, 2,4—2,6 % Si, 0,2—0,1 % Cr, 0,15—0,25 % Ni, 0,35—0,5 % Cu, 0,1—0,2 %



Mn. Для отримання чавуну такого складу в шихту вводять титаномедістий чавун, що містить в невеликих кількостях легуючі елементи: хром, нікель, мідь і титан. Крупні гальмівні барабани автомобілів і літаків виготовляють з чавуну, що містить: 3,8 % C, 1,35 % Si, 2 % Ni, 0,25—0,35 % Cr, 0,4—0,5 % Mg. Міцність чавуну при розтягуванні до 274 Мпа. Такий нізколегирований чавун має однорідну структуру і добре обробляється. Зносостійкі чавуни застосовують для відливань, що працюють в умовах підвищеного зносу (для підшипників, циліндрів, втулок, гальмівних барабанів і ін.). В цілях досягнення високої зносостійкості чавун легують елементами, сприяючими утворенню зносостійких карбідів (хромом, молібденом і ін.). Чавун типу ніхард має склад: 2,7—3,6 % C, 0,4—1 % Si, 0,25—0,7 % Mn, 3-5 % Ni, 1,2-2,8 % Cr, <0.15 % S, <0,4 % P. Износостойкий чавун застосовують для відливань волочильних досок, форм для кераміки, роликів конвейєрів, розмелюючих шарів і т.п. Чавун ніхард має мартенситную структуру, обладающую високою износостойкостью, велику лінійну усадку (до 2 %) і низькі ливарні властивості, як і білі чавуни. Немагнітні чавуни. Це високолеговані чавуни, що містять як основні легуючі елементи нікель, марганець, мідь і алюміній. При присадці таких елементів чавун матиме аустенітную структуру. У разі легування чавуну нікелем і марганцем орієнтовний вміст в них вуглецю для получения аустенітної структури повинен задовольняти рівності

$$[\% \text{Ni}] + 2,5 [\% \text{Mn}] + 1,8 [\% \text{C}] = 33.$$

Немагнітні чавуни містять 9—12 % Ni; добавка 2 % Cu дає можливість зменшити зміст нікелю. Корозійний-стійкі чавуни. Нізкохромістие чавуни характеризуються підвищеною корозійною стійкістю в морській і водопровідній воді. Чавуни, леговані 0,5—1 % Ni, володіють підвищеною стійкістю в лугах. Ще більшою стійкістю в лугах володіють чавуни, леговані хромом і нікелем (по 0,5—1 % кожного). Чавуни, леговані міддю і сурмою в кількості до 0,8 % кожного, мають високу корозійну стійкість в соляній кислоті (у 20—30 разів більше нелегованих чавунів). Особливе місце серед корозійний-стійких сплавів займають ферросиліція и. Це сплави, що містять 14,5—18 % Si, із змістом вуглецю близько 0,5 %. Висококрем'яністі чавун и типу ферросиліцидов володіють хорошими жідкотекучестью, чинять опір зносу, крихкі і погано обробляються, мають велику лінійну усадку (1,7—2,3 %) і твердість по Брінеллю HB 300—460. У цих сплавів висока корозійна стійкість в сірчаній кислоті при будь-яких концентраціях. Їх висока хімічна стійкість обумовлена утворенням

захисної плівки кремнезему  $SiO_2$  унаслідок дії кислоти на відливання. У гарячій соляній кислоті і деяких інших речовинах плівка  $SiO_2$ , що захищає відливання з висококрем'янистих сплавів від корозії, руйнується. У цих випадках застосовують крем-немолібденові чавуни, звані антихлорами. У такі чавуни додатково додають 3,5—4 % Mo. Високою корозійною стійкістю володіють чавуни з аустеніт-ной структурою. Наприклад, чавун нірезист. Він володіє високою хімічною стійкістю при звичайній температурі в сарною, мурашкою, оцетовою кислотах, каустичній соді і в деяких солях і лугах, а також в морській воді. Склад нірезиста %: 0,4 P, до 0,12 S, 12—16 Ni, 6—8 Cu, 1,5—4 Cr. Ці чавуни володіють хорошою зносостійкістю і температуроустойчивістю; їх застосовують для гільз блоків циліндрів автомобільних двигунів. Жароміцні чавуни застосовують для відливань, що працюють при температурах до 600 °C під навантаженням. Для підвищення жароміцності чавуну в нього вводять ті, що легують до, бавки — нікель, хром і молібден. Структура таких чавунів повинна бути аустенітно-карбідкой; графіт повинен мати кулясту форму. Жаростійкі чавуни здатні чинити опір зростанню ( $\leq 2$  %) і окалинообразованію [ $\leq 0,5$  г/(м<sup>2</sup>-ч)] при заданій температурі протягом 150 ч. Чавунні відливання, що працюють при високих температурах, руйнуються не тільки від недостатньої жаростійкості, але і від збільшення об'єму" (зростання), який може досягати 10 % і відбувається при нагріві вище 400 °C. Чавунні відливання при цьому коробляться, в них утворюються тріщини, і вони виходять з ладу. Збільшення об'єму чавуну пояснюється тим, що цементит, що знаходиться в чавуні, розпадається з виділенням графіту. Вуглець, що знаходиться в чавуні у вигляді цементита, при розпаді збільшує об'єм приблизно на 2,5 %. Оскільки гази, що окисляють чавун, проникають біля виділень графіту, то його окислення буде тим більшим, чим більше графіть, що виділився в чавуні при розпаді цементита. Таким чином, для отримання чавунних відливань з підвищеною жаростійкістю і ростоустойчивістю необхідно підбирати такий хімічний склад чавуну, щоб на відливаннях могла утворитися стійка захисна плівка, яка перешкоджала б проникненню в метал газів; при цьому виключається розпад цементита. Чавун, що містить 6—9 % Si, називають силалом, а чавун, що містить 19—25 % Al, — чугалем. Силал має низьку міцність і в'язкість, схильний до утворення тріщин. При присадці в силал марганцю або хрому поліпшуються його механічні властивості, а при присадці міді підвищуються окалино-стійкість і жідкотекучість. Дуже високою окалиноустойчивістю і ростоустойчивістю володіє чавун (силал) з кулястим графітом. Чугаль відрізняється високою

жаростійкістю, добре обробляється різанням і володіє порівняно задовільними литейними властивостями. Він має велику усадку, об'єм усадкових раковин складає 3—7 % при вмісті в чавуні 18—23 % А1. Лінійна усадка чугаля при вмісті 25 % А1 складає 2,4— 2,6 %. Чугаль з кулястою формою графіту володіє вищою жаростійкістю, ніж сірий чавун з пластинчастим графітом. Цей чавун застосовують для виготовлення тиглів для сплавів алюмінію.

## Лекція № 52

### Склад металеві шихти для плавки чавунів.

#### Питання:

1. Доменні чушковіє чавуни
2. Феросплави і модифікатори
3. Чавунний лом і повернення власного виробництва

### ДОМЕННІ І ЧУШКОВІЄ ЧАВУНИ

Чавуни, що виплавляються в доменних печах з використанням коксу, розділяють за призначенням на літейніє і передільні. Ливарні чавуни призначені для виплавки чавуну для відливань; передільні - для переділу їх на сталь на металургійних заводах. Ливарний чавун, у свою чергу, ділять на чавун загального призначення і спеціальний (для відливань валів прокатних станів, відливок з ковкого чавуну і інших відливань з вибіленою поверхнею). Чавун, виплавлений в доменних печах з руд, що містять легуючі елементи, називають природно-легованим. Ливарний чавун по складу випускають шести мазкий (Л1-Л6) і рафінований магнієм семи мазкий (ЛР1-ЛР7). Чавуни кожної марки підрозділяють за змістом марганцю на групи, фосфору на класи, сірі на категорії.

Для виробництва відливань з чавуну з кулястим графітом на вимогу споживача чавун виготовляють із змістом сірі до 0,03% і до 0,05% Р. Для виробництва відливань з ковкого чавуну ливарний чавун виготовляють із змістом до 0,04% Сг. Ливарний чавун мазкий Л2, Л3, л; для виробництва поршневих кілець виготовляють із змістом до 0,6-0,8 % Мп і 0,4-0,6% Р.

### ФЕРОСПЛАВИ І МОДИФІКАТОРИ

Феросплави доменні. При виплавці чавуну у вагранці використовують доменний дзеркальний чавун і доменний ферромарганец для подшихтовки при плавці чавуну у вагранці, для розкислювання стали і модифікації. Дзеркальний чавун застосовують марок 341 (20-25 % Мп), 342 (15-20 % Мп), і 343 (10-15 % Мп). Ферромарганец доменний використовують марок ФМн70 (до 70 % Мп), і ФМн75 (70-75% Мп). Феросплави електротермічні вводять як розкислювачі при плавці стали і модифікаторів при плавці чавуну. Такі феросплави, як феррохром, ферровольфрам, ферромолібден, ферротітан застосовують як легуючі добавки

при виплавці стали, чавуну. Феррофосфор використовують при плавці чавуну з високим вмістом фосфору (при виробництві чавунного посуду, художніх відливань). Фосфор додають в ковкий чавун для збільшення жідкотекучості, а також в кольорові сплави при плавці для розкислювання міді. Феррофосфор містить  $\sim 1,2\% \text{C} < 2,2\% \text{Si} < 6\% \text{Mn}, 14-18\% \text{P} < 0,5\% \text{S}$ , решта заліза.

Як розкислювачі при плавці стали і модифікаторів при плавці чавуну застосовують ферросиліцій, алюміній, силікокальцій, магній. Силікокальцій виготовляють марок СК10 (із вмістом 10-15% Ca), СК15 (15-20% Ca), СК20 (20-25% Ca), СБК 25 (25-30% Ca) і СБК30 (30% Ca). Ферросиліцій виготовляють марок ФС18 (із вмістом 17-22% Si), ФС25 (22-29% Si), ФС45 (41-47% Si), ФС65 (63-68% Si), ФС75 (74-78% Si), ФС75л (74-80% Si), ФС90 (89% Si). Для модифікації чавуну магнієм використовують лігатуру ЖКМ, що містить 61% Si-30% Fe, 5% Mn  $\sim 2\% \text{Al}$ , 1,7% Ca і 0,3% P. Як модифікатори використовують церій, ферроцерій і літагури ФМЦ-5. Ферроцерій містить 15% Fe, 40-55% Ce, остальное - рідкоземельні елементи (РЗМ). Сплав ФМЦ-5 - це сплав РЗМ з магнієм, що складається з 40-50% Ce  $< 1\% \text{Fe}$ , 3,6% Mn і елементів церієвої групи. Іноді як модифікатор використовують бор, ферробор, що містить 4-7% B, алюміній і вісмут.

## ЧАВУННИЙ ЛОМ І ПОВЕРНЕННЯ ВЛАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

Окрім чушкового чавуну, що отримується з металургійних заводів, у вагранкову металеву шихту вводять чавунний і сталевий лом, повернення виробництва: літники, прибули, скрап, браковані відливання і т.д. Шматки чавунного і сталевих лому повинні бути розміром не більше 250 x 200 x 100 мм, а їх маса в межах 1-35 кг. Крупний чавунний лом розбивають під копром. Сталевий лом обробляють електричним або газовим різанням. При обробленні лому до шматків розмірів, що рекомендуються, підвищується продуктивність вагранок і температура чавуну, що випускається. Лом і відходи необхідно очищати від піску, окалини і грязі.

Лом, що привозиться в ливарний цех ззовні, повинен мати сертифікат, вказуючий його хімічний склад. Чавунний лом і відходи не повинні мати легуючих домішок. Стружку вводять у вагранку у вигляді брикетів. Брикети повинні бути міцними, не розсипатися під навантаженням. Стружку перед брикетуванням необхідно очистити від грязі, масла і іржі. Металеві шихтові матеріали, що поступають на шихтовий склад ливарного цеху, розвантажують,

зберігають і контролюють тільки повагонно. Чушки доменних чавунів для вагранок малих діаметрів розбивають за допомогою чушколома. При веденні плавки у вагранках діаметром більше 2 м чушки можна не ламати. У всіх випадках шматки металевої шихти повинні бути розміром не більше 1/3 внутрішнього діаметру вагранки; при великих розмірах шматків можливе їх зависання у вагранці. Ливарний спеціальний чушковий чавун використовують для відливань, які із-за змісту кремнію, марганцю або фосфору не можна отримати із звичайного ливарного чавуну. Ливарний спеціальний чушковий чавун застосовують для відливань з ковкого чавуну, валів прокатних станів і інших відливань. Чавун залежно від призначення і хімічного складу випускають дев'яти мазкий. Передільні чавуни залежно від призначення виготовляють для сталеплавильного виробництва мазкий Ш і П2 і для ливарного виробництва мазкий ПЛ1 і ПЛ2, фосфорний мазкий ПФ1, ПФ2, ПФ3 і високоякісний ПВК1,ПВК2,ПВК3. Передільний чавун мазкий ПЛ1 і ПЛ2 слід виготовляти з вказівкою змісту вуглецю. На вимогу споживача чавун цих марок виготовляють із змістом 4-4,5% С. Для отримання відливань з чавуну з кулястим графітом і ковкого чавуни мазкий ПЛ1 і ПЛ2 необхідно виготовляти із змістом до 0,04% Cr, а передільний високоякісний чавун для виробництва поршневих кілець - із змістом до 0,3% Mn і до 0,2 % Cr. Природно-леговані доменні чавуни вводять в шихту для підвищення міцності і зносостійкості відливань. Для легування чавунних відливань рекомендується додавати в шихту 8-12 % хромо-никільового чавуну. При цьому шихта стає дещо дорожче. Широко використовують марки чавуну, Орсько-халіловським, що випускаються, комбінатом. Титаномедістий чавун застосовують для антифрикційних відливань і особливо при індивідуальному литві поршневих кілець, циліндрів, деталей для домашніх холодильників і ін. Ливарний чавун, легований титаном і міддю, поставляють три мазкий - БТМЛ3, БТМЛ4, БТМЛ5.

Основним паливом для плавки чавуну у вагранці є кокс і рідше природний газ. Витрата палива залежить від розмірів шматків, їх щільності, реакційної здатності, механічної міцності, змісту золи і сірки. Залежно від внутрішнього діаметру вагранки вибирають наступні розміри шматків коксу:

Внутрішній діаметр вагранки	Розмір шматків коксу,
мм	мм
<900	65-90

900-1000	65-120
1000-1200	90-140
1200-1500	120-140
>1500	>140

Паливо повинне містити не більше 8-10 % золи. У вагранці на кокс неодруженої і робочої калаш тисне важкий металевий стовп шихти, тому шматки коксу повинні бути міцними. При низькій міцності коксу він руйнується і размельчається, при цьому важко рівномірно розподілити дуття в шахті награнки і перегріти метал. Кокс необхідно просівати і випробовувати на міцність, оскільки в зоні фурм коксова дрібниця разом з шлаком сприяє утворенню настилей, крім того, збільшується витрата коксу. Кокс випробовують в циліндрових барабанах діаметром 2 м і завдовжки 0,8 м із залізних лозин із зазором між ними 25 мм. У барабан завантажують навішування коксу 410 кг і обертають його протягом 15 мін з частотою 10 1/мін. Дрібні шматки висипаються з барабана; залишок коксу зважують, маса в кілограмах є барабанною пробою. Механічна міцність коксу після «барабанної проби» повинна бути не менше 325 кг Вологість палива повинна бути мінімальною (<4 %). Чим менше реакційна здатність палива, тобто здатність коксу при 900°С відновити CO<sub>2</sub>, тим більше відношення CO<sub>2</sub>/CO у вагранкових газах і тим гарячіше хід плавки. Вагранковий кокс повинен містити до 1,4% 8 залежно від сорту. Трещиноватість коксу повинна бути мінімальною. Ливарний кокс відрізняється від доменного (металургійного) більшою щільністю і міцністю, меншою реакційною здатністю, меншим змістом сірі. Згідно ГОСТ 3340-71 ливарний кокс по складу випускають три мазки КЛ-1, КЛ-2 і КЛ-3.

Найменший зміст сірі (до 0,6%) в коксі КЛ-1, найбільше в коксі ІВ-3 (1.4%). Кращий по міцності, розмірамкусков і пористості кокс КЛ-3, потім КЛ-2 і КЛ-1. Термоантрацит володіє реакційною здатністю і високою теплотворною здатністю. Термоантрацит при плавці металу у вагранці не розтріскується (як антрацит). Реакційна здатність його нижче, ніж у коксу, але вище чим у антрациту. Пекококс є заміником коксу, володіє низькими пористістю і реакційною здатністю, містить мало сірі, має високу міцність і теплотворну здатність. Флюсами називають мінеральні речовини, що додаються в шихту для видалення золи з палива у вигляді шлаку, пониження температури плавлення,

зміни його в'язкості і жідкотекучості. При плавці чавуну у вагранці застосовують наступні флюси: вапняк, мартенівський шлак, плавиковий шпат.

Вапняк винен содержать 40-50%  $\text{CaO}$  і мінімальна кількість сірі і фосфору. Якість вапняку можна визначити за змістом нерозчинного осаду в нім. По кількості нерозчинного осаду можна встановити сорт вапняку. Вапняк 1 сорту містить не менше 52 %  $\text{CaO}$  і до 2,15 % нерозчинного осаду, 2 сорти - 50 %  $\text{CaO}$  і 3,75 % осідання, а 3 сорти - 49 %  $\text{CaO}$  і до 5 % осідання. Перед плавкою вапняк дроблять на шматки розмірами 25-100 мм. Мартенівський шлак. Основний мартенівський шлак, склад %:  $< 25 \text{ SiO}_2, 40 (\text{CaO} + \text{MgO}) > 20 (\text{FeO} + \text{MnO}) < 2 \text{P}_2\text{O}_5$  і 4  $\text{CuS}$ . Зміст оксидів заліза повинно бути не більше 10 %. Шлак використовують в шматках розміром 25-100 мм в кількості 0,5 - 1,2 % маси металеві шихти. Плавиковий шпат знижує в'язкість і температуру плавлення шлаку. Плавиковий шпат ділять на три сорти. У плавиковому шпаті 1 сорту повинно бути не менше 92%  $\text{CaF}_2$  і менше 5 %  $\text{SiO}_2$ ; 2 сорти  $> 82$  %  $\text{CaF}_2$   $< 20$  %  $\text{SiO}_2$ ; і 3 сорти  $< 25$ %  $\text{CaF}_2$ ; зміст  $\text{SiO}_2$  не лімітується. Плавиковий шпат дефіцитний, сильно роз'їдає футеровку вагранки, тому його вводять в кількості не більше 2 % маси паливної робочої колоші.

Підготовка шихтових матеріалів, палива і флюсів до плавки. При виплавці будь-яких ливарних сплавів можна використовувати шихту тільки відомого хімічного складу. Що тому поступають в ливарний цех шихтові матеріали, паливо, флюси, вогнетриви контролюють. Основні документи, що визначають кількість матеріалів, що поступають в ливарний цех, - сертифікат і паспорт. Без цих документів використання матеріалів не допускається. Матеріали, що мають ці документи, перед запуском у виробництво перевіряють вибірково або повністю (100 %) по розсуду ОТК в лабораторіях заводу.

Зразкові норми контролю деяких шихтових і допоміжних матеріалів наступні: ливарний і передільний чавун (маса партії 61 т) - контролюється кожна партія не менше чим по шести пробах; сталевий і чавунний лом (маса партії 20 т) - контролюється кожна десята партія не менше чим по п'яти пробах; ферромарганец доменний (маса партії 62 т) - контролюється кожна партія не менше чим по шести пробах; вогнетривка цеглина (маса партії 62 т) - контролюється кожна третя партія по першій пробі. Після відбору проби до отримання результатів аналізу матеріали знаходяться на майданчику очікування. При отриманні позитивного результату аналізу ОТК вирішує його запуск у виробництво. На шихтовому дворі метали, флюси, раскеслітелі зберігаються



строго по партіях. Лом, що містить леговані відходи, зберігається окремо. Чушковіє чавуни залежно від розмірів варанок можуть подаватися на завантаження цілими чушками або роздробленими (по пережимах) на чушколоме.

Крупні шматки чавунного лому подрібнюють до потрібних розміром копром, а решту лому розрізають газовим або дуговим різанням. Сталева і чавунна стружка повинна використовуватися у вигляді брикетів масою 2-40 кг після її попередньої обробки - очищення і знежирення. Повернення виробництва - літники, брак, скрап, прибули і т.д. -предварительно очищають від формувальної суміші, що пригоріла до них, оскільки на її ошлаковиваніє у вагранці додатково витрачається паливо і флюси. Крупні шматки повернення подрібнюють до необхідних розмірів під копром (чавунне повернення) або газове різання (сталеве повернення). У всіх випадках шматки повернення і чавунного лому повинні бути не більше  $1/3$  діаметру вагранки щоб уникнути зависання шихти при плавці.

Феросплави і флюси, використовувані при плавці, подрібнюють до необхідних розмірів на щічних дробарках, в молоткастих і кульових млинах і механічних ситах. Паливо - кокс піддають, як указувалося вище, барабанній пробі і сортують на ексцентрикових інерційних грохотах. Металева шихта, флюси, паливо на шихтових складах зберігаються в бункерах. Подача матеріалів у вагранку при плавці здійснюється за допомогою баддъ, які завантажуються шихтовими матеріалами при їх точному ваговому дозуванні. Для зважування шихти використовують різні вагові пристрої. Сучасні вагранки оснащені комплектами автоматичного устаткування для зважування і завантаження шихт

## Лекція № 53

### : Методи розрахунку шихти

#### Питання:

1. Склад чавуну для різних відливань
2. Методи розрахунку шихти

Склад чавуну для відливань вибирають залежно від їх призначення і товщини стінок, вмісту в чавуні кремнію і вуглецю. Для забезпечення заданого хімічного складу і якості чавуну, що виплавляється, слід розрахувати шихту по прийнятому хімічному складу рідкого чавуну з урахуванням чаду елементів при плавці. Шихту розраховують на 100 кг металевого завалення. Маса металеві шихти або завалення на дану програму складається з мас:

- 1) придатних відливань, необхідних за програмою на місяць, квартал, рік, на день або плавку;
- 2) бракованих відливань - браку внутрішнього і зовнішнього тобто виявленого в ливарному і механічному цехах;
- 3) літників, випоровши і прибутків;
- 4) чаду і механічних втрат металу при розливанні (сливи, сплески, бризки і ін.).

Маса літників коливається в межах для відливань дрібних 20-80%, середніх 15-25% і великих 5-15% мас відливання. Втрати металу при розливанні чавуну з вагранки можна приймати рівними 4-5% загальної маси металеві шихти або завалення, а з полум'яних печей - 6-8 %. Коефіцієнтом виходу придатних відливань називають відношення маси придатних відливань до маси завалення, виражене у відсотках:

маса придатних відливань

Коефіцієнт виходу придатних відливань=-----100%.

маса металічної заливки

Коефіцієнт виходу придатних відливань з сірого чавуну складає для відливань дрібних 40-60%, середніх 55-70% і великих 65-80%; для відливань з ковкого

чавуну 55-62 %. При розрахунку шихти необхідно враховувати чад елементів при вагранковій плавці: 10-30 % Si, 15-25 % Mn, 16-20 % S. Пригар сірки складає 40-50 % унаслідок переходу сірки з коксу в чавун. Чад домішок в чавуні залежить від абсолютного змісту їх в шихті і від режиму плавки (з підігрівом дуття, без підігріву, в коксогазовій вагранці і т.п.). Шихту можна розраховувати трьома методами: підбором, аналітичним і графічним. Найчастіше шихту розраховують методом підбору, оскільки він найпростіший.

## Лекція № 36

### Улаштування вагранки Підготовка вагранки до плавки.

#### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Чавун плавлять у вагранках, електричних і полум'яних печах. Плавильні печі повинні забезпечувати отримання металу необхідного хімічного складу, малий чад, низьку питому витрату палива і електроенергії, задану температуру, мінімальне насичення металу шкідливими домішками і газами. Ливарні печі повинні бути пристосовані до режиму роботи цеху і мати необхідну продуктивність. Велике застосування для плавки чавуну знайшли шахтні печі - вагранки, оскільки в них невеликий чад металу, мала витрата палива, безперервна плавка, що важливе для підвищення продуктивності праці, крім того, конструкція вагранки нескладна.

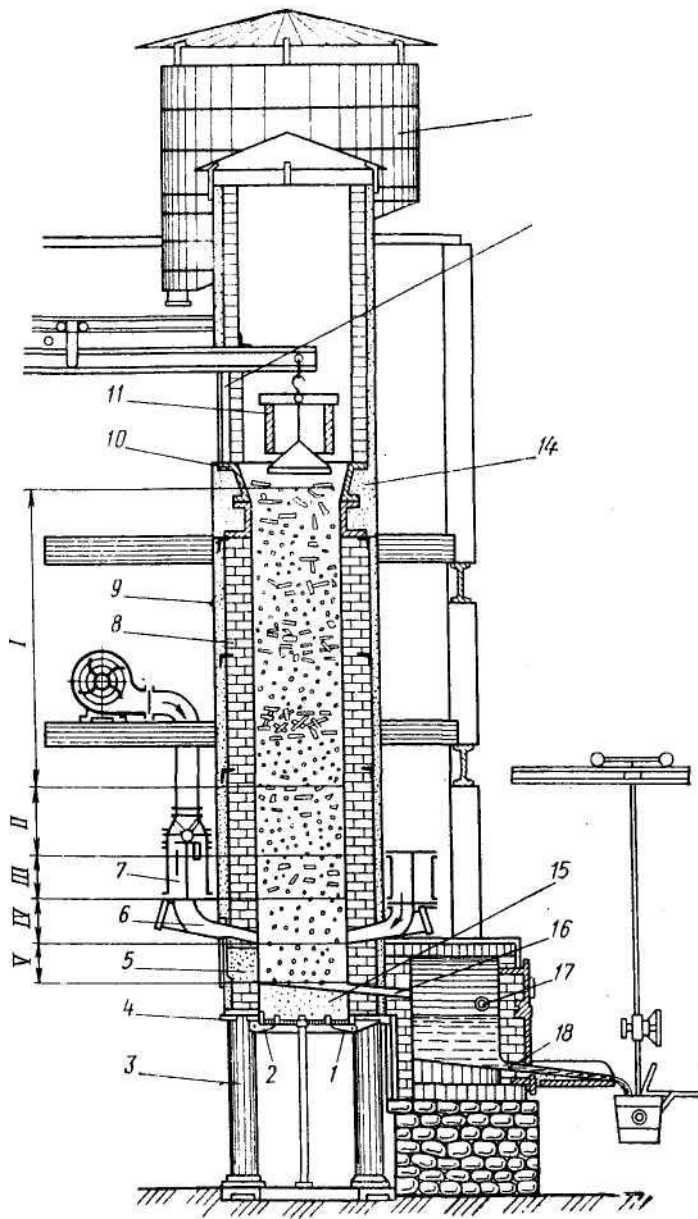
Вагранкою називають шахтну пекти, службовку для розплавлення і перегріву чавуну. Вона проста по пристрою і обслуговуванню, вимагає невеликої витрати палива, продуктивність її 500 - 25000 кг/ч рідкого чавуну. У вагранці під час плавки можна міняти шихту і отримувати чавун бажаного хімічного складу з температурою на жолобі до 1450°C.

Вагранка - плавильний агрегат безперервної дії. У ній розплавляється 6-10 калаш в годину. У міру того як метал розплавляється і рівень шихти опускається, у вагранку послідовно завантажують нові калаші за допомогою похилого підйомника і бадді 11 з дном, що розкривається. Отриманий чавун випускають через льотку безперервно або через невеликі проміжки часу (8-10 мин.).

#### ПІДГОТОВКА ВАГРАНКИ ДО ПЛАВКИ

Перед плавкою проводять поточний ремонт вагранки. Розрізняють три види ремонту: випадковий, поточний і капітальний. Випадковий ремонт виконують при аварії (обвал частини футеровки під час плавки, прогар кожуха вагранки, замерзання льотки, прогар днища вагранки і т.п.). Капітальний ремонт проводять 1-2 рази на рік після тривалої роботи вагранки. При капітальному ремонті, якщо необхідно, ремонтують кожух вагранки, замінюють футеровку шахти, димаря, іскрогасника, повітропровід, фурменную коробку і т.д.

Поточний ремонт вагранки проводять після кожної плавки; він полягає в частковій або повній заміні шахти в поясі плавлення, зоні фурм і сурмі вагранки. Вагранку після плавки охолоджують природною тягою повітря, для чого відкривають фурми і днища, а завантажувальне вікно закривають. Охолодження футеровки вагранки прискорюють продуванням шахти повітрям. При плавці футеровка сильно вигоряє, і під час ремонту поясу плавлення вигоріла цегла замінює новою. Замість цегляної футеровки часто застосовують набивну масу з 80-85% кварцового піску, 20-15% вогнетривкої глини і 6-8% вод. Цю суміш добре перемішують в бігунах протягом 5-10 мин. Для збільшення міцності змішай у воду додають рідке скло (1 до на 1 л води). Набивна футеровка стійкіша в порівнянні з цегляною. Під час ремонту очищають нижню частину копільника і ремонтують лютку, шлаковий отвір і канал, по якому чавун з сурми поступає в копільник. Ремонтують жолоб вагранки: очищають від настилей і шлакових наростів і обмазують його вогнетривкою масою, вживаною для ремонту шахти вагранки. У разі потреби футеровку жолоба міняють повністю. Після ремонту жолоб просушують. Під набивають після ремонту вагранки. Спочатку закривають відкидне днище вагранки, а потім приступають до набивання череня формувальною наповнювальною сумішшю. Суміш набивають шарами товщиною набивання 150-200 мм. Чавунну і шлакову лютки роблять з вогнетривкої цегли. У цеглині роблять два отвори: що одне діє, а інше запасне. Запасний отвір розташований вище що діє. Діаметр металеві лютки залежить від продуктивності вагранки і складає 12-30 мм, діаметр шлакової лютки 50-100 мм унаслідок більшої в'язкості шлаку.



### ПРИСТРІЙ ВАГРАНКИ

Вагранка складається з шахти, опорної частини, димаря 3

іскрогасником, фурменного пристрою і копільника - див. малюнок. Сталевий кожух 9 вагранок зсередини викладений вогнетривким матеріалом -шамотовим цеглиною 8. Шахта є головною частиною вагранки, в ній відбуваються два основні процеси плавки: згорання палива і плавлення чавуну.

У верхній частині шахти знаходиться вікно 13 для вивантаження у вагранку шихти. Шахту від череня до завантажувального вікна викладають футерують - вогнетривкою цеглиною 8 в два ряди завтовшки до 250 мм; поблизу завантажувального вікна на висоту 1 м - чавунним саманом 10; вище за вікно завалення - в один ряд шамотним цеглиною на «плашку». Товщина сталевого кожуха вагранки залежно від її діаметру складає 6-12 мм. Для вільного розширення футеровки під час плавки між кожухом і футеровкою роблять зазор 25-50 мм, заповнений піском 14. Шахту встановлюють на череневу плиту 4 і опорні колони 3.

Отвір в плиті закривають відкидним днищем, що складається з двох ступок 1,2. Через робоче вікно 5 нижню частину шахти набивають наповнювальною сумішшю 15 шаром 100 - 300 мм. Набивної під має ухил у бік чавунної льотки 16. Робоче вікно на час плавки закладають вогнетривкою цеглиною, забивають формувальною сумішшю і закривають дверцями. Льотка 17 для шлаку розташована вище за рівень металу в копільнику. Чавун випускають з копільника через льотку 18 по жолобу. Вагранка з копільником встановлена на фундаменті. Нижню частину шахти, від череня до першого ряду фурм, називають сурмою.

Під час роботи вагранки сурма і частина шахти заповнені розжареним коксом. Цей шар коксу називають неодруженою калошею. На неодружену калошу завантажують з бадді 11 окремими порціями (шарами) флюс, металеву колошу: чавун, лом, сталевий скрап, а також кокс, званий паливною (робочою) калошею. Вапняк завантажують після кожної робочої колоші коксу. Неодружена колоша коксу зазвичай має висоту 700 - 800 мм і перекриває фурми. Повітря у фурми 6 поступає з фурменної коробки 7. Вентилятор подає повітря у фурменну коробку. Для повного згорання палива і інтенсифікації плавки фурми встановлюють в декілька рядів. Неодружена калоша підтримує в ході плавки рівень поясу плавлення на певній висоті. Висота сурми (відстань від череня до нижнього ряду фурм) залежить від діаметру вагранки і складає 150-300 мм. У вагранках без копільника висота сурми визначається об'ємом рідкого чавуну, який необхідний для заливки форм в проміжках між випусками. Висота сурми в таких вагранках складає 400 – 700 мм.

Корисною висотою шахти вагранки називають відстань між нижнім порядком фурм і порогом завантажувального вікна. Через димар вагранки продукти горіння палива віддаляються з шахти назовні. Труба закінчується іскрогасником 12, який уловлює розжарений пил, іскри, що викидаються з труби і оберігає від пожежі сусідні приміщення. Іскрогасники бувають сухі і мокрі. У сучасних вагранках відповідно до вимог охорони повітряного басейну окрім іскрогасників встановлюють газоочисники.

## Лекція № 37

### Теоретичні основи плавки у вагранці

При плавці у вагранці шихтові матеріали і гази рухаються назустріч один одному. Шихтові матеріали опускаються зверху вниз і нагріваються газами, які рухаються знизу від рівня фурм вгору, і охолоджуються, віддаючи теплоту шихтовим матеріалам. Окрім теплопередачі у вагранці протікають численні хімічні процеси. Вагранку по висоті можна розділити на п'ять зон:

- I - шахта вагранки;
- II - зона плавлення;
- III - редукційна зона неодруженої колоші;
- IV - киснева зона неодруженої колоші;
- V - сурма вагранки.

Розглянемо процеси, що відбуваються в різних зонах коксової вагранки. Шахта вагранки. У цій зоні I твердий метал, що нагрівається, вступає в хімічні реакції тільки з газовою фазою. Залізо, з'єднуючись з газами, утворює Регоз і  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  а також може науглерожуватися. При цьому вуглець розчиняється в металевій фазі. Розчинність вуглецю в У-те змінюється від 0,8% при 723°C до 2% при 1130°C. Надмірний вуглець знаходиться у вигляді графіту або у формі карбїду. Утворення цих обох фаз протікає по реакціях:  $2\text{CO} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ ;  $2\text{CO} + 3\text{Fe} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}_3\text{C}$

В результаті окислення утворюються газоподібні продукти, що віддаляються з поверхні металу, на поверхні металу окислюється кремній і марганець, утворюючи  $\text{SiO}_2$  і  $\text{MnO}$ , які разом з  $\text{FeO}$  утворюють на поверхні металу оксидну плівку. Крім того, відбувається і насичення поверхні металу сіркою. Проте плівка оксидів на поверхні твердого металу перешкоджає насиченню металу сіркою і його окисленню. Паливо в першій зоні, нагріваючись до 100°C, втрачає вологу, що міститься в нїм, а потім і летючі речовини, стає рихлим і пористим і набуває високої реакційної здатності. Тому вагранкове паливо повинне містити мінімум летючих речовин. Вапняк в першій зоні повинен нагріватися до температури, необхідної для повної дисоціації його, по реакції.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$



Крупні шматки вапняку прогріваються і диссоціюють. Зона плавлення. У цій зоні II шматки метала, нагріваючись, починають плавитися. Якщо шихта добре оброблена, то плавлення всіх шматків закінчується в зоні III - слабоокислительной, унаслідок чого метал не окислюється. Найбільш масивні шматки металу можуть не розплавитися в зоні III і опуститися до зони IV, тобто до кисневої зони, що може викликати сильне окислення металу. В період плавлення можливе поглинання сірі металом по реакції  $3\text{Fe} + 8\text{O}_2 = \text{Fe}_8 + 2\text{FeO}$  значно інтенсивніше, ніж у верхніх шарах вагранки. Газу в цій зоні не змінюють свого складу, але сильно охолоджуються, оскільки віддають теплоту на нагрів і плавлення металу.

Редукційна зона. У цій зоні III краплі металу перегріваються унаслідок високої температури газової фази і головним чином за рахунок розжареного коксу. Середовище в зоні, як і по-перше двох зонах, слабоокислительная. Оксиди заліза, краплі металу, що утворюються на поверхні, розчиняються в самій краплі і передають кисень домішкам чавуну, що мають більшу спорідненість до кисню, чим залізо, а саме кремнію, марганцю і частково вуглецю. В той же час краплі металу, стикаючись з паливом, розчиняють вуглець і сірку палива.

Між газом і паливом відбувається реакція  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  В цій же зоні відбувається отшлаковиваніє твердою винищити  $\text{CaO}$  рідким кремнеземом  $8\text{SiO}_2$  з утворенням шлаку. Киснева зона. Середовище в зоні IV більш окислительная, ніж в зоні III, оскільки в ній є вільний кисень. Краплі металу перегріваються теплотою згорання газів і коксу і унаслідок окислення домішок чавуну газовою фазою. Проходячи струмінь холодного повітря у фурм, краплі шлаку охолоджуються, а краплі чавуну перегріваються теплотою окислення домішок.

У зоні перегріву температура найвища - 1500-1650°C. Залізо окислюється до реакції  $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$  Потім кисень з'єднується з наступними елементами:  $2\text{FeO} + \text{Si} = \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$   $\text{FeO} + \text{Mn} = \text{MnO} + \text{Fe}$   $\text{FeO} + \text{C} = \text{C} + \text{Fe}$  Якщо в чавуні є хром, то і він окислюється  $3\text{FeO} + 2\text{Cr} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}$ .

При сильному перегріві чавуну вигорання кремнію, марганцю і хрому може припинитися. Чим більше перегрів чавуну, тим інтенсивніше вигорання вуглецю при одночасному насиченні рідкого чавуну вуглецем з коксу. У зоні IV вагранки сірка коксу згорає в основному в  $\text{CO}_2$ . Горн вагранки Середовище в сурмі (зона V) у верхній частині окислительная, в середній - слабоокислительная,

і у подіни - неокислітельна. У зоні V метал і шлак охолоджуються унаслідок втрат теплоти через стінки і дно сурми.

Вплив газової фази залежить від рівня металу і шлаку, що скупчується в сурмі вагранки. Якщо рівень шлаку у вагранці, копільника, що не має, піднімається до фурм або близько до них, відбувається окислення металу через шлак киснем повітря. Чим нижче рівень шлаку, тим менш окислітальною буде середовище в сурмі вагранки. Чим більше глибина сурми, тим довше від фурм знаходиться рівень шлаку, тим менше окислення металу в сурмі, і навпаки: чим менше глибина сурми, тим ближче до фурмам рівень шлаку і більше окислення металу в сурмі. Чим товще шар шлаку, тим повільніше відбувається процес передачі кисню металу і тим менше його окислення. Якщо вагранка має копільник, то чад металу при проходженні через сурму буде мінімальним. У сурмі продовжується процес розчинення вуглецю в рідкому металі, якщо це розчинення не досягло межі насичення в розташованих вище зонах III і IV. Межею насичення можна вважати зміст вуглецю, відповідний евтектичному складу.

У перших порціях чавуну розчиняється сірка з поверхневих шарів шматків коксу, розташованих в сурмі вагранки. Плавлячись, метал стікає в сурму окремими краплями і цівками, що не перемішуються один з одним, тому у вагранках, копільника, що не мають, не відбувається достатньо повного перемішування чавуну. Процеси, що протікають в копільнику. Чавун стікає з подіни сурми через сполучний канал в копільник, де відбувається перемішування чавуну, і завдяки дифузії елементів його склад вирівнюється. У копільнику...

... киснем оксиду заліза РЕО окислюються кремній і марганець, оскільки вони мають велику спорідненість до кисню. Продукти окислення спливають в шлак.

Чавун в копільнику остигає в результаті втрати теплоти через стінки копільника. Унаслідок проходження металу через всі зони вагранки відбувається чад тих елементів, які мають велику спорідненість до кисню, чим залізо. Практично чад кремнію складає 20-25%, а іноді і більше; марганцю 25-30%, хрому 20-25%. Нікель, кобальт і мідь зовсім не вигоряють. Вуглець вигоряє, але одночасно відбувається насичення чавуну вуглецем з палива, тому кінець кінцем чавун насичається до евтетического складу. В деяких випадках необхідно отримувати у вагранках нізкоуглеродистіє чавуни. Для цього в шихту додають

сталевий лом, а фурми розташовують на невеликій висоті (250-300 мм) від подіни, щоб зменшити науглерожіваніє чавуну і його насичення сіркою. В цьому випадку можна отримати чавун із змістом 2,7-2,8% С.

Нізкоуглеродистіє чавуни можна отримувати у вагранках з силікатною неодруженою колошею. Для цього частину неодруженої колоші нижче за рівень фурм замінюють шамотним цеглиною, викладеною в клітку. Цю частину колоші заздалегідь сильно розігрівають, щоб зменшити охолодження чавуну. При добавці в шихту близько 35% сталевому лому у вагранках з силікатною колошею можна отримувати чавун із змістом до 2,2 - 2,3 % С.

## Лекція № 38

### Плавка чавуну в печах електродуг

#### Питання:

1. Пристрій печі електродуги
2. Підготовка печі до плавки
3. Плавка чавуну

Печі електродуг в ливарних цехах застосовують як самостійний плавильний агрегат і при дуплекс-процесі вагранка + електропіч, електродуга пекти + індукційна пекти. Печі електродуг використовують для плавки чавуну, призначеного для виготовлення відливань відповідального призначення, особливо тонкостінних і складної конфігурації, легованих чавунів, а також модифікованого і високоміцного чавуну з кулястим графітом. Електроплавлення має ряд переваг: низький вміст елементів, можливість отримання точнішого складу чавуну з меншою кількістю шкідливих домішок, високий перегрів, кращі санітарно-гігієнічні умови плавки, велику можливість механізації і автоматизації, а також регулювання процесу плавки.

Плавку можна вести на твердому і рідкому заваленні. Печі електродуг працюють на змінному струмі (12 500 А), робоча напруга 105-130 В. Вмістимість 1500 0 5000 кг і більш (до 45 т). Печі електродуг працюють з основною і кислою футеровкой. Найчастіше застосовують печі електродуг з кислою футеровкой. У цих печах велика стійкість футеровки, нижче її вартість, менше питома витрата електроенергії, електродів і тривалість плавки. Печі з основною футеровкой застосовують для плавки легованих чавунів з високим вмістом алюмінію (оскільки алюміній енергійно відновлює кремній з двоокису кремнію і руйнує кислоту футеровку печі), марганцю і хрому, а також з незначним вмістом сірі (до 0,04%).

#### ПІДГОТОВКА ПЕЧІ ДО ПЛАВКИ

Перед плавкою електродугу пекти футерують. Зведення викладають за шаблоном дінасовим цеглиною, а потім футерують сумішшю, що складається з вогнетривкої маси: 52% кварцового піску, 26 % вогнетривкої глини, 22 % води. Під і укуси печі футерують дінасовим цеглиною. При цьому залишають зазор між

кожухом печі і футеровкой 50-60 мм, який засипають порошком дінасового цеглини. Кладку печі проводять в суху перев'язку.

Перед набиванням цегляну кладку череня просушують газом протягом 3-5 ч, після чого футеровку змащують рідким склом для кращого з'єднання шарів череня, набивають укуси. Після набивання укусів череня пекти накривають зведенням і сушать протягом 3 -4 ч, потім закидають кокс і підсилюють горіння вдуванням стислого повітря. Якщо в печі електродуги плавили чавун, то необхідний гарячий ремонт її. Після випуску чавуну з печі зливають залишки його і шлаку з ванни, а затії наварюють під укуси вогнетривкою масою вказаного вище складу. При черені, що наріс, перед наварюванням для роз'їдання наростів на нього насипають плавиковий шпат.

### ПЛАВКА ЧАВУНУ

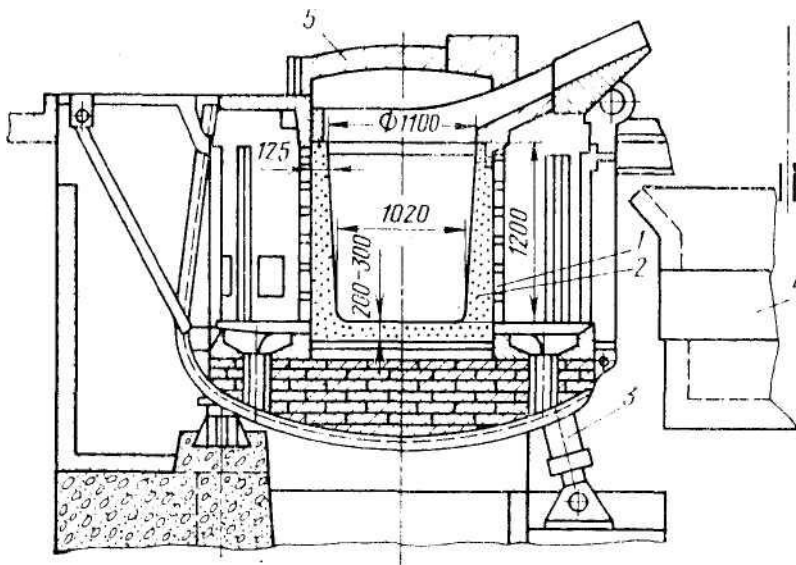
В печі електродуги плавку можна вести на твердому заваленні із сталевому лому з науглерожіванієм (електродний бій) і на шихті з чушкового чугуна і чавунного лому. При плавці з науглерожівателем на під укладають крупні шматки сталевому лому, потім їх засипають коксом, деревним вугіллям або ж електродним боєм і вапном (або вапняком при плавці в печі з основною футеровкой). При пуску пекти включають на «зірку», приблизно на 5 хвилин до стійкого контакту електродів з шихтою. В період плавлення чавуну пекти перемикають на «трикутник», плавку ведуть на максимальній потужності печі під шаром шлаку.

## Плавка в індукційних печах (самостійна робота)

Індукційні плавильні печі застосовують для плавки чавуну на твердому заваленні, а також для підігріву чавуну і доведення його до необхідного складу. Індукційні печі працюють на принципі, при якому електромагнітне змінне поле індуктує вихрові струми в металі.

При цьому в металі електрична енергія переходить в теплоту, кількість якої залежить від електроопору шихти. Якщо в пекти завантажують металевий лом, стружку і інші дрібні відходи металу, то вихрові струми унаслідок великих перехідних опорів утворюються між окремими частинками завантаженого металу. Отже, ніж менше завантажувані шматки, тим більше повинна бути частота струму, що живить індуктор, для швидкого розплавлення шихти або сили струму. Чим вище частота струму в печі за інших рівних умов, тим легко почати плавку на холодній шихті. Живлення індукційних печей здійснюється струмами промислової частоти 50 Гц струмами підвищеної частоти 500 - 2000 Гц. Основними перевагами індукційних печей є низький чад (<5%С < 5 % 81, 10 % Мп), загальний чад метала не перевищує 2-3 %, можливість поліпшення гігієнічних умов праці.

У ливарному виробництві застосовують індукційні печі без сердечника і з сердечником. Найбільшого поширення набули індукційні печі без сердечника. Для підігріву чавуну застосовують індукційні каналні печі з сердечником. Індукційні печі місткістю 40,60, і більш з трьома відокремленими індукторами використовують в дуплекс-процесі з вагранкою.



Тигельна індукційна піч: 1 — індуктор; 2 — тигель; 3 — механізм повороту печі; 4 ківш; Л — кришки

На малюнку показана схема індукційної печі без сердечника місткістю 6 т. Індуктор виконують у вигляді многовіткової циліндрової одношарової спіралі, виготовленої з мідної водоохолоджуваної трубки; живляча напруга на кінці індуктора. Такі печі широко застосовують для плавки чавуну, сталі і кольорових сплавів. Великого поширення набули високочастотні вакуумні печі для виплавки сталей з низьким змістом газів і шкідливих домішок.

## ПІДГОТОВКА ПЕЧІ ДО ПЛАВКИ

Футеровка печей набівная і зазвичай кисла. Початкові матеріали для набивання футеровки: 48 % (за об'ємом) кварцу (з величиною зерна 15-5 мм і змістом не менше 95 %  $SiO_2$  і мінімальним змістом  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , 50 % меленого кварцу КП-3 (з величиною зерна не більше 1,55 мм) і 1,8 % борної кислоти. Кварц сушить при 250-150°C і просівають через сито. Мелений кварц і борна кислота повинні бути сухими. Борну кислоту просівають через сито з осередками 0,5 мм. Футеровочную масу готують в сухому поляганні в змішувачі. Приготовану суміш просівають через сито з осередками 5 мм. Суміш необхідно швидше використовувати для набивання, оскільки борна кислота поглинає вологу (час зберігання приготованої суміші повинен бути не більш 15ч). Перед набиванням футеровки тигля необхідно оглянути і випробувати механізм нахилу печі, перевірити кріплення індуктора, а також перевірити індуктор під заданим тиском води з метою виявлення можливих дефектів (теча, засмічення і т.д.).

Перед плавкою необхідно оглянути дно тигля, обмазку між витками індуктора і всі місця між дерев'яною шаблоною і азбестом, пошкодження обмазки між витками замазати пастою (її склад: 3 частини гліноземістого цементу, одна частина сухого піску, одна частина меленої глини). Обкласти внутрішню частину індуктора азбестовим листом завтовшки 3-5 мм. Потім викласти дно тигля азбестовим листом завтовшки 6-10 мм, а на дно тигля засипати просіяний через сито з осередками 2 мм дрібнозернистий кварцовий порошок. Під тигля набивають шарами завтовшки 50-70 мм. Перед набиванням подальшого шару змішай попередній шар суміші розпушують на глибину 5 мм, щоб отримати щільний зв'язок окремих шарів.

На ущільнений під встановити шаблон з листового заліза, а потім зазор між шаблоном і ізолюваною котушкою індуктора набивають футеровкой шарами завтовшки 30-40 мм. Після набивання футеровку сушать. Під час сушки в індуктор пускають воду і через кожних 30 мін його оглядають, у разі виявлення потіння індуктора його необхідно просушити стислим повітрям. Під час сушки і плавки температура води, що відходить, повинна бути завжди до 35°C. Тигель слід сушити не допускаючи оплавлення футеровки. Сушка тигля в індукційній печі місткістю 1 т триває 4 ч. Щоб забезпечити мінімальну витрату електроенергії і скоротити тривалість плавки, стінки тигля повинні мати мінімально можливу товщину. В процесі роботи печі необхідно перевіряти футеровку, оскільки вона знаходиться в несприятливих умовах; внутрішня поверхня футеровки тигля має температуру рідкого металу, а зовнішня стикається з індуктором, що охолоджується водою. В більшості випадків для футеровки індукційних печей місткістю до 30 т застосовують набивну футеровку. Недолік такої футеровки - велика трудомісткість виготовлення. Для футеровки індукційних печей великої місткості застосовують вогнетривку цеглину.

## ЗАВАНТАЖЕННЯ

Шихту в тигель слід завантажувати обережно без ударів і можливо щільніше. Розміри шматків шихти повинні забезпечити хорошу щільність завантаження без зазорів між ними і стінками тигля. Цим досягається швидке розплавлення металу і мінімальна витрата електроенергії. Зона найвищої температури під час плавки знаходиться в нижній частині тигля, тому тугоплавкі феросплави слід завантажувати на дно тигля. Крупні тугоплавкі шматки шихти завантажують вертикально, паралельно і ближче до стінок тигля, легкоплавкі складові шихти - в середину тигля. У печі невеликої місткості шихту завантажують уручну, великою баддею.

## ПЛАВКА

На початку плавки 5-10 мін пекти працює до припинення стрибків струму генератора на зниженій потужності, потім потужність доводять до максимальної. Плавку ведуть при закритому тиглі. Коли шихта частково розплавиться, тверді шматки відсаджують ломиком, заздалегідь вимкнувши пекти, потім пекти довантажують дрібною підігрітою шихтою, що залишилася. Сталевий лом досаджують зазвичай в рідку ванну, феросплави - в добре розігріту ванну до



1430-1450°C. Для науглероживання чавуну вводять крупний електродний бій (1-2%) на під і дрібний на дзеркало металу після викачування шлаку. Шлак викачують при вимкненому струмі, причому робочий повинен бути в гумових рукавичках і в окулярах і стояти на гумовому килимку. ...

...

тривалості розплавлення необхідно зіштовхувати шихту з укосів і порогу, не допускаючи утворення мостів.

Після розплавлення нагрівають ванну, видаляють шлак, на поверхню ванни насипають науглерожувач (електродний бій) шматками не більше 50 мм і металу ретельно перемішують. Після закінчення науглероживання у ванну вводять в шматках ферросиліцій і ферромарганец, чавун нагрівають до необхідної температури і випускають. Витрата науглерожувача складає 5-10% мас лому і залежить від ступеня засвоєння вуглецю. Ступінь науглероживання залежить від природи науглерожувача і вмісту в нім золи. З підвищенням основності шлаку, температури металу при перемішуванні ванни ступінь науглероживання чавуну збільшується. При переплавленні чавуну в завалення додають 0,3 - 0,4 % науглерожувача для компенсації невеликого чаду в період плавлення. Чад решти елементів в чавуні незначний.

Чугун переплавляють под кислым или основным карбидным шлаком. Кислый шлак состоит из 80 %  $\text{SiO}_2$  и 20 %  $\text{CaO}$ , а карбидный из 60 %  $\text{CaO}$ , 25 %  $\text{CaF}_2$  и 15 % молотого кокса. Состав конечного шлака при кислой футеровке 55-65%  $\text{SiO}_2$ , 5-25 %  $\text{CaO}$ , 1-3 %  $\text{MgO}$ , 5 -10%  $\text{FeO}$ , 3-7 %  $\text{MnO}$  и 5- 10 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; при основной футеровке 15-20 %  $\text{SiO}_2$ , 50-60 %  $\text{CaO}$ , 10-15%  $\text{MgO}$ , 1-2 %  $\text{FeO}$ , 5-8 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1-2 %  $\text{MnO}$ , 2-3 %  $\text{CaF}_2$ .

МАШИНОБУДІВНИЙ КОЛЕДЖ  
ДОНБАСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ АКАДЕМІЇ  
Циклова комісія технічних спеціальностей

**ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І  
СПЛАВІВ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**ЧАСТИНА 2**

для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальність «Металургія» («Ливарне виробництво чорних і кольорових металів  
і сплавів»)

2017

Конспект лекцій з дисципліни «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів». Для студентів Машинобудівного коледжу ДДМА за напрямом підготовки 050402 Ливарне виробництво, спеціальністю 5.05040201 Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів (136 Металургія).

Розробник:

Штирова О.Р., спеціаліст вищої категорії Машинобудівного коледжу ДДМА

Розглянуто та схвалено на засіданні циклової комісії технічних спеціальностей

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_\_

Голова циклової комісії \_\_\_\_\_ М.М.Пасько

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017року

## Лекція № 1

### Сутність процесу лиття у оболонкові форми.

#### План

1. Загальні свідчення.
2. Модельна оснастка.

Загальні відомості. Литво в оболонкові форми - один з технологічних процесів отримання відливань з чистою і гладкою поверхнею ( $Rz$  40-10 мкм ГОСТ 2789-73) і точністю розмірів до 13- 14 квалітету. Оболонкові форми виготовляють з формувальних сумішей з термопластичними і термореактивними пов'язуючими, смолами по гарячих (металевим) моделях.

При виготовленні оболонкових форм на карусельній машині односторонню металеву модельну плиту з металевими моделями нагрівають до 200-300 °С, покривають розділовою сумішшю для усунення приліпаємості до неї формувальної суміші і закріплюють на бункері моделлю вниз. Бункер з формувальною сумішшю повертають на і піщано-смоляну суміш насипають на гарячу плиту і витримують протягом 15-20 с. При цьому частинки смоли, що входять до складу суміші, розплавляються і зв'язують піщинки між собою. На поверхні моделей і модельної плити утворюються оболонки 3, що складаються з суміші піску і смоли.

Після закінчення вказаного часу бункер повертається в початкове положення. Суміш, що не пристала до моделі, зсипається в бункер. Плиту з оболонкою, що утворилася, знімають з бункера і поміщають в піч для твердіння смоли при 230-400 °С. Протягом 30-300 з відбувається остаточне твердіння того, що пов'язує, що додає оболонці високу міцність на вигин (5-10 МПа).

Затверділа оболонка знімається з плити штовхачами. Готові оболонкові півформи склеюють і скріпляють чи ж засинають в опоках-контейнерах піском або металевим дробом. Форми заливають звичайним способом.

Завдяки тому, що оболонкова напівформа знімається з модельної плити в твердому і міцному стані без розштовхування, розміри її мало відрізняються від розмірів моделі. Це сприяє підвищенню точності відливань.

Разом з перевагами (малою шорсткістю поверхні, високою точністю, меншими в 2 рази припусками на обробку, зменшенням витрати формувальної суміші) процес має і недоліки: високу вартість формувальних сумішей і високу газовідварну здатність того, що пов'язує - смоли, унаслідок чого необхідна посилена вентиляція цеху.

Для виготовлення оболонкових форм і стрижнів потрібне складне і дороге металеве оснащення, тому цей спосіб економічно вигідно застосовувати в умовах масового і великосерійного виробництва відливань. У оболонкових формах одержують відливання масою до 100 кг, максимальним розміром до 80 мм для автомобілів, мотоциклів, сільськогосподарських машин, а також і інші відливання з чавуну, звичайних і легованих сталей, кольорових сплавів.

Модельна оснастка. Моделі звичайно виготовляють із сталі і сірого чавуну; вони повинні бути масивними для збереження теплоти, необхідної для утворення оболонки. Кращим матеріалом для виготовлення моделей є перлітний сірий чавун. Товщина стінок моделей повинна бути не менше 12 мм, модельних плит 15-20 мм. Виступаючі частини моделі, що піддаються швидкому охолодженню, роблять суцільними. Для оберігання моделей і модельних плит від деформації передбачають ребра жорсткості, товщина яких складає 70-100 % товщина стінок моделі.

Для того, щоб оболонка добре знімалася з плити, передбачають ливарні ухили вертикальних стінок моделей і стрижньових ящиків  $0,5-1^\circ$ , знакових частин моделей, моделей системи, літника, і стрижньових ящиків  $2-5^\circ$ . Шорсткість поверхні моделі повинна бути Ra 1,25-0,32. Штовхачі на плитах для знімання оболонок розташовують по зовнішньому контуру моделі на відстані не менше 3 мм від вертикальних стінок так, щоб зусилля рівномірно розподілялися по всій оболонці. Для невеликих моделей досить розташовувати в середньому на кожні 100 см<sup>2</sup> площі плити один-два штовхача. Хід штовхача звичайно рівний висоті моделі. На приведена конструкція модельної плити. Роз'єм форми прагнуть робити плоским. Припуски на обробку різанням призначають в межах 1-2 мм, а у разі, коли відливання шліфують, 0,25-0,5 мм.

## Лекція № 2

### Виготовлення оболонкових форм.

#### План

1. Формувальні суміші, їх склад.
2. Холодне плакировання.
3. Гаряче плакировання.
4. Виготовлення оболонкової форми.

**Формувальні суміші.** Для литва в оболонкові форми найчастіше використовують суміші з 100 % (по масі) дрібнозернистого кварцового піску, 6-7 % що пов'язує ПК104, званого також пульвербакелітом. У суміш вводять 0,2-0,5 % зволожувача (гасу, глицерину) і до 1,5 % розчинника (ацетон, фурфурол, етиловий спирт і т. д.). У масовому виробництві оболонкових форм застосовують плакировання суміші, в яких пульвербакеліт рівномірно розподіляється в суміші навколо піщинок, внаслідок чого поліпшуються властивості суміші (підвищуються міцність і газопроникність). Застосовують два способи плакировання: холодне і гарячіше.

При холодному плакированні в змішувач завантажують пісок, а потім при перемішуванні вводять розчин пульвербакеліта в ацетоні або ефіроальдегідної фракції. Склад суміші для плакировання (%):

Кварцовий пісок 1К10А .....	90—92
Пульвербакеліт ПК104 .....	4—5
Ефіроальдегідна фракція .....	4—6

При перемішуванні смола обволікає зерна піску, розчинник випаровується, а смола тонкою плівкою рівномірно покриває поверхню піщинок; суміш стає сипкою. Спосіб простий, але вимагає підвищеної витрати розчинника і хорошої вентиляції бігунів при перемішуванні.

При гарячому плакированні змішувач підігрівають до 150-175 °С і завантажують пісок; при перемішуванні вводять термопластичну новолачну смолу, продовжуючи перемішування до температури суміші 80-90 °С; вводять отверджувач - уротропін (30 %-ний водний розчин) в кількості - 10 % маси смоли; після перемішування 3-4 мін суміш вивантажують, охолоджують і

просівають. Цей спосіб складніше, вимагає спеціального устаткування і постійного контролю властивостей суміші, щоб виключити перехід смоли в необоротний стан. Проте властивості суміші при цьому способі плакирування вище, ніж при холодному.

Формувальні суміші для оболонкових форм готують в, шнекових і інших змішувачах, лопаток.

Для виготовлення оболонок піщано-смоляну суміш наносять на модельну плиту вільною засипкою з поворотного або стаціонарного бункера; піскодувним способом; вільною засипкою з допресуванням. для попередження прилипання сумішей до модельних плит і полегшення знімання оболонок застосовують розділові склади. Розділовий склад СКТ-Р готують з 35 р. синтетичного кремнійорганічного термостійкого каучуку (СКТ) і 1000 см<sup>3</sup> уайт-спірита - розчинника (щільністю 0,795 г/см<sup>3</sup>). Модельне оснащення заздалегідь покривають розділовим складом і нагрівають 1,5-2 ч при 200-220 °С. Розділові склади наносять пульверизатором на робочі поверхні оснащення через 15-20 знімачів. Процес виготовлення півформ-оболонок складається з двох стадій: формування і зміцнення оболонки.

На першій стадії термопластична смола розплавляється і обволікає піщинки, а на другій стадії уротропін, що входить до складу того, що пов'язує ПК104, розкладається з виділенням формальдегіду, що взаємодіє із смолою, внаслідок чого відбуваються необоротні процеси твердіння смоли, що зв'язує піщинки в єдину масу - оболонку. Тому машини, вживані для виготовлення оболонкових форм, звичайно мають піч, в якій відбувається попередній нагрів плит і остаточне твердіння оболонки.

## Лекція № 3

### Заливка форм, вибивка та очистка виливок.

#### План

- 1 Зборка і заливка форм.
- 2 Вибивка виливок.
- 3 Особливості техніки безпеки при литті у оболонкові форми.

**Збірка і заливка форм.** Готові півформи склеюють або скріплюють механічним способом. Найпростішим, але трудомістким і непродуктивним є спосіб того, що скріплює оболонкових півформ скобами і болтами, найбільш продуктивним - склеювання оболонкових півформ на спеціальних машинах. На практиці поширені штиркові машини з пневматичним затиском оболонок і ручним нанесенням клею. Склеєні півформи перед заливкою встановлюють в спеціальні контейнери (металеві ящики) і засинають опорним матеріалом (металевим дробом), щоб при заливці форма не руйнувалася. Для заливки форм без засипки опорним - матеріалом застосовують різні пристосування, наприклад пневматичні затиски і ін.

**Вибивка відливань.** Для вибивки застосовують різні установки, часто барабанного типу. Установка має горизонтальний барабан із сталевих лозин, розташованих на відстані 25 мм один від одного. Барабан обертається і закритий кожухом для відсмоктування пилу. Охолоджені відливання разом з оболонковими формами пневматичним штовхачем стикаються з конвеєра (при заливці форм на конвеєрі) на лоток, звідти поступають в барабан, що обертається. Відливання переміщуються в барабані, встановленому похило. Під барабаном розташований бункер, куди збираються шматки оболонок, і стрічковий конвеєр для подачі їх у відвал або на регенерацію.

Відливання з барабана по лотку потрапляють на пластинчастий конвеєр і транспортуються в очисне відділення.

**Особливості техніки безпеки при литві в оболонкові форми.** При виготовленні оболонкових форм і стрижнів з піщаносмоляних сумішей можуть виділятися шкідливі пари і газу. Тому ділянка формування і заливки повинна



мати припливно-витяжну вентиляцію, а устаткування - місцеві витяжні пристрої. Робочі повинні строго дотримувати загальні правила техніки безпеки в ливарному цеху.

## Лекція № 4

### Сутність процесу лиття по виплавленим моделям.

#### План

- 1 Загальні свідчення.
- 2 Переваги та недоліки.
- 3 Галузь застосування.

**Загальні відомості.** Суть способу литва по моделях, що виплавляються, полягає в тому, що модель виготовляють з такого матеріалу, який без руйнування форми можна виплавити, випалити або розчинити і одержати нероз'ємну форму, що забезпечує високу геометричну точність відливань. Найчастіше для моделі використовують віскоподібну масу, що легко виплавляється.

Разові моделі відливання виготовляють в прес-формах шляхом заливки або запресовки шприцом модельної маси. Потім моделі збирають блоки. На поверхню модельного блоку зануренням наносять шар рідкої суміші - суспензії, що складається із запалі видного вогнетривкого матеріалу, наприклад, пилоподібного кварцу, корунду, і що пов'язує - колоїдного розчину  $\text{SiO}_2$ . Одержаний шар суміші обсипають зернистим вогнетривким матеріалом (піском, шамотом) і сушать. При сушці розчинник випаровується, внаслідок чого колоїдний розчин з нестійкого стану - зола переходить в стійке - гель. Гель зв'язує зерна вогні упора, і оболонка б набуває міцності. Потім наносять новий шар суспензії і знову обсипають зернистим вогні упором. В результаті одержують 4-6 шарову оболонку на поверхні блоку моделей. Після цього виплавлянням або розчиненням в гарячій воді з оболонки видаляють модель. Одержану багат шарову оболонкову форму заформовують в сипкому вогнетривкому наповнювачі - сухому кварцовому піску - в опоках з жаростійкої сталі.

Для видалення з оболонкової форми вологи і залишків модельної маси її прожарюють в печах при 900-1000 °С. Прожарену оболонкову форму в нагрітому стані заливають металом *1.0*. Після охолодження відливань їх поверхню очищають від оболонки форми, яка легко відділяється від зовнішніх поверхонь) але утримується в отворах і порожнинах відливань. З цих місць

відливань оболонка віддається вилугуванням. Луг, взаємодіючи з оболонкою, утворює розчин силікату натрію. Після вилугування відливання промивають в підігрітій воді і сушать. Відливання піддають термічній обробці і контролюють.

Процес литва по моделях, що виплавляються, застосовують для отримання відливань складної конфігурації із завтовшки стінки до 0,5 мм переважно із сталі і жароміцних сплавів, що важко обробляються різанням. Переваги цього способу: можливість виготовлення деталей із сплавів, невіддатливих механічній обробці; отримання відливань з точністю розмірів до 11-13 квалітету і шорсткістю поверхні  $Ra$  2,5-1,25 мкм, що у ряді випадків усуває обробку різанням; можливість отримання вузлів машин, які при звичайних способах литва довелося б збирати з окремих деталей.

Литво по моделях, що виплавляються, використовують в умовах одиничного (досвідченого), серійного і масового виробництва. Економічні показники цього способу, раціональність його застосування залежать від номенклатури відливань. Найдоцільніше виготовляти у такий спосіб дрібні, складні по конфігурації відливання, а також крупні відливання, до яких пред'являються високі вимоги по точності розмірів і чистоті литої поверхні, відливання з важкооброблюваних сплавів.

## Лекція №5

### Модельні суміші, їх властивості.

#### План

1. Вимоги до модельних сумішей.
2. Модельні состави.
3. Виготовлення модельних составів.

**Модельні склади.** Моделі, що виплавляються, виготовляють з сумішей і сплавів легкоплавких матеріалів, частіше всього органічного походження. Початковими матеріалами є парафін, стеарин, буровугільний віск, церезин, торф'яний бітум, каніфоль, полістирол, поліетилен, етилцелюлоза, жирні кислоти.

Модельні склади повинні мати наступні властивості: температуру плавлення 60-100 °С, температуру почала розм'якшення вище за температуру робочого приміщення на 35-45 °С; мінімальну і стабільну лінійну усадку, мінімальне об'ємне і лінійне розширення; хорошу жідкотекучість; достатню міцність і твердість для оберігання від пошкодження поверхні моделей; мінімальну зольність і неприлипаємість до поверхні прес-форми, інструменту і рук робочого; хімічну інертність по відношенню до матеріалів прес-форм і оболонкової форми; не виділяти шкідливі пари при нагріві і згоранні; можливість багатократного використання; хорошу змочуваність облицювальним складом. Крім того, початкові матеріали для цих складів повинні бути дешевими.

**Приготування модельних складів.** Технологія приготування модельного складу залежить від вхідних в нього компонентів. Ступінь механізації це процесу визначається об'ємом виробництва.

Найчастіше застосовують термостати і різні сумішовиготовлювальні агрегати.

Парафіново-стеаринові склади (ПС50-50 і Пс70-30) готують таким чином. Плитки стеарину і парафіну роздробляють, зважують необхідну кількість і завантажують в бак плавильного агрегату. Розплавлений і нагрітий 80-85 °С модельний склад перемішують і витримують протягом 15- 20 мін для осадження

забруднень, що потрапили. Розплавлену масу подають в мішалку, де склад охолоджується до пастоподібного стану і насичається повітрям, що необхідне для зменшення усадки модельного складу. Готовий склад подається в збірку, звідки поступає на ділянку виготовлення моделей.

Прес-форму заповнюють вільною заливкою розплаву модельного складу, запресовкою пастоподібного модельного складу, заливкою і запресовкою під високим тиском.

Основним способом виготовлення моделей є запресовка пастоподібного модельного складу в прес-форму, що забезпечує кращу точність і чистоту поверхні моделей, для цієї операції використовують установку, на якій приготування пасти з розплаву модельного складу і запресовка пастоподібного модельного складу в прес-форми виконуються автоматично.

Для змазування прес-форм застосовують трансформаторну або касторову олію, змішану з етиловим спиртом в співвідношенні 1: 1.

В умовах потоково-масового виробництва застосовують установки, на яких всі операції, починаючи від приготування модельних складів до заповнення форми і виготовлення моделі, виконуються автоматично. Складові модельного складу поміщаються в бак на трубки, що обігріваються гарячою водою, плавляться і через отвори стікають в бак, звідки насосом склад перекачується в бак. Відміряна кількість модельного складу переливається в бак при закритому клапані. Вентиль призначений для зливу модельного складу. У баку готується модельний склад необхідної температури і консистенції і перекачується в роздаточний бак, звідки насосом подається до пресу для запресовки в прес-форми, встановлені на каруселі. Прес-форми охолоджуються водою. Після твердіння модельного складу прес-форма автоматично розкривається, модель виштовхується у ванну з холодною водою, звідки, продовжуючи остигати, по водяному конвеєру прямує на ділянку збірки моделей.

Одночасно з виготовленням моделі відливання виготовляють моделі елементів системи, літника, - стояка і чаші, літника. Потім моделі збирають в блоки. У дрібносерійному виробництві моделі відливань припаюють до моделей елементів системи, літника, за допомогою електропаяльників, що мають наконечник у вигляді леза ножа.

У масовому виробництві моделі відливань і елементів системи, літника, виконують як одне ціле в одній прес-формі, одержуючи модельну ланку. В цьому випадку блок моделей збирають з окремих модельних ланок на спеціальних установах.

## Лекція № 6

### Технологія виготовлення виливок.

#### План

1. Конфігурація виливок.
2. Ливникові системи.

**Сплави.** Литво по моделях, що виплавляються, використовують для виготовлення відливань з різних сталей і сплавів: вуглецевих, легованих, корозійностійких, жаростійких і жароміцних сталей і кольорових сплавів (алюмінієвих, мідних), титану. Найефективніше застосування литва по моделях, що виплавляються, при виготовленні складних відливань з важкооброблюваних сплавів і сталей.

**Конфігурація відливань.** Литвом по моделях, що виплавляються, можна виготовити відливання особливо складної конфігурації завтовшки стінки менше 1 мм. У відливаннях можуть бути виконані дрібні отвори діаметром до 1,5 мм в стінках завтовшки не більше 1,5 мм. Порожнини у відливаннях виконують так, щоб забезпечити можливість запресовки модельного складу в порожнину прес-форми, нанесення суспензії і обсіпочного матеріалу, видалення модельного складу з порожнини оболонкової форми, а також залишків оболонки з порожнин відливання при очищенні..

Крупні відливання, що мають тонкі плоскі стінки, доцільно виконувати з окремих частин з подальшим з'єднанням їх зваркою. Компактні корпусні відливання можна виконувати, об'єднуючи окремі частини в один ливарний блок. Це дозволяє спростити технологію виготовлення особливо складних корпусних деталей, їх обробку різанням.

## Лекція № 7

### Плавка, заливка, сплаву в форму, вибивка, очистка лиття.

#### План

1. Заливка форм.
2. Вибивка виливок з форм, очистка виливок.
3. Техніка безпеки при литті по виплавленим моделям.

#### **Плавка і заливка металу у форми, вибивка і очищення відливань**

До якості металу відливань пред'являють ті ж вимоги, що і до відливань, що одержуються іншими способами, тому метал з будь-якого плавильного агрегату може бути використаний і для литва по моделях, що виплавляються. Плавку металу для заливки виконують за звичайною технологією.

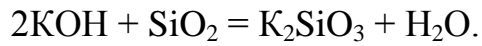
**Заливка форм.** Температура форм при заливці залежить від товщини стінок і матеріалу відливання. Найчастіше заливають гарячі форми відразу після прожарення. Сталі і жароміцні сплави для тонкостінних відливань заливають при температурі форми 800-900 °С; мідні сплави - при 600-800° С; алюмінієві сплави при 300-400 °С. Сплави для відливань з товстими стінками заливають в охолоджені форми. В цьому випадку поліпшується структура відливань. Форми охолоджуються разом з піччю, оскільки керамічні оболонки після прожарення володіють невеликою міцністю і легко руйнуються. Природний процес охолодження залитих форм займає багато часу. Форми охолоджують до вибивки і після вибивки стислим повітрям і водою в спеціальних камерах.

**Вибивка форм.** Сипкі наповнювачі легко віддаляються на поворотних машинах при перекиданні опок, наповнювачі на основі цементу або ЖСС руйнуються і віддаляються на вибивних ґратах.

**Очищення відливань** від кераміки здійснюється спочатку механічним (попереднє очищення), а потім хімічним (остаточне очищення) методами.

Механічне очищення виконується на пневматичних установках. Потім відливання відділяються від системи, літника, і піддаються остаточному очищенню в киплячому розчині або розплаві лугів. Найбільш дієвим є їдке розжарюй, яке, взаємодіючи з окислом кремнію, утворює розчинну калієву сіль кремнієвої кислоти.





Відливання очищаються в киплячому 50%-нім розчині КОН. Процес відбувається при безперервному переміщенні відливань у ванні, що полегшує видалення продуктів реакції вилуговування і кераміки з поверхні відливання. Крім того, необхідно періодично відбирати проби для визначення загальної лужності і змісту силікату калію у ванні.

Агрегат для очищення відливань виконаний у вигляді барабана, що обертається у ванні. Барабан зварений з окремих смуг з щілинами 5-6 мм. Крім того, в стінках барабана зроблені отвори діаметром 10 мм. Через ці отвори і щілини рідина з ванни поступає в барабан. Ванна розділена на два відсіки: у першому відсіку знаходиться киплячий розчин їдкого розжарюю, а в другому відсіку - гаряча вода для промивки відливань після вилуговування

Відливання уздовж барабана переміщуються при нахилі барабана на 3° пневмоциліндром. Подача відливань з відсіку у відсік в розвантажувальний патрубок здійснюється спіраллю, в яку відливання потрапляють при обертанні барабана

Розчин і вода нагріваються змішувачами.

Осад, що утворюється при вилуговуванні, скоплюється в піддонах, встановлених на рольгангах. При очищенні ванни піддони видаляють через люк. Ванна і барабан закриті кожухом з вентиляційними патрубками 10.

Продуктивність агрегату 450 кг/ч при тривалості вилуговування 2 ч.

Після очищення відливання піддаються термічній обробці з метою подрібнення структури і зміцнення. Термічна робітка відливань здійснюється в печах із захисним або відновним газовими середовищами для захисту поверхні відливань від оксидів.

# Семинар

## Лиття по виплавленим моделям.

### План

1. Загальні свідчення про лиття по виплавленим моделям.
2. Виготовлення моделей.
3. Модельні состави та вимоги до них.
4. Підготовка початкових матеріалів, виготовлення сполучного розчину етілсімката.
5. Технологія виготовлення виливок.
6. Плавка і заливка сплаву в форми.
7. Вибивка і очистка лиття.
8. Дефекти виливок.
9. Техніка безпеки при литті по виплавленим моделям.

## Лекція № 8

### Сутність процесу лиття у кокіль.

#### План

1. Загальні свідчення.
2. Переваги та недоліки.
3. Особливості формування, вилівка в металевій формі.

**Литво в кокілі** (металеві форми) - один із способів отримання відливань підвищених точності і якості поверхні. На відміну від піщаних разових форм, які руйнуються після кожного відливання, одні і ті ж кокілі заливають металом від декількох сотень до декількох десятків тисяч разів.

Порожнину кокілю можна виконати з великою точністю і малою шорсткістю поверхні, тому відливання, виготовлені в ній, мають точні розміри і гладку поверхню. Висока теплопровідність матеріалу форми значно прискорює твердіння і охолодження відливання, що у багатьох випадках позитивно позначається на її механічних властивостях. При литві в кокілі в порівнянні з литвом в піщані форми збільшується випуск відливань в 2-5 разів (при тій же площі цеху), вихід придатних відливань (за рахунок зменшення припусків на обробку різанням відливань, відходів), знижується собівартість відливок і витрата формувальних сумішей, полегшується механізація і автоматизація виробництва, значно поліпшуються умови руда.

Недоліки литва в кокілі: висока вартість виготовлення форм, тому такий спосіб литва недоцільно застосовувати для одиничного виробництва; недостатньо висока стійкість форм при литві чавуну, стали; можливість утворення відбілення в чавунних відливаннях, для усунення якого їх необхідно піддавати відпалу.

Економічна доцільність використання цього способу залежить від стійкості і конструкції кокілів, ступеня механізації і автоматизації, а також від характеру виробництва (масове, серійне, одиничне).

Виготовлення відливань в кокілях доцільно, якщо знижуються витрати на виготовлення готової деталі з урахуванням вартості кокілю, відходів металу в стружку і обробки відливання різанням.

Литво в кокілі рентабельно за умови знімання з кожної форми, не менше 200-400 невеликих і 50-200 крупних. відливок. Технологічний процес виготовлення відливань в кокілях складається з наступних операцій: підготовки форми (очищення, нагріву, нанесення на робочі поверхні теплозахисних покриттів а касок); складки форми (установки стрижнів у форму, закриття і закріплення частин форми); заливки у форму рідкого металу, твердіння відливання; витягання відливання з форми після охолодження (розкриття форми за допомогою механізмів або уручну); обрубкування, очищення і, у разі потреби, термічної обробки відливань.

Особливості формування відливання в металевій формі. Формування основних властивостей відливання - щільність; структури, механічних властивостей, стабільності розмірів і шорсткості поверхні, обумовлено протіканням процесів взаємодії металу відливання і форми в період заливки форми, твердіння і охолодження відливання.. Відмітні особливості формування відливання в металевій формі в порівнянні із звичайною піщано-глинистою формою наступні:

1. Процеси заповнення форми і твердіння відливання протікають пі високої інтенсивності теплової взаємодії між відливанням і формою: рідкий метал і твердіючи відливання охолоджуються швидше, ніж в піщано-глинистій формі. Підвищена швидкість охолодження в одних випадках сприяє поліпшенню якості відливання, а в інших, наприклад, при литві чавуну викликає утворення відбілення на поверхні відливання, що утрудняє механічну обробку або вимагає термічної обробки.

2. Металева форма практично не володіє газопроникністю, тому розташування відливання у формі, спосіб підводу металу і конструкція форми повинні забезпечувати видалення повітря і газів при її заливці.

3. Металева форма неподатлива, тобто чинить значний опір усадці відливання, що утрудняє витягання її з форми, а також може викликати появу внутрішніх напруг, викривлення і тріщини у відливанні.

## Лекція № 9

### Ливникові системи при литті у кокіль.

#### План

1. Вимоги до ливникових систем.
2. Підвід металу зверху.
3. Підвід металу знизу.
4. Підвід металу через щілинний ливник збоку.

Системи, літників, при литві в металеві форми повинні забезпечувати плавне, ненаголошене підведення металу в порожнину форми і видалення повітря і газів з неї, запобігати попаданню шлаку у відливання і створювати умови для направленої твердіння і живлення відливання. Система, літника, значною мірою впливає на конструкцію форми. Розрізняють три основні способи підведення металу у форму: а) зверху через колектор або випор, б) через стояк знизу (сифоном), в) через щілинний літник збоку.

Застосовують також комбіноване підведення металу.

Підведення металу зверху через випор або колектор застосовують для невисоких і нескладних відливань з чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів. При системі, такого літника, можливо розбризкування струмені і освіта у відливанні дефектів, захоплення повітря струменем металу і попадання його у відливання. для усунення розбризкування рекомендується заливати форму похило. Переваги цього способу підводу металу у форму - мінімальні теплові і гідравлічні втрати при заповненні форми, мінімальна витрата металу на систему, літника, забезпечення направленої твердіння і хорошого живлення відливання (найбільш гарячий метал знаходиться у верхній частині відливання), простота конструкції форми.

При підводі металу знизу через стояк (сифоном) порожнина форми заповнюється плавно, що є перевагою цієї системи літника. Часто для ослаблення удару падаючого струменя застосовують зигзагоподібні стояки або стояки, що мають складну форму, так звані «гусячі шийки».

Системи, таких літників, застосовують переважно для алюмінієвих і магнієвих сплавів. До недоліків такої системи слід віднести підвищену витрату

металу на літники і трудність створення направленою твердіння відливання: весь рідкий метал проходить через нижню частину форми і значно перегріває її в порівнянні з рештою частин, унаслідок чого створюються несприятливі умови живлення відливання, оскільки найбільш охолоджений метал поступає в прибуток. для усунення цього недоліку при литві відповідальних деталей встановлюють додаткову чашу літника, з якої метал поступає безпосередньо в прибутку, як тільки рівень металу у формі починає підходити до неї.

Підведення металу через щілинний літник збоку, запропонований акад. А. А. Бочваром і проф. А. Р. Спаським, зберігає основні переваги сифонової заливки і сприяє направленою твердінню відливання. На практиці використовують декілька варіантів таких систем. Метал поступає з чаші, літника, в зигзагоподібний стояк, а з нього у вертикальний канал і вертикально-щілинний живитель. Співвідношення розмірів поперечних перетинів системи, літника, підбирають таким, щоб рівень металу у формі протягом всього часу її заповнення був нижчий за рівень металу в каналі 3; Верхні порції металу повинні зливатися у форму і заміщатися гарячішим металом. Розміри каналу і живильника призначають згідно із завтовшки стінки відливання; щоб уникнути явищ усадкового характеру, канал і живильник повинні тверднути пізніше за відливання. Недолік системи, літника, - складність відділення літників від відливання.

Елементи систем, літників, при литві в металеві форми конструюють з урахуванням того, що: 1) втрати тепла по шляху руху металу в порожнину форми повинні бути мінімальні; 2) в процесі твердіння відливання не створювалося б значного гальмування усадки; 3) при вибивці літника не перешкоджали б видаленню відливання з форми. Тому поперечні перетини елементів системи (стояка, колекторів, живильників), літника, виконують круглими, трапецієвидними або овальними.

## Лекція № 10

### Сутність процесу лиття під тиском, переваги та недоліки.

#### План

1. Загальні свідчення.
2. Основні технологічні операції на машинах для лиття під тиском.
3. Переваги та недоліки.

**Суть процесу.** Литво під тиском полягає в тому, що розплавлений метал подається в металеву форму під надмірним тиском. Поєднання двох особливостей процесу (металевої форми і високого тиску) дозволяє поліпшити якість відливання. Мала шорсткість поверхні і точність розмірів робочої порожнини прес-форми (форми для литва під тиском) забезпечують отримання точних відливаних з чистою поверхнею, практичні що вимагають обробки різанням, а високий тиск на розплав покращує заповнювану форми.

Для литва під тиском застосовують машини, на яких і здійснюють основні технологічні операції.

Прес-форму для литва під тиском, що складається з рухомої і нерухомої частин, закріплюють відповідно на рухомій і нерухомій плитах машини болтами. Правильність установки і центрівку прес-форми перевіряють відкриттям і закриттям її за допомогою механізму замикання, що приводиться в рух гідроциліндром.

Процес литва починається з підігріву прес-форми, заливального стакану і пресуючого поршня. Для цього робочий-оператор заливає кілька разів розплав в прес-форму. Одержувані відливання, як правило, мають брак, їх потім переплавляють. Температура нагріву прес-форми залежить від сплаву, що заливається в неї. Після підігріву прес-форму змащують спеціальними змащувальними матеріалами. Особливо змащують частини прес-форми, що труться, пресовий стакан поршня. Потім кілька разів відкривають і закривають прес-форму без заливки в неї розплаву для перевірки її роботи.

Рухома і нерухома половини прес-форми з'єднуються і скріплюються механізмом замикання. У пресовий стакан заливають розплав, включають механізм запресовки, і поршень витісняє розплав в порожнину форми.

Після заливки метал витримують до твердіння і охолодження відливання, потім прес-форма розкривається і з неї виштовхуються відливання.

Литво під тиском - найбільш перспективний спосіб виготовлення відливань з кольорових сплавів (цинкових, алюмінієвих, магнієвих, латунь); його широко застосовують в приладобудуванні, автомобільної, тракторної, електротехнічної і інших галузях промисловості.

Основні переваги литва під тиском: висока продуктивність, можливість отримання складних тонкостінних відливань з мінімальною обробкою різанням, чистою і гладкою поверхнею, дрібнозернистою структурою і високими механічними властивостями.

Литвом під тиском одержують складні відливання із стінками завтовшки до 0,8 мм, що часто не вимагають обробки різанням. Точність відливань досягає 11-13 квалітету, шорсткість поверхні відливань відповідає  $Ra\ 2,5-1,25$ . Припуски на обробку різанням не перевищують 0,8 мм.

Литво під тиском дозволяє комплексно автоматизувати технологічний процес виготовлення відливання, починаючи від операції заливки розплаву в прес-камеру машини і кінчаючи обрізанням літників і задилок, що підвищує ефективність виробництва і якість відливання.

Недоліками литва під тиском є висока вартість прес-форми, складність і тривалість її виготовлення, трудність виконання відливань з складними порожнинами, порожнинами, газоповітряна пористість у відливаннях, обмежена номенклатура сплавів, а також обмеження розмірів і маси відливань потужністю, габаритами прес-форми, що встановлюється на машину, ливарні.

Унаслідок високої вартості прес-форми литво під тиском економічно вигідне в умовах масового і великосерійного виробництва. Проте конструкції нормалізованих форм і універсальних збірних форм дають можливість при невеликому числі вживаних нормалізованих вузлів і деталей прес-форм одержувати різноманітні конструкції форм (до 5000 варіантів). В цьому випадку для виготовлення прес-форми необхідно виготовити тільки робочі вкладиші і стрижні, що оформляють відливання, що дозволяє зробити економічним отримання невеликих серій відливань, розширити область застосування литва під тиском.



## Лекція № 12

### Машина для лиття під тиском.

#### План

1. Машина з гарячою камерою пресування.
2. Машина з холодною камерою пресування.
3. Дозатори.

Литво під тиском здійснюється на машинах з гарячою або холодною камерою пресування

**Машина з гарячою камерою пресування** застосовують для легкоплавких сплавів на основі цинку, свинцю, олова. Камера пресування знаходиться безпосередньо в тиглі з розплавом (і сполучається з ним отвором, через який в камеру поступає розплав. При русі поршня вниз отвір перекривається, і розплав по каналу, що обігривається, поступає в порожнину форми. Після твердіння відливання поршень повертається в початкове положення, і залишки розплаву з каналу зливаються в камеру пресування. Прес-форма розкривається, відливання віддаляється з неї, після чого прес-форма закривається, і цикл повторюється. Машина з гарячою камерою пресування мають недолік - деякі робочі органи машини (поршень, камера пресування) швидко виходять з ладу, оскільки постійно знаходяться в розплаві. З цієї причини на машинах не можна застосовувати високий тиск пресування. Звичайно такі машини використовують для литва цинкових сплавів, останнім часом їх стали застосовувати для виготовлення відливаних з магнієвих сплавів.

Машина з холодною камерою пресування застосовують для отримання відливаних із сплавів алюмінію, міді, магнію і стали. Розплав подається з печі в пресовий стакан мірним ковшем або спеціальними автоматичними дозуючими пристроями. Камера пресування розташовується так, що пресуючий поршень переміщається вертикально або горизонтально. Відповідно розрізняють і машини з вертикальною або горизонтальною камерою пресування. Переважно випускають машини з горизонтальною камерою пресування, оскільки на них можна розвивати великі зусилля пресування.

У сучасних машинах з холодною камерою пресування при литві алюмінієвих і мідних сплавів тиск досягає 30-177 МПа. Високий тиск

пресування, близько 185 МПа, характерний для сучасних машин з холодними камерами.

Схема роботи машини з вертикальною холодною камерою пресування. Розплав подається в камеру пресування і поршнем через мундштук в прес-форму, що складається з рухомої половини і нерухомої. Залишок металу з камери виштовхується нижнім поршнем з пружиною. Готове відливання разом з літниками виймається з рухомої половини прес-форми.

Сучасні машини для литва під тиск обладнані автоматичними заливальними пристроями-дозаторами. Механічні дозатори мають ківш-черпак необхідної місткості. За допомогою механізмів з гідроприводом такий ківш зачерпує порцію рідкого металу з роздаточної печі і транспортує її в пресову камеру машини. Ці дозатори прості по пристрою, але мають недолік: ківш-черпак часто виходить з ладу.

Вакуумні дозатори працюють за принципом вакуумного всмоктування порції розплаву з роздаточної печі в камеру пресування. Звичайно використовують на машинах литва під тиском при вакуумуванні прес-форми.

Електромагнітні дозатори мають важливу перевагу - в них відсутні рухомі частини. Робота дозатора заснована на взаємодії струму того, що протікає в розплаві, із зовнішнім магнітним полем. На розплав, по якому протікає струм, діють електромагнітні сили, що викликають рух розплаву

у напрямі, визначуваному правилом лівої руки. Такі дозатори знаходять все більш широке застосування. Вони розроблені в інституті проблем литва АН УРСР.

Пневматичні дозатори забезпечують достатню чистоту сплаву, що подається в машину, мінімальні втрати теплоти, точність по масі видаваної порції, хороше регулювання. Дозатори такого типу мають електропіч, опори з нагрівачами, яка герметично закривається кришкою. Для видачі порції розплаву (всередину дозатора через клапан подається стисле повітря. При цьому порція розплаву витікає через насадок в камеру пресування машини литва під тиском, Точність видачі порції №5%.

Механізація і автоматизація литва під тиском дозволяє зменшити брак відливань унаслідок усунення коливань параметрів технологічного процесу, що вносяться оператором, підвищити продуктивність праці, поліпшити умови праці.

Повна автоматизація технологічного процесу литва під тиском передбачає автоматичне змазування прес-форми камери пресування і пресового поршня; регулювання системи підігріву і охолодження прес-форми подачу розплаву в камеру пресування, витягання відливання і транспортування її до пресу, обріза, для відділення літників і задирок, обрізання літників на пресі, обріза, і транспортування відливання в бункер-накопичувач. Автоматичні ливарні комплекси для литва під тиском розроблені і випускаються Тираспольським заводом машин, ливарень «Літмаш».

# Семінар

## Лиття під тиском.

### План

1. Сутність процесу лиття під тиском.
2. Переваги та недоліки.
3. Особливості формування, вилівка.
4. Лиття під тиском з допре совкою.
5. Прес-форми для лиття під тиском.
6. Машини для лиття під тиском.
7. Ливникові і вентиляційні системи.
8. Лиття із низьким тиском.
9. Штамповка рідинних сплавів.

## Лекція № 14

### Сутність процесу відцентрового лиття. Переваги та недоліки.

#### План

1. Переваги та недоліки.
2. Особливості формування, вилівка.

**Суть способу.** Відцентровим литвом називають спосіб виготовлення відливок, при якому залитий у форму розплав в процесі заповнення форми, твердіння і охолодження піддається дії відцентрових сил.

Відцентрові сили виникають в розплаві при заливці його у форму, що обертається. Форма може обертатися навколо вертикальної, горизонтальної або похилої осі, а також одночасно навколо горизонтальної і вертикальної осей.

Горизонтальну або злегка похилу вісь обертання форми застосовують для більшості відливань (труб, втулок, кілець, вінців), вертикальну при необхідності отримання відливання без центрального отвору: фасонних виробів, що заливаються через стояк, і при заливці в піщані форми.

Найбільший техніко-економічний ефект застосування відцентрового способу литва досягається при виготовленні відливань, що мають форму тіла обертання, а у ряді випадків його доцільно використовувати і для фасонних відливань, таких, як шестерні, турбінні диски з лопатками, деталі арматури і ін. Ефективно відцентрове литво для виробництва чавунних труб.

Заливка форми, що обертається, і твердіння відливання у формі, що обертається, під дією відцентрових сил обумовлюють головні переваги цього способу литва.

1. При литві порожнистих циліндрів не потрібні стрижні для утворення отвору, оскільки розплав під дією відцентрової сили розподіляється у стінок форми.

2. Мінімальна витрата металу на літники.

3. Поліпшення заповнюваної форм сплавами із зниженою жідкотекучістю (титан і його сплави).

4. Твердіння металу під дією відцентрових сил сприяє отриманню щільних відливань без газових, усадкових раковин і рихлості.

Спосіб відцентрового литва разом з перевагами має і недоліки, також з'ясовні дією відцентрових сил.

1. Під дією відцентрових сил при заливці форми посилюється ліквідація компонентів сплаву, тому не всі сплави доцільно відливати відцентровим способом.

2. Забруднення внутрішньої поверхні відливань лікватами і неметалічними включення і внаслідок цього підвищений припуск на обробку внутрішніх поверхонь.

3. Неточність діаметру вільної поверхні відливань.

**Особливості формування відливання.** При відцентровому литві відливка твердне і охолоджується в полі відцентрових сил. Відцентрове відливання охолоджується як із зовнішньої (від виливниці) сторони, так і зсередини (з боку вільної поверхні) за рахунок випромінювання і конвекції повітря. Завдяки цьому в розплаві виникають конвективні струми. Холодніший, а значить, щільніший розплав рухається від вільної поверхні до стінки виливниці, що сприяє направленому твердінню відливання від стінок виливниці до вільної поверхні.

Проте інтенсивне охолодження розплаву унаслідок конвекції і випромінювання з вільної поверхні приводить до зародження на ній кристалів, які під дією відцентрових сил спрямовуються до стінки виливниці. Виливниці, що ростуть від стінок, кристали постійно харчуються розплавом, тому вони ростуть в напрямі, перпендикулярному руху розплаву або близькому до нього. Вказані особливості твердіння сприяють отриманню щільного відливання. При цьому легені частинки (шлаки, неметалічні частинки, газові бульбашки), що мають щільність меншу, ніж розплав, спрямовуються до вільної поверхні відливання. Це також сприяє підвищенню щільності відливання, поліпшенню її якості. Разом з тим відцентрові сили викликають ліквідацію по щільності елементів в свинцевій і алюмінієвій бронзі, евтектичних силумінах, а також таких елементів, як Z, P, S, в чавунах. Це негативно позначається на механічних і інших службових характеристиках металу в різних перетинах відливань.

## Лекція № 15

### Форми і машини для відцентрового лиття.

#### План

1. Типи форм для відцентрового лиття.
2. Шпindelьні машини для відцентрового лиття.
3. Роликові машини для відцентрового лиття.

Форми для відцентрового литва ділять на металеві і футеровані різними складами (піщані); використовують також оболонкові і керамічні форми. Форму вибирають залежно від геометричних розмірів відливання, її матеріалу і виробничої програми. Металеві форми доцільно використовувати при литві великого числа однакових відливань без утрудненої усадки, коли зовнішній контур не заважає витяганню відливання з форми. Футеровані піщані форми застосовують для відливань з утрудненою усадкою, коли конфігурація їх заважає витяганню з металевої форми, і для отримання невеликої партії відливань з чавуну без відбілення, керамічні - для отримання точних відливань і т.д.

Металеву форму перед заливкою нагрівають до 150-200 Г. Після заливки її охолоджують до 150-200 °С проточною водою у ванні або скропленням, для чого машини обладнали спеціальною системою охолодження. Стійкість охолоджуваних металевих форм невелика. Наприклад, при литві труб масою до 50 кг форми витримують 400-500 заливок, а при литві крупніших труб тільки 200-300 заливок. Це пояснюється тим, що при інтенсивному водяному охолодженні в металевих формах (виливницях) виникають тріщини, унаслідок чого стійкість їх зменшується.

Сухі теплоізоляційні покриття застосовують для створення постійного теплового режиму форми, збільшення її стійкості, а при литві чавуну - для отримання відливань без відбілення. Як сухі покриття використовують пилоподібні вогнетривкі матеріали (кварцовий пісок фосфоритну муку), які наносять на робочу поверхню форми. Присипка на поверхні форми ущільнюється і утримується відцентровою силою. Звичайно присипку вводять у форму по жолобу при її обертанні з постійною частотою.

При пилоподібному покритті форми знижується швидкість охолодження відливання, але повністю уникнути відбілення чавуну не вдається, крім того,

відливання виходить дещо шорстким, тому припуск на обробку повинен бути не менше 4 мм. Застосування присипки збільшує стійкість форми до 7 разів. При литві циліндрових втулок із стінками завтовшки 10-12 мм і діаметром до 100 мм стійкість форми може бути доведена до 3500 заливок чавуну.

Футеровані форми покривають звичайною формувальною сумішшю, стрижньовими і спеціальними сумішами. Сухі форми застосовують для литва труб і фасонних виробів. Футеровані форми виготовляють ущільненням на спеціальній пуансоношнекової машині, накаткою піщаної суміші на поверхню форми і піскодувним методом.

На практиці широко поширені **машини, шпинделів**, з горизонтальною віссю обертання. На бетонній підставі розташована станина, в якій на підшипниках кочення обертається горизонтальний шпиндель, що приводиться в рух електродвигуном. Передача від двигуна здійснюється ременем, перекинутим через ступінчастий шків. На кінці шпинделя консольно закріплюють форму з кришкою. Метал заливають через пристосування, встановлене на відкидній кришці захисного кожуха. Для збільшення продуктивності машини, а також в цілях запобігання надмірному нагріву форму в міру необхідності охолоджують водою, для чого служить труба з просвердленими в ній отворами.

Відмітною ознакою машин описуваної конструкції є консольне кріплення форми на шпинделі.

Машини, шпинделів, прості в обслуговуванні, надійні в роботі, мають плавний хід, видають мало шуму. Заміна форм на них здійснюється швидко, що дуже важливо при великій номенклатурі відливань. Застосування машин, шпинделів, обмежується масою відливних виробів, яка звичайно не перевищує 120 кг. При важких відливаннях загальна маса частин, що обертаються, виявляється великою, і консольне кріплення форми стає недостатньо надійним.

У масовому виробництві набули поширення багатопозиційні машини карусельного типу, побудовані на базі відцентрових машин, шпинделів. На каруселі, що обертається, вмонтовують декілька (від чотирьох і більш) відцентрових машин, робота на яких заснована на принципі поєднання операцій за часом. Багатопозиційні машини конструктивно складніше, і наладка їх виявляється важчою. Проте в порівнянні з індивідуальними машинами вони володіють значними перевагами. Багатопозиційні машини забезпечують якнайкращу стабільність в роботі, що має першорядне значення для якості



продукції, що випускається, створюють потік у виробництві і є хорошою базою для автоматизації виробничих процесів.

Масивні відливання виготовляють на **роликових машинах**. Форма, що закривається з торців кришками і, має на зовнішній циліндровій поверхні дві бігові доріжки (два кільцеві виступи), якими спирається на чотири ролики. Форма обертається від електродвигуна за допомогою клиноременної передачі. Відомий шків встановлюють на виступаючу назовні швайку одного з роликів. Від ролика рух передається безпосередньо формі, причому приводними можуть бути одночасно два ролики, розташовані по одну сторону уздовж осі машини. У атом випадку обидва ролики жорстко сполучають валом. Для запобігання вібрації під час роботи форма зверху притискається роликами. Останні кріплять на підпружинених опорах. При жорсткому кріпленні нижніх і верхніх роликів на одній станині або в люнеті форма унаслідок теплового розширення неминуче заклинювалася б і робота машини була б не можливою.

Метал у форму заливають за допомогою жолоба, змонтованого на візку, що переміщається по рейках уздовж осі машини. Форму під час роботи закривають захисним кожухом.

Більшість конструкцій роликових машин допускають можливість виготовлення на них відливань різних габаритів. Заміна форм при різній їх довжині або діаметрі забезпечується відповідною перестановкою опорних роликів на фундаментній плиті. Діаметр роликів звичайно вибирають таким, щоб при сполученні ролика з формою виходила пара з належним передавальним числом. При збільшенні діаметру форми передавальне число автоматично збільшується, що знаходиться відповідно до вимог теорії і практики. Ці особливості дозволяють у багатьох випадках будувати машини без редукторів, вмонтовуючи електродвигун і приводні ролики на одному валу.

Роликові машини мають недоліки. На них важче проводити балансування частин, що обертаються. Вони складніше в налазці, вимагають значних витрат часу при переході на виготовлення відливань інших розмірів, видають сильний шум. Разом з тим роликові машини надійні в роботі з крупними формами, що сприяє широкому застосуванню їх в промисловості. На них виготовляють відливання масою від 100 кг до не скількох тонн. Відсутність жорсткого кріплення форми з рухомими частинами машини дозволяє проводити швидко зміну форм однакових розмірів, що має велике значення при виготовленні

відливань у футерованих формах. У цих випадках футерування і сушку форм, а також вибивку відливань здійснюють на спеціальних ділянках, в стороні від машини. Відцентрову ж машину використовують тільки для заливки і твердіння металу. Типова конструкція машини з вертикальною віссю. На бетонній підставі кріплять нижню частину збірному корпусу машини. У верхній частині корпусу, в опорному кільці і підшипниках кочення встановлюють шпindel. На верхньому торці шпинделя вмонтовують форму, що складається з піддону, корпусу і кришки, що скріплюється болтами. Верхню частину шпинделя щоб уникнути заклинювання підшипника відокремлюють від форми теплоізоляційною прокладкою і під час роботи примусово охолоджують лопатевим вентилятором. Встановлений у формі розсікач також частково захищає шпindel від перегріву. Форма обертається від електродвигуна, сполученого з шпindelом клиноремною передачею. Форму при заливці закривають захисним кожухом.

Готові відливання витягуються з форми спеціальними кліщами. Частіше ж при роботі на машинах даної конструкції корпус знімають з піддону разом з відливанням. Відливання тримається в корпусі завдяки ливарному ухилу і віддається при повороті корпусу на 180°. В цілях зручності збірки і розбирання форми корпус і кришку забезпечують цапфами.

Машини з вертикальною віссю обертання зручні в експлуатації. В більшості випадків при роботі на них виключається застосування заливальних пристроїв, які для машин з горизонтальною віссю необхідні. Крім того, машини з вертикальною віссю, як правило, вмонтовують нижче за рівень підлоги, в спеціальних кесонах, що дозволяє економити робочу площу в цеху, використовуючи місце над кесоном для виконання допоміжних технологічних операцій.

Фасонні відливання виготовляють на машинах розглянутих трьох типів, причому найчастіше на машинах з вертикальною віссю обертання.

## Лекція № 16

### Дозування розплаву.

#### План

1. Об'ємний метод дозування.
2. Ваговий метод дозування.
3. Дозування по рівню металу в формі.

**Дозування рідкого металу і точність одержуваних відливань.** Маса порожнистих відливань, розміри отвору і товщина стінок залежать від кількості залитого у форму металу. При роботі з нерухомим заливальним пристроєм застосовують три методи дозування металу: 1 - об'ємний; 2 - ваговий; 3 - по рівню металу у формі (метод калібрувального отвору).

При об'ємному методі використовують заливальний ківш; об'єм якого відповідає кількості металу, необхідному для виготовлення одного відливання. При ваговому методі в ківш також наливається порція металу, потрібна на одне відливання, але кількість металу реєструється по вазі. Для цього ківш з металом кожного разу перед заливкою зважують. У іншому варіанті з одного ковша послідовно заливають декілька форм, але в підвісці ковша вмонтовано ваговий пристрій, що дозволяє по різниці свідчень: стрілки судити про кількість залитого у форму металу.

При третьому методі дозування форма має спеціальний пристрій. Між формою і кришкою встановлюють металеву шайбу, діаметр отвору якої відповідає порожнині відливання. Надлишок металу виливається через калібрувальний отвір шайби і скоплюється в кільцевій кишені, утвореній фасонною кришкою. Іноді калібрувальний отвір утворюється виступом, а кишеня для надлишку металу - западиною, виконаними у футеруванні форми накатним роликком (або стрижнем).

Найбільш простим з перерахованих методів є об'ємне дозування. Проте цей метод найменше точний, що викликає необхідність в збільшенні припуску на механічну обробку внутрішньої поверхні відливань. Неточність дозування пояснюється тим, що об'ємне вимірювання менш точне, чим вагове; метал за об'ємом неможливо відміряти з такою точністю, як звичайні рідини, нарешті,

при однаковому об'ємі рідкого металу, що заливається у форму, внутрішній діаметр відливань коливається залежно від температури металу.

При ваговому методі дозування, якщо тільки виключити випадкові втрати металу, розмір порожнини відливання виходить значно точніше, ніж при об'ємному. В цьому випадку виключається вплив коливань температури металу. Очевидно, чим вища температура металу, тим більший об'єм (при тій же вазі) він займатиме. Таким чином, у форму буде залито на стільки більше металу (за об'ємом), на скільки збільшена його рідка усадка, обумовлена високим перегрівом.

Дозування по рівню металу у формі є більш здійсненим, ніж об'ємне, оскільки виключається неточність рівня (об'єму) при наповненні мірного ковша; в цьому випадку розміри відливання не залежать від випадкових втрат металу. Проте метод менш точний в порівнянні з ваговим. Отклоніння в розмірах отвору тут пояснюються перш за все коливаннями температури металу. При заливці перегрітого металу діаметр отвору відливання, що виготовляється, збільшується. Якщо ж метал холодний, то на стінці калібрувального отвору утворюється настил, що зменшує діаметр отвору, разом з чим зменшується - і розмір порожнини відливання. Крім того, при дозуванні по рівню джерелом неточності може бути ексцентричність калібрувального отвору, особливо якщо його роль виконує заливальний отвір в кришці форми. Ексцентричність в цьому випадку виникає за рахунок посадочного зазору між кришкою я формою, який роблять збільшеним для компенсації температурних коливань. На точність відливання впливають коливання діаметру форми (а отже, і відливання). Ці коливання спостерігаються при недостатньо відпрацьованій техніці накатки формувальної суміші, роздутті форми унаслідок слабкого ущільнення футерування, неякісному виготовленні стрижнів, нестабільній товщині шару захисних покриттів. Зміна розмірів форми може викликати такі значні коливання рівня рідкого металу у формі, що вони виявляються сумірними з погрішностями об'ємного дозування. У цих випадках найбільш точним виявляється дозування по рівню.

## Лекція № 17

### Неперервне лиття. Технологічний процес та галузь застосування.

#### План

1. Загальні свідчення.
2. Галузь застосування.
3. Переваги неперервного лиття.
4. Особливості процесу формування, виливка.

Безперервне литво. Суть способу - розплавлений метал рівномірно і безперервно поступає в охолоджувану форму-кристалізатор з одного кінця і у вигляді затверділого злитка (прутка, труби, заготовки прямокутного, квадратного і іншого перетину) витягується спеціальним пристроєм

з іншого кінця.

Рідкий метал з ковша поступає у водоохолоджувальну металеву форму-кристалізатор. Затверділий злиток валяннями безперервно витягується з кристалізатора і, якщо потрібний, розрізаючий на заготовки спеціальною пилою.

Безперервне литво широко використовується в металургійній промисловості для розливання стали, кольорових металів і сплавів, а також в машинобудуванні при виробництві труб і заготовок. Цей спосіб литва дозволяє досягти значної економічної ефективності завдяки основним перевагам:

- 1) можливості отримання злитка, труби, профілю необмеженої довжини і необхідного поперечного перетину;
- 2) збільшення виходу придатного - за рахунок зменшення витрати металу на прибуткові і донні частини злитків;
- 3) зменшення витрат на виготовлення виливниць;
- 4) зменшення ліквационної неоднорідності відливання, усунення усадкових раковин і газової пористості;
- 5) поліпшення поверхні відливання.

Відливку при безперервному литві можна охолоджувати по двох схемах: а) відведенням основної кількості теплоти від відливання через стінки кристалізатора охолоджуючою водою; б) відведенням частини теплоти, необхідної для твердіння скориночки металу, в кристалізаторі і потім основної кількості теплоти зануренням відливання у водяну ванну.

Першу схему застосовують при литві у високий кристалізатор сталевих злитків, чавунних водопровідних труб. Інтенсивність відведення теплоти від відливання невисока, оскільки між злитком і охолоджуючою водою знаходиться значний термічний опір у вигляді зазору (між відливанням і формою), стінки кристалізатора і т.д.

Другу схему використовують при литві в короткий кристалізатор злитків з алюмінієвих сплавів для подальшого переділу їх площенням. У кристалізаторі інтенсивність теплообміну відливання також не висока, але після виходу з кристалізатора, коли злиток потрапляє у водяну ванну, інтенсивність охолодження виходить дуже великою унаслідок того, що процес теплообміну супроводжується зміною агрегатного стану охолоджувача (кипіння і випаровування води).

Особливість процесу формування безперервного відливання в тому, що в машині, ливарні, в кожен даний момент відбуваються всі послідовні стадії охолодження металу. Стадії процесу відокремлені тут не в часі, як при звичайному литві, а в просторі: ранішні стадії мають у своєму розпорядженні вищим, пізніші - нижче.

Проте процес формування безперервного відливання складається з тих же стадій, що і звичайного відливання: I - заповнення кристалізатора металом, II - відведення теплоти перегріву, III - кристалізації, IV - охолодження відливання.

Таким чином, окремі стадії формування відливання розташовуються в безпосередній близькості. Тому процеси, що відбуваються в кожній зоні, роблять значний взаємний вплив. Цей вплив виражається в тому, що перегрітий метал, що поступає із зони I, створює вимушену конвенцію в зонах II і III, внаслідок чого змінюється температура металу в цих зонах. При невеликій глибині лунки струмінь перегрітого металу проникає до зони кристалізації і може частково розмити її, що викличе спотворення профілю лунки, зміна температури затверділої скориночки і освіта у відливаннях гарячих тріщин.

## Лекція № 18

### Електрошлакове лиття, сутність процесу.

#### План

1. Ливарні форми для електрошлакового лиття.
2. Електроди для електрошлакового лиття.

**Електрошлакове литво (ЭШЛ)** - це спосіб отримання фасонних деталей, заснований на використанні електрошлакового

переплавки (ЭШП). Цей спосіб литва розроблений в Інституті електрозварювання ім. Е. О. Патона АН УРСР.

Форма, ливарні, - тонкостінний водо-охолоджуванний кристалізатор. Вона може складатися з декількох частин сполучених між собою, що залежить від конфігурації відливання, що виготовляється. На початку процесу литва у формі наводять ванну шлаку спеціального складу. Джерелом теплоти при ЭШП є шлакова ванна, яка нагрівається при проходженні через неї електричного струму, що підводиться до електроду, що переплавляється, зануреного в шлакову ванну, і до приманки, встановленої в нижній частині форми.

При проходженні електричного струму через шлакову ванну, що володіє великим електроопором, виділяється значна кількість теплоти. Температура шлакової ванни досягає 1700 °С і більш, що викликає оплавлення кінця електроду. Крапля рідкого Металу проходять через шлак і збираються, утворюючи над шаром шлаку металеву ванну. Проходячи через шар рідкого шлаку, краплі металу інтенсивно взаємодіють з шлаком, внаслідок чого відбувається видалення з металу неметалічних включення і розчинених газів. Ванна металу, що утворюється на дні форми, безперервно поповнюється унаслідок розплавлення електроду, що переплавляється, під дією водо-охолоджуваного кристалізатора метал твердне послідовно, утворюючи високо щільну, без усадкових раковин і пористості відливання. У міру утворення тіла відливання електроди, що переплавляються, опускаються.

Електроди, що переплавляються, виготовляють з прокатаних прутків. Завдяки рафінуючій дії шлаку, відсутності окислення металу, що переплавляється під шаром шлаку, направленої кристалізації вміст кисню в металі відливання знижується в 1,5-

2 рази, зменшується зміст сірки і неметалічних включення в 2-3 рази. Це обумовлює високі механічні і експлуатаційні властивості відливань, одержаних способом ЭШЛ. Тому такий спосіб литва використовують для отримання відливань особливо відповідального призначення: корпусів клапанів і засувок атомних електростанцій, колінчастих валів судових дизелів, шатунів цих дизелів, корпусів судин надвисокого тиску, валків для станів холодного плющення і т.д.

Важливою перевагою процесу є також і те, що для ЭШЛ не потрібні плавильні печі, розливні ковші, формувальні і стрижньові суміші; конфігурація порожнини форми, ливарні, максимально наближається за розмірами до готового виробу, і вихід придатного наближається до 100 %; умови. праці істотно поліпшуються.



## Лекція № 19

### Лиття вижиманням.

#### План

1. Загальні свідчення.
2. Улаштування для лиття вижиманням.
3. Галузь застосування.

Литво вичавлюванням використовують для отримання тонкостінних великогабаритних відливаних панельного типу розмірами до 1000?2500 мм із завтовшки стінки 2,5-5 мм, наприклад настилів, деталей літаків і автомобілів, холодильників, теплообмінних апаратів. Спосіб дозволяє також виготовляти відливання типу тонкостінних циліндрових оболонок.

Процес литва вичавлюванням тонкостінних великогабаритних відливаних був запропонований Е. С. Стебаковим. Процес може бути здійснений по двох схемах: поворотом рухомої півформи навколо нерухомої осі і плоскопаралельним переміщенням рухомої півформи.

Після підготовки і збірки форми проводять заливку сплаву в нижню частину (металоприймач) ливарно-вичавної установки (етап 1). Потім рухому півформу повертають (етап 2) і рідкий метал піднімається в установці, заповнюючи порожнину між півформами і бічними щоками, що накривають установку з торців. У момент закінчення зближення півформ відстань між ними відповідає товщині тіла відливання, а надлишок металу зливається з установки в спеціальний приймальний ківш (етап 3). Після твердіння відливання рухома півформа повертається, а початкове положення, а відливання витягується з установки.

Машини з кутовим переміщенням півформи застосовують для виготовлення тонкостінних великогабаритних відливаних типу панелей з алюмінієвих сплавів, машини з плоскопаралельним переміщенням півформ для відливаних типу оболонок.

Установки для литва вичавлюванням є складні автоматизовані агрегати.

Установка з кутовим переміщенням півформ складається з нерухомої півформи, жорстко прикріпленої до станини, рухомої півформи, що обертається

разом з порожнистим валом, бічних щік, механічного приводу, за допомогою якого переміщається рухома півформа. Окрім механічного, застосовують також гідравлічний привід, гнучкіший, легкокерований і надійний, але складніший по пристрою і в експлуатації.

У рухомій і нерухомій півформах розташовані стрижньові або металеві вставки, що оформляють відливання. Ребриста сторона відливання виконується звичайно в стрижні, а гладка - металевою вставкою - кокілем.

Металева півформа, вал установки і бічні щоки мають електричні нагрівачі. Нижні частини півформ, вал машини і бічні щоки утворюють металоприймач, в який заливають метал. Товщину тіла відливання регулюють упорами, що обмежують хід рухомої півформи.

Технологічний процес виготовлення відливаних при литві вичавлюванням може бути здійснений по декількох варіантах:

1) обидві вставки виконують із стрижньової суміші, що дозволяє одержувати відливання з двостороннім обрешенням; 2) півформи можуть бути металевими, відливання в цьому випадку оформляється в кокілі; 3) півформи можуть бути металевими, а стрижень піщаним, що дозволяє одержувати відливання типу оболонок.

Вставки для оформлення ребристої сторони відливаних одержують в роз'ємних стрижньових ящиках. Каркас цих вставок повинен бути жорстким, звичайно його виготовляють з чавуну у вигляді масивної рами з ребрами, точно обробленої.

Стрижні виготовляють із звичайних стрижньових сумішей.

Металеві півформи або кокільні вставки, і також металоприймач установки перед заливкою необхідно офарбувати вогнетривкою фарбою. Металоприймач установки звичайно офарблюють теплоізоляційною фарбою, шаром до 0,5-1 мм, металеві півформи - теплоізоляційною фарбою шаром, потрібним для забезпечення заданої швидкості охолодження відливання. Склад теплоізоляційних фарб відрізняється від кокільних фарб меншим (до 2,0-2,5% по масі) вмістом рідкого скла у фарбі.

Стрижньові вставки і металеві півформи необхідно • виготовляти з високою точністю розмірів, щоб забезпечити задану точність розмірів

відливання. Тому стрижньові ящики роблять металевими, вельми жорсткими. Окрім цього, в ливарно-вичавній установці передбачають пристрої для регулювання положення стрижньових вставок і металевих форм при збірці, що необхідне для досягнення необхідної точності відливання.

Основними параметрами технологічного процесу є товщина шару теплоізоляційної фарби на півформах, швидкість переміщення рухомої півформи, профіль (графік) швидкостей підйому рівня рідкого металу в установці і температури:

залівки металу в металоприймач, почала вичавлювання нагріву металоприймача і металевих півформ. Ці параметри призначають залежно від сплаву, конструкції і розмірів відливання, конструкції і розмірів установки.

Температура залівки алюмінієвих і магнієвих сплавів в металоприймач установки приймається на 80-100 °С вище ліквідусу  $t_{лік.}$ , а температура почала вичавлювання складає звичайно  $t_{лік.} + (20-40)$  °С; для широкоінтервальних сплавів можна починати процес вичавлювання при температурі ліквідусу.

Можливість заповнення форми тонкостінного відливання з мінімальним перегрівом є однією з особливостей литва вичавлюванням. Це сприяє отриманню відливань з дрібнозернистою структурою, щільних, з хорошими механічними властивостями. Температура нагріву металоприймача і металевих півформ складає звичайно 200-250 °С, а в окремих випадках до 300 °С. Профіль (графік) швидкостей підйому рівня рідкого металу в установці залежить від швидкості переміщення рухомої півформи. На початку процесу швидкість підйому рівня рідкого металу в установці росте: метал рухається в металоприймачі і, підійшовши до робочої частини форми: повинен придбати оптимальну швидкість течії (до 0,5-0,7 м/сек). Робоча порожнина форми повинна заповнюватися з постійною оптимальною швидкістю. В кінці процесу необхідне деяке уповільнення рухомої півформ, щоб виключити викид металу з установки за інерцією. З урахуванням цього проводять настройку приводу ливарно-вичавної установки.

Важливим питанням технології литва вичавлюванням є усунення гарячих тріщин у відливаннях.

При великих (більше 1 м) розмірах відливання і малій її товщині (до 2-3 мм) твердіння відливання і усадка протікають нерівномірно, неминучі також

затоки металу між рухомими і нерухомими частинами машини. Все це призводить до того, що відливання випробовує велике утруднення при усадці, внаслідок чого в різних її місцях утворюються гарячі тріщини. Для виключення їх слід знижувати температуру почала вичавлювання, встановлювати на відливанні помилкові технологічні ребра, що нормують усадку. Дія заток металу, гальмуючих усадку відливання, можна усунути за допомогою промивників технологічних потовщень, розташованих між відливанням і затоками. Завдяки масивності вони тверднуть пізніше відливання, тому гаряча тріщина утворюється в них, а не в тоншому тілі відливання. При обрубванні і очищенні відливання промивники відрізують.

Промисловістю освоєно виробництво тонкостінних великогабаритних відливань з алюмінієвих і магнієвих сплавів АЛ2, АЛ4, АЛ9, МЛ5 і ін.

Не дивлячись на невеликий (8-10%) вихід придатного, технологічний процес литва вичавлюванням тонкостінних великогабаритних відливань є економічним, особливо у випадках заміни клепаних, зварних і штампованих конструкцій. Це дозволяє зменшити масу конструкції, число деталей в зібраному вузлі, трудомісткість виготовлення вузла в 20-30 разів.

МАШИНОБУДІВНИЙ КОЛЕДЖ  
ДОНБАСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ АКАДЕМІЇ  
Циклова комісія технічних спеціальностей

**ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І  
СПЛАВІВ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**ЧАСТИНА 3**

для студентів денної та заочної форми навчання

спеціальність «Металургія» («Ливарне виробництво чорних і кольорових металів  
і сплавів»)

Конспект лекцій з дисципліни «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів». Для студентів Машинобудівного коледжу ДДМА за напрямом підготовки 050402 Ливарне виробництво, спеціальністю 5.05040201 Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів (136 Металургія).

Розробник:

Штирова О.Р., спеціаліст вищої категорії Машинобудівного коледжу ДДМА

Розглянуто та схвалено на засіданні циклової комісії технічних спеціальностей

Протокол від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 року № \_\_\_

Голова циклової комісії \_\_\_\_\_ М.М.Пасько

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017року

## Лекція № 1

### Виливки із мідних сплавів

#### Загальні відомості і вплив домішок на Си.

Си - важкий метал, щільністю 8,9 т/м,  $t$  плавління  $1083^{\circ}\text{C}$ ,  $t$  кипіння  $2595^{\circ}\text{C}$ . Технічно чиста Си володіє високою електропровідністю, теплопровідністю, корозійною стійкістю. Си добре полірується, плавиться, зварюється і дуже пластична. Пластичність литої міді складає 15-25%. Мідь погано обробляється ріжучим інструментом. Промисловість випускає 11 марок чистої міді, яка відрізняється змістом домішок від 0,01% в марці М1б до 0,03% в марці М2р (б-безкиснева Сі, р-Си, розкислена фосфором) по ГОСТ859-78 технічно чисту мідь поставляють у вигляді листів. Властивості техн. Чистої міді залежить від змісту домішок. Всі домішки знижують електропровідність і теплопровідність, це відноситься до домішок, які розчиняються в ній (Al, As-мышьяк, Zn, Sn, N, Sb-сурьма), але особливо шкідливим є вісмут Ві, свинець Р1,8 і кисень.

**Кисень** - практично не розчиняється в міді. При змісті кисню в Си  $>0,015\%$  виділяється при твердінні у вигляді евтектики Си-Си<sub>2</sub>O, яка розташовуючись по межах зерен знижує пластичні властивості Сі при гарячій і холодній деформації викликає пористість у відливаннях.

**Водень** - розчиняється в рідині і в твердій Си, викликає пористість у відливаннях і водневу хворобу (крихкість і розтріскування деформованої Сі, що містить O<sub>2</sub>).

Наприклад якщо погано розкислену мідь помістити і нагрівати в середовищі Н, що містить, то відбувається дифузія водню у виробі і відбувається розкислювання міді по реакції:  $\text{Si}_2\text{O} + 2\text{H} = 2\text{Si} + \text{H}_2\text{O}$ . Що утворилися пару води створюють високий тиск і може відбутися розтріскування.

**Вісмут** - практично не розчиняється в міді. Його розчинність при  $1660^{\circ}\text{C}$  є усього 0,005% і по цьому Ві при твердінні виділяється у вигляді евтектики Си-Ві (99,86%), яка розташовується по межах зерен. Евтектика плавиться при  $1272^{\circ}\text{C}$ . При повторному нагріві вище  $1272^{\circ}\text{C}$  евтектика плавиться і відбувається руйнування злитків. Це явище отримала назва: **Червоноломкість**. Ві мало впливає на електро- і теплопровідності.

**Сіра** - не розплавляється в Cu, при твердінні виділяється у вигляді евтектики Si-Si<sub>28</sub> спл-1067.°C і не викликає червоноломкості, але розташовуючись по межах зерен знижує пластичність. Мц-нейтралізує шкідливу S.

**Миш'як** - (As) дуже сильно розчиняється в міді, в не великих кількостях на хутро. Властивостях впливу не надає, але знижує електро- і теплопровідність але підвищує жаростійкість. Шкідливий вплив миш'яку нейтралізується добавками сурми.

**Сурма** - знижує електро і теплопровідність нейтралізує шкідливі впливи миш'яку. Фосфор - служить розкислювачем Cu і її сплавів. У не великих кількостях до 0,1% на хутро. Властивості впливу не надає але знижує електро і теплопровідність.

**Свинець** - розчиняється в Cu (0,3% при 1-400°C), тому він у великій мірі, чим в1 знижує електро і теплопровідність. При твердінні утворює евтектику, Si-P1-(99,94%) з спл-327°C. Викликає красноломкість. Евтектика розташовується по межах зерен свинець знижує пластичні властивості, але покращує оброблювану.

**Ni** дуже сильно підвищує тепло і електропровідність;

**Олово (Sn)** дуже сильно ↑ тепло і електропровідність; знижує тепло і електропровідність.

**Al** ↓ тепло і електропровідність, корозійну стійкість.

## 2 Мідь як ливарний матеріал

Технічно чиста мідь як конструкційний матеріал для виготовлення фасонних литих деталей застосовується рідко з причини низьких ливарних властивостей (високою ливарною усадкою 2,1%, високою об'ємною усадкою 11,0%, високою схильності до утворення гарячих і холодних тріщин, до газопоглинання). Cu чиста застосовується у вигляді: проводів, листів, смуг, труб, прутков або де потрібний висока електропровідність. Якщо потрібно виготовити з чистої міді литі деталі, наприклад рило(фурма доменної печі), тоді додатково роблять з добавкою (Sn-0,4-1,0%; Zn-0,4-1,0%; P1-0,4-1,0%; P-0,4-



1,0%). Відливання з мідних сплавів застосовують у всіх галузях промисловості для виготовлення арматури, підшипників, шестерень, втулок, грібних гвинтів і ін.

Мідні сплави дорожчі за чавун і сталь, проте завдяки високим антифрикційним властивостям їх широко застосовують в промисловості. Залежно від хім. властивостей сплави на основі міді підрозділяють на бронзи і латуні. Бронзи розподіляють на олов'яні (сплави міді з оловом) і без олов'яні (сплави міді з Al, Pt, S берилієм (Be), Mn, Ni, і іншими). Латунь є сплавом Cu з Zn ( $Zn < 50\%$ ) (прості або подвійні) або багатокомпонентними сплавами з додаванням Al, Si, Mn, Ni, Fe, Pt. Переваги сплавів на основі Cu полягають в тому, що вони володіють високою електропровідністю, теплопровідністю, низьким коефіцієнтом тертя і добре притираються з більш твердими матеріалами, висока корозійна стійкість, зберігаючи ці властивості при негативних температурах, тому вони знаходять застосування в криогенній техніці.

*Недолік:* висока щільність і низькі властивості при високих температурах.

*Маркуються:* сплави на основі Cu: Бр-бронза, Л-латуні.

Після назви сплаву слідує букви, які указують назву хімічного елемента, після букви слідує цифри, які указують зміст даного елемента.

Бр 01 Ф 1, - бронза олово 10%, фосфор -1 %

Бр А9Мц2Л-бронза ливарна Л Ц16 К4-латунь цинк-16%, кремнія-4

## Лекція № 2

### Бронзи, їх склад, ливарні властивості.

**Бронзи** - це сплав міді з оловом або іншим металом Al, Si, Pb, Be, Mn, Ni. Бронза буває олов'яні і безолов'яні.

1 Олов'яні бронзи: Ni.

Сучасні олов'яні бронзи містять: 2-14% олова, 4-15% Zn, 4-20% свинцю, до 5% Ni. до 1,1% фосфору .

**Олово** – підвищує механічні і антифрикційні властивості, а також корозійну стійкість. При змісті до 10-12% знижує рідину текучість і підвищує температурний інтервал кристалізації.

**Zn** — служить заміником олова в олов'яній бронзі ,він знижує температуру плавлення, температурний інтервал кристалізації лінійну усадку, горячеломкість і газонасиченість, покращує герметичність відливань. При змісті до 4% підвищує рідину текучість. При змісті до 5% підвищує механічні властивості. При великому змісті знижує щільність відливань, антифрикційні властивості, погіршує зварюємість.

**Свинець** - підвищує анти фрикційні властивості, але знижує механічні властивості і покращує обробку різанням.

**Ni** - підвищує механічно властивості, усуває ликвацію в бронзі тих, що містять в бронзі свинець.

**Фосфор** – підвищує ізнаосостійкість,антифрикційні і ливарні властивості (рідина текучість), але при змісті більше 0,04% знижує міцні властивості.

Основою олов'яної бронзи є системи:

Cu - Sn	Cu - Sn - Zn	Cu - Sn - Pb	Cu - Sn - Zn - Pb
Бр019	Бр 08Ц4	Бр 05 С25	Бр 03Ц12С5
Бр010	Бр 010 Ц2	Бр 010 С10	Бр 03 Ц7С5Н1
Бр 010 Ф1			Бр 04 Ц7 С5
			Бр 05 Ц5 С5

Широке застосування знайшла бронза, що містить олово  $\leq 10-12\%$ . Бронзи, що містять до 5% олова називаються *бронзою загального призначення* а  $>5\%$ -*високоміцними* (високоолов'яними). З бронзи *бр010ф1* (10% Sn і 1% P) виготовляють підшипники, шестерінки та ін. деталі.

*Бронзу бр 06 цб с3* використовують для арматури, що працює в середовищі води, пару при тиску до 250-500 Мпа.

*Бр010ц2* для арматури що працює в морській воді під тиском до 300 атмосфер (30 Мпа)

Олов'яну бронзу можна використовувати при температурах не вище 270-280°C (це недолік олов'яної бронзи) Олов'яна бронза плавиться при температурі 1000-1050°C, температура заливки 1100-1150°C.

*Лінійна усадка* олов'яної бронзи 1,0%.

Присадка Al в олов'яній бронзі сильно знижує рідину текучість, погіршує міцність і збільшує пористість відливок, ↓ герметичність Fe при змісті  $>0,4\%$  погіршує корозійну стійкість найбільш *шкідливими* домішками є Al і Si.

## 2 Безоловяні бронзи

Олово є дорогим металом, тому в промисловості широко застосовується бронза, що не містить олова, які по ряду властивостей перевершують олов'яну бронзу і можуть служити їх заміном. Механічні властивості безолов'яних бронз значно вище чим у олов'яних і крім того, безолов'яні бронзи мають достатньо високі корозійні і антифрикційні властивості. Ливарну безолов'яні бронзу ділять на 4 групи: - алюмінієві, - марганцеві, - свинцеві, - сурьмяністі.

*Найбільші розповсюдження* отримали алюмінієві (8-10% Al). Ганни мають хорошу корозійну стійкість в прісній і морській воді добре чинять опір удару. Володіють меншим чим у олов'яної бронзи антифрикційним зносом. Ця бронза кристалізується у вузькому температурному режимі (46°C), тому володіють високими жидкотекучістю, підвищеною об'ємною (11,2%), лінійною (2,37%) усадкою. Бронза дає концентровану усадкову раковину.

**Fe**, що входять до складу А1-бронзи, легування подрібнює структуру, підвищує міцність і антифрикційні властивості (брА10ж3л, брА10ж3мц2л)

**Al** бронзи леговані Ni, Fe володіють високою міцністю, зносостійкістю і при підвищенні температури до (500°C) мають властивості вищі, ніж властивості олов'яної бронзи при нормальних властивостях (Бр А10 ж4 н4л, Бр А11 Ж6 Н6Л)

**Mn** підвищує механічні, антикорозійні і технологічні властивості алюмінієвої бронзи (бр А9 мц2л, бр А10 мц3л, бр А10 ж3 мц2л)

**Pb** підвищує антифрикційні властивості алюмінієвих бронзи. Найбільш шкідливими домішками в алюмінієвій бронзі є олово, цинк, сурма, миш'як. Застосовують для виготовлення важконагнаних шестерень, зубчатих коліс, корпусів насосів і ін. відливаних. Окрім алюмінієвої бронзи в Машино будові застосовуються марганцеві, свинцеві, сур'ямні, безолов'яні, і ін. Вони володіють високими механічними і ін. важливими спеціальними властивостями.

6 - Закріплення: Бронза – сплав Cu з Sn або Al, Si, Pb, Mn і ін.

Бувають безолов'яні і олов'яні бронзи.

Домашнє завдання: закріплення матеріалу з [1, с 320 – 321]

## Лекція № 3

### Латуні, її склад, ливарні властивості.

#### Латунь, її склад, ливарні властивості

Латунню називають сплави Cu і Zn, що містять Zn в латуні не перевищує 50%. Механічні властивості латуні залежить від кількості Zn який підвищує пластичні властивості і міцність. Найбільша міцність латуні досягається при змісті 40 - 45% Zn, а найбільше подовження при 30 - 35% Zn. По хим. складу латуні розділяють на подвійних (прості), таких, що складаються з Cu і Zn, і багатокomпонентні (складні), до складу яких входять окрім Zn входять інші легуючі елементи, поліпшуючі властивості латуні.

Проста латунь: (Cu і Zn) у фасноливарном виробництві не застосовуються з причини низьких ливарних властивостей і великого випаровування Zn при плавці, що сильно погіршує умови праці.

Ливарна латунь: латунь містить понижений вміст Zn і спеціальні легуючі елементи (Fe Mn Ni Si Sn P1 Al), що підвищують механічні, ливарні і експлуатаційні властивості. Легування подвійної латуні Al-нієм (ЛЦ30 А3) і Si-нієм (ЛЦ 16 К4) підвищує рідино текучість, чад Zn при плавці, корозійну стійкість і механічні властивості.

Fe і Mn ↑ механічні властивості, але ↓ рідино текучість.

Fe до 2-2,5% ↑ корозійну стійкість, ливарні і механічні властивості. Додаток РЬ покращує антифрикційні властивості і їх обробку різанням. Ливарні властивості латуні визначається взаємним розташуванням ліній ліквідус і солідус, оскільки вони розташовані дуже близько один до одного латуні характеризується хорошими ливарними властивостями, вузьким температурним інтервалом кристалізації(50-60%), малою схильністю до ліквіації, великою лінійною усадкою (1,6-2%). Латунь дає зосереджену усадкову раковину. Широке застосування отримали крем'янисті, марганцеві, алюмінієві і олов'яні, нікелеві. Розглянемо деякі з них:

Крем'яниста латунь (ЛЦ16 К4) - замітник олов'яної бронзи завдяки високим ливарним властивостям (особливо жідкотекучість) і високими

механічними властивостями. З неї відливають шестерні, деталі морських судів, в креагенній техніці і машинобудуванні. Додаток в кремністий латунь до 3%РЬ (ЛЦ4К3С3) додає сплаву хороші антифрикційні властивості і

Марганцеву латунь застосовують для відливання дрібних гвинтів, лопастей і ін. виробів тих, що працюють в морській воді під навантаженням. Багатокомпонентна латунь типу (ЛАЖМЦ) (ЛЦ23 А6Ж3Мц2), що володіє найбільш високим зі всієї латуні міцністю і твердістю знаходить застосування у важкому машинобудуванні для виготовлення деталей. Які працюють на знос в умовах високого тиску (гайки, гвинти, підшипники прокатних верстатів) Свинцева латунь (ЛЦ40С, ЛЦ45С2) - хороший сплав для отримання литва під тиском, відцентровим способом і рідким штампуванням. Ця латунь має хороші механічні властивості, легко обробляється різанням це найдешевша латунь.

б-закрепление: латунь-  $\text{Cu}+\text{Zn}$  ( $\leq 50\%$ ), Si, Mn, РЬ, хороші ливарні властивості вузький температурний інтервал кристалізації мала схильність до ліквідації, велика лінійна усадка.

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 321 – 322]

## Лекція № 4

### Особливості ливарних форм для виливок з мідних сплавів.

#### Особливості ливарної форми

Виготовлення форм для відливань з мідних сплавів ні чим не відрізняється від виготовлення їх для чавунного литва. Форми виготовляють з формувальних матеріалів тих, що володіють мінімальною газоутворювальною здатністю, невеликою вологістю, високою газопроникністю і вогнетривкістю. Вміст вуглекислих солей в суміші повинен бути  $\text{min}$  не  $>1\%$ , оскільки при  $700-800^\circ\text{C}$  солі виділяють вуглекислий газ, який утворює у відливаннях раковини і пористість. Для простих відливань (типу втулок) з олов'яної бронзи рекомендується застосовувати дошову Л.С, або підведення металу зверху. На масивні фланці в нижній частині форми встановлюють холодильники, а у верхній частині - прибутки і поверхову Л.С. для коротких втулок з фланцем слід застосовувати верхнє підведення металу, з установкою прибутків. Щоб забезпечити плавне підведення  $\text{Me}$  і усунути удар метала об стрижень при горизонтальному розташуванні ливникового ходу, живильники слід розташовувати під кутом, зворотним напрямку руху  $\text{Me}$  (для відливання трійників). Застосовують фільтрувальні сітки. Мідні сплави в рідкому стані легко окислюється для усунення розбризкування і окислень їх пі заливки необхідно, щоб розплав поступав у форму плавно. Системи літників застосовують незаповнініє, що розпираються із співвідношенням:

$$\sum F_{\text{ст}} \cdot \sum F_{\text{шл}} \cdot \sum F_{\text{пит}} = 1:2:2 \text{ або } 1:2:4 \text{ або } 1:4:4.$$

Площа поперечного перетину стояка, як найбільш вузького сиченя розраховивають по формулі  $\sum F_{\text{ст}} = G \cdot \gamma \cdot \tau \cdot \nu$

$G$  – маса відливки, г,

$\gamma$  - щільність розплаву, г/см,

$\tau$  - тривалість заливки, с,

$\nu$  - швидкість закінчення розплаву, см/с.

Тривалість заливки:  $\tau = S \sqrt{6 \cdot G}$

S - коефіцієнт часу

б - середня товщина стінок

G - маса вилівка з літниками і прибутками

Закріплення

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 322 – 323]



## Лекція № 5

### Плавка мідних сплавів, вибивка, обрубвання.

#### Плавка мідних сплавів

Мідні сплави плавлять в тигельних, полум'яних, дугових і індукційних печах. Плавку краще виконувати в дугових і індукційних печах, оскільки в них менше витрати палива і менший чад металу.

Як шихтових матеріалів для плавки бронзи застосовують мідь Мо, М1, М2; цинк Ц1, Ц2, Ц3; олово О1, О2; свинець С1, С2, стандартну бронзу і латунь; відходи власного виробництва <40%, переплавлену стружку бронзи 30% і латуні, а для розкислювання фосфорну мідь. Шихта для латуні полягає із 40% відходів власного виробництва, а інше - свіжі матеріали і лігатури.

При плавці олов'яної бронзи піч нагрівають до 600 - 700°C (до вишнево - червоного каління футеровки). З початку у піч завантажують мідь. Нікель, якщо він входить до складу бронзи, завантажують в місці з Сі. В період розплавлення шихти в печі відбувається окислення твердої міді (що ще не розплавилася) і на її поверхні утворюється СІО. У цей період окислюються інші елементи, що входять в шихту. Після розплавлення шихти, рідкий Ме покривають деревним березовим сухим вугіллям для оберігання від окислення і чаду. Більш ефективним засобом проти чаду і окислення є рідкий флюс; при плавці в печах з шамотною футеровкою він складається з S:O<sub>2</sub>-41-47%; MnO-25-32%; Na<sub>2</sub>O-10-15%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-11-14%

При плавці бронзи в печах з основною футеровкою застосовують флюси з бури Na<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub> і кварцового піску. Після розкислювання мідь ретельно перемішують видаляють шлак і в декілька прийомів вводять відходи і чушки переплавки. Потім розплав нагрівають до 1200°C і досаджують в пекти цинк. Після цього вводять підігріте олово Р1 завантажують разом Sp. Сплав підігрівають до 1250-1280°C витримують 5-10 мин і беруть пробу. За відсутності оксидів і міхурів в пробі розплав випускають з печі в підігріті ковші. Форми заливають при температурі 1150-1170°C.

### Плавка і розливання алюмінієвої бронзи

Як шихтових матеріали застосовують відходи власного виробництва чушки переплавки, свіжі матеріали -Cu, Mn металевий, Al первинний і лігатури, що містятьFe при плавці (Бр А9 Ж4Л), а також розкислювачі міді.

З початку завантажують Cu і Fe на них завантажують сухе березове вугілля для оберігання від окислення і угару. У місце деревного вугілля застосовують флюс з 90% битого скла і 10% польового шпату. Після розплавлення шихти сплав розкислюють фосфорною міддю, потім дають присадку лігатури Cu- Mn, Cu - Al - Fe, Cu - Fe і в останню чергу Cu - Al. Перед випуском сплаву, беруть пробу на усадку і вигин і випускають при температурі 1200 - 1250°C в підігріті ковші.

### Обрубкування і очищення відливань

Вибите відливання звільняють від літників, випоровши і прибутків. Для цього застосовуються стрічкові пили ексцентрикові прес-кусачки і дискові пили.

Для очищення литва від пригару застосовуються очисні барабани і дрібометні апарати.

Для зачистки і крупних середніх відливань в масовому виробництві застосовують маятникові наждачні верстати. Для зачистки крупних відливань застосовують переносні наждачні верстати (3 види).

Вибивку проводять на вибивних ґратах.

### б.закріплення.

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 323 – 326]

## Семінар

### Відливки з мідних сплавів.

#### Питання на семінар

1. Загальні зведення про Cu
2. Вплив домішок на властивості Cu (O, H, Bi, S, Ma, As, Sb, P, Pl, Ni, Sn, Zn, Al).
3. Мідь як ливарний матеріал
4. Особливості ливарної форми
5. Бронза їх склад, ливарні властивості
6. Олов'яна бронза
7. Безоловяні бронзи
8. Алюмінієві бронзи
9. Латуні, їх склад, ливарні властивості
10. Крем'яниста, марганцеві, свинцева латуні. Визначення латуні
11. Плавка мідних сплавів
12. Плавка алюмінієвої бронзи
13. Обрубкування і очищення виливок
14. Основні системи олов'яної бронзи, приклади маркировки, застосування брон

## Лекція № 6

### Алюмінієві сплави і галузь їх застосування.

#### 1. загальні відомості про алюміній

Алюміній - легкий Me, його щільність  $2,7 \text{ т/м}^3$ . температура плавлення залежить від ступеня чистоти алюмінію і знаходиться в прибудовах  $657-660^\circ\text{C}$ , температура кипіння  $=2452 \pm 15^\circ\text{C}$ . Він має високі електро і теплопровідність. Al хімічно Me. На повітрі він легко покривається тонкою і щільною окисною плівкою, яка оберігає поверхню від подальшого окислення. Завдяки захисній дії окисної плівки Al володіє хорошою корозійною стійкістю в звичайних атмосферних умовах і в деяких органічних кислотах. Чистий алюміній м'який Me. У литому стані він характеризується наступними механічними властивостями:

$$\xi_{\text{в}} = 50 - 120 \text{ Мпа}$$

$$\delta = 15 - 50\%$$

$$\text{НВ} = 150 - 300 \text{ Мпа}$$

Чистий Al знаходить обмежене застосування і в основному використовується для приготування сплавів на його основі. Проте його пластичність, корозійна стійкість, тепло і електропровідність дозволяють використовувати для виготовлення фольги, електропроводів, тари для зберігання продуктів харчування. ГОСТ 11069-74 передбачає випуск 13 марок первинного Al, домішок, що розрізняються змістом. Приміси Fe і S: є основними, роблять шкідливий вплив на його властивості (істотно знижують пластичні властивості і підвищують твердість).

#### 2. алюмінієві сплави і галузь їх застосування

Алюмінієві сплави широко застосовують в авіаційній, автомобільній, тракторній і в приладобудівній промисловості. Вони володіють високою міцністю добрими ливарними властивостями, корозійною стійкістю теплопровідністю. Залежно від хімічного складу і механічних властивостей розрізняють 5 груп Al-х ливарних (а ще існують ті, що деформуються) сплавів:

1.група: сплави Al з Si (силуміни  $>5\%Si$ ). Існують: Al2, Al4, Al4-1, AK9, Al9, Al9-1, AK7, Al34. ці сплави мають хороші ливарні властивості, малу усадку, високу рідино-текучість, малу схильність до утворення гарячих тріщин. Al2 застосовують для складних відливань при литві в пісчяні форми, в кокіль або під тиском. Сплав Al9 містить Mg і має підвищену міцність. Застосовується для крупних відливань (блок двигунів і так далі).

2. група: сплави Al з Mg( $>4\%Mg$ ) / Сплави: Al8, Al8Модифік., Al13, Al22, Al23, Al23-1, Al27, Al27-1, Al28, володіють малою щільністю але високою корозійною стійкістю, міцністю і пластичністю серед всіх алюмінієвих сплавів.

Широке застосування утруднене із-за низьких технологічних властивостей. Сплави схильні до дендритної лікваци до утворення гарячих і холодних тріщин, Ганни схильні до газонасичення і утворення газових і газоусадкової пористості.

Застосовуються для сильно навантажених деталей, але погано працює при підвищених температурах.

3.група: сплави Al з Si( $>4\%Si$ ).

Сплави: Al7, Al 19, Al33, відрізняються високими механічними властивостями добре обробляються ріжучим інструментом, але мають знижену корозійну стійкість і по цьому потребують захисту від корозії шляхом анодування або нанесенню лакофарбних покриттів. Сплави Al-Cu схильні до утворення усадкових тріщин і розсіяної усадкової пористості, менш жідкотекучий. Застосовують для відповідальних навантажених деталей з простою конфігурацією.

4.група: сплави системи Al-81-Si. Сплави: Al3, AK5M2, Al5, Al5-1, Al6, AK5M7, AK7M2, AK4M4, Al32. Основними легуючими елементами сплавів цієї групи є: 8 (4-8%), Si (1-8%), Mg (0,2-0,6%), Mn (0,2-0,9%). З цих сплавів виготовляють відливання з високою міцністю і твердістю і від яких вимагається постійність властивостей і розмірів в процесі експлуатації: корпуси приладів, поршні авіаційних двигунів і автомобілів, силові деталі літаків. У сплавів цієї групи вища жароміцність, ніж у силумінів, у них хороша рідино-текучість, але вони схильні до утворення тріщин, газоусадкової пористості, у них нижче герметичність і корозійностійкість чим у силумінів.

5.група: - складно леговані сплави, що містять 81, 2п, Mg, Mn. Застосовують для відливань з підвищеною стабільністю розмірів, що працюють при

підвищених температурах і тиску, а також для виготовлення зварних конструкцій.

Сплави володіють високою щільністю хорошими механічними властивостями підвищеної рідино-текучістю, але схильні до утворення гарячих тріщин.

Сплави АЛ1, АЛ21 володіють жароміцністю (А1-Си-Mg) і застосовуються для литва деталей що тривалий час працюють при температурах до 300-350°C (поршні ,головки циліндрів).

Сплав АЛ24(А1-2п-Mg), що самозагартовується, володіє задовільними ливарними властивостями, які можуть бити покращувані добавками Ті(0,1 - 0,2%)

Поршневі сплави АЛ25, АЛ30, АК21, М2,5, Н2,5 володіють добрими ливарними властивостями, хорошою рідино-текучістю, твердістю і зносостійкістю. Добавки Ni(0,2-0,4% Ni для АК21М2,5 Н2,5 і 0,8-1,2% Ni для АЛ25, АЛ30) підвищують жароміцність.

Застосовуються для виготовлення поршнів.

Цинковий силумін АЛІ (7-12%Zn) застосовується для литва моторобудуванні, має знижену корозостійкість. Відливання з А1 сплавів піддають термообробки: низькотемпературна відпустка(штучне старіння), відпал для зняття внутрішньої напруги, відпал для підвищення міцності сплавів АЛ3, АЛ4, АЛ7, АЛ8.

6.закріплення знань студентів.

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 325 – 327]

## Лекція № 7

### Особливості форм для алюмінієвих сплавів.

#### 1. формовка алюмінієвих сплавів

Алюмінієві сплави володіють схильністю до утворення пористості. По цьому формувальні суміші повинні мати мінімальну газотворювальну здатність і велику податливість. Формувальні суміші виготовляють з 80-90% відпрацьованої суміші. 3-10% свіжих дрібнозернистих пісків ПО1, ПО2А, або 1КО2А. Газопроникність змішай 25-40ед., вологість 4,5-5,5%. Крупні відливання виготовляють в сухих формах з підвищеною міцністю. Для середніх і крупних форм застосовують швидкотвердіючі суміші на рідкому склі з подальшим продуванням CO<sub>2</sub>.

Останнім часом упроваджуються безводні формувальні суміші, в яких пов'язує є синтетичний матеріал, - бентон. Він утворює колоїдні розчини з мінеральними маслами, що дозволяє отримати формувальну суміш з високою пластичністю і текучістю. Склад безводної суміші: 100% піску 1К 0063А, 3-3,5% бентона, 2,5-3% нафтового масла: 1-1,5% етилового спирту. Для стрижньових сумішей застосовуються кріпильні: пектиновий клей, ПВС (полівініловий спирт) 4ГУ - розчин рослинного масла і каніфолі в уайт - спирту і ін.

#### 2. ливникові системи для АЛ-Х сплавів

Л.С для АІ сплавів повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) забезпечити плавне заповнення форми:
- 2) затримувати не металеві включення
- 3) сприяти видаленню з порожнини форми повітря і газів при згоранні зв'язуючих матеріалів
- 4) забезпечити направлене твердіння відливання

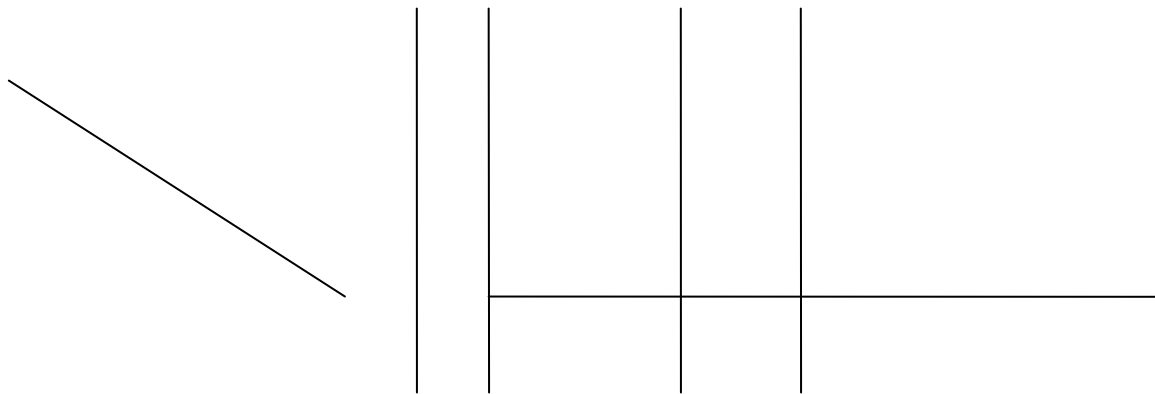
Найчастіше застосовують сифонові системи літників і вертикально - щілисті з підведенням металу через щілину в бічні стінки відливання (мал. 193, Тітов). Сифонова Л.С забезпечує плавність заповнення форми металом, але не створює умов для послідовного твердіння від низу до верху. Цей недолік

усувається при вертикально - щілистій системі. Для отримання якісних відливань швидкість руху розплаву при заповненні форми не повинна перевищувати 150см/с, по цьому для алюмінієвих сплавів застосовують Л.С-ми, що розпирається, співвідношенням:

$$\sum F_{ст} : \sum F_{шл} : \sum F_{пит} = 1:2:3 \text{ або } 1:2:4 \text{ або } 1:3:6.$$

Для зниження швидкості руху розплаву стояки роблять часто зигзагоподібними, проте це збільшує втрати теплоти і розплавів і знижує наповнюваність форми. Для затримання шлаку іноді використовують фільтрувальні сітки. Площа перетину стояка для відливань з алюмінієвих сплавів визначають по монограмі (мал. 194 Тітов).

По висоті шкали (1, 2) і масі відливань ( шкала 3) знаходять крапки які сполучають прямою лінією цю лінію продовжують до перетину з шкалою(4). Точку перетину сполучають прямою з крапкою (середня товщина відливання) на шкалі 2 і цю лінію продовжують до перетину з шкалою 5. крапка на шкалі 5 відповідає перетину стояка для даного відливання.



Закріплення: фронтальний опрос

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 328 – 329]



## Лекція № 8

### Особливості плавки алюмінієвих сплавів.

#### 1. плавка алюмінієвих сплавів

Al сплави при плавці легко окислюються, розчиняють і поглинають гази (водень), внаслідок чого у відливаннях виходить пористість. Алюмінієві сплави не рекомендується перегрівати оскільки вони легко поглинають гази і окислюються, по цьому їх не плавлять в полум'яних печах і дугових печах. Для плавки алюм. сплавів застосовують печі тиглів, що працюють на електриці, гази або мазуті; електропечі опір типу САН, в яких спіраль знаходиться над ванною (1-3т) і індукційні печі із залізним сердечником (від 30 до 60) (до 6-8т).

Як шихтових матеріали для приготування алюмінієвих сплавів застосовують первинні метали, первинні сплави, лігатури і відходи власного виробництва.

Шихта повинна бути чистою, сухою, без забруднення маслом, мазутом і ін. перед присадкою в розплавлений метал шихтові матеріали підігрівають до 100-150°C. Плавку ал-х сплавів рекомендується вести на чушках готового первинного сплаву, а при його відсутності - на первинних металах із застосуванням лігатур. Пекти розігрівають до 600 - 700°C, потім завантажують відходи власного виробництва і після їх розплавлення завантажують первинні сплави (паспортні) або метали. Потім вводять лігатуру, і сплав ретельно перемішують. Температуру сплаву доводять до 680 - 750°C і рафінують сплав хлористими солями.

#### 2. рафінування і модифікація ал-х сплавів

Для отримання якісних відливань окрім спеціальних заходів по підготовки печей, шихти і плавки під покривом флюсу застосовуються наступні способи обробки ал-х сплавів:

1. рафінування - для видалення неметалічних включень.

2. модифікування - для отримання дрібної структури і підвищення механічних властивостей.

Рафінування проводять хлористими солями  $ZnCl_2$ ,  $MnCl_2$ ,  $AlCl_3$ , а також хлористими солями  $Tl$ , барію і рідким хлором, флюсами що є одночасно і покривними при плавці. Ці флюси інертні до ал-ю, мають низьку температуру плавлення і здатні розчиняти оксиди, зокрема  $Al_2O_3$ . Флюси утворюються добавкою до хлористих солей 10-15% фторидів (фтористий натрій, фтористий калій (K)). Сплави, оброблені флюсами, по чистоті не поступаються сплавам, рафінованим хлором. Застосовують флюси для одночасного рафінування і модифікацію хлором (60% NaF, 25% NaCl, 15%  $Na_3AlF_6$ )

Для модифікації ал-х сплавів застосовують металевий натрій (0,1% від маси сплавів), але оскільки він запалав вже на повітрі, то застосовують солі натрію. Модифікатори можна складати из 2-х, 3-х і більш за солі (67%CaF<sub>2</sub> і 33%NaCl): (25%BaF<sub>2</sub>, 62,5%BaCl<sub>2</sub> і 12,5%KCl). Дегазацію ал-х сплавів здійснюють вакуумуванням в спеціальних камерах перед заливкою і обробкою сплавів ультразвуком. Внаслідок чого утворюються бульбашки, які спливають на поверхню і віддаляються в атмосферу, якщо можливо. б. закрепление:

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 329 – 330]

## Лекція № 9

### Вибивка, обрубвання очищення і термічна обробка відливань.

#### Вибивка, обрубвання очищення і термообробка відливань

Вибивку піщаних форм при литві алюмінієвих сплавів здійснюють на струшуючих вибивних ґратах з механічними або пневматичними приводами після охолодження відливань до 250-100%. Алюмінієві сплави при температурах вибивки мають не високу міцність. По цьому при роботі на струшуючих вибивних ґратах відливання з цих сплавів вимагають обережного звернення. Стрижні з відливань вибивають за допомогою пневмо зубил, накладних вібраторів і простих вібраційних машин. Для середніх і крупних відливань з складними внутрішніми порожнинами, коли застосування вказаних вище способів зв'язане з можливістю пошкодження відливань, вибивку здійснюють в гідра камерах водою низького (196-490кПа) або високого тиску. Для цієї мети з успіхом застосовують також вибивку у воді за допомогою електричного розряду.

Обрубвання відливань, отриманих литвом в разові форми і кокілі, проводять в основному за допомогою стрічкових і дискових пив і обрубних пресів. При масовому виробництві відливань для видалення прибутків використовують автоматичні фрезерні верстати. Обрубвання відливань виготовлених литвом під тиском проводять в обрубних штампах на пресах. Для очищення відливання піддають гідропіскоструйної обробці в спеціальних ізольованих камерах. Рідше для цього застосовують дрібоструйне улаштування. Для уникнення утворення вм'ятин на поверхні відливань в цьому випадку як дріб використовують дрібні шматочки алюмінієвого дроту.

Зачистку відливань і видаленню задирок здійснюють пневматичними зубилами.

Для досягнення необхідного рівня механічних властивостей відливання з більшості алюмінієвих сплавів піддають термічної обробки в камерних шахтних конвейерних і ін. печах з електричним обігрівом і примусовою циркуляцією повітря по режимах термічної обробки.

Види термообробки:

1. штучне старіння - підвищує міцність і покращує оброблювану різанням (1нагрева=175-210°C, выдержка=5-17ч, охолодження на повітрі) АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ24.

2. відпал- знижує або зменшує термічно напругу, підвищує пластичність (всі групи) (1наг=250-300°C, выдержка=8-10ч, охолодження на повітрі)

3.закалка - підвищує міцність(1:наг=430-535oC, выдержка=5-20ч, охолодження у волі (20-100°C) (АЛ9, АЛ19, АЛ22, АЛ23, АЛ33, АЛ27, АЛ34).

4.закалка-||- в маслі (АЛ8, АЛ22)

Закріплення: фронтальний опрос

Домашнє завдання: вивчити матеріал з (с 156-158, Курдюмов А.В, Пикунов М.В, Чюрсин В.Н, Бибигов Е.Л, производство отливок из сплавов цветных металлов: учебник для вузов М.Металургия 1986, 416с).

## Лекція № 10

### Дефекти виливок з алюмінієвих сплавів

#### 1.дефекти, контроль якості і виправлення дефектів

**Висока схильність алюмінієвих розплавів до окислення, насичення воднем, спінювання при перепадах в порожнині ливарної форми і утворення завихрень, що викликаються високими швидкостями руху металу, є причинами основних видів браку виливок - газової пористості, шлакових включень і оксидних полон.**

Сплави 1-ої групи (А1-81) (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АК9, АЛ34) мають недолік: схильні до утворення розсіяної газової пористості у відливаннях. Поетом при литві силумінів особливу увагу приділяють рафінуванню розплавів від розчиненого водню.

Сплави 2-ої групи (А1-М§) (АЛ8, АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ27) схили до утворення усадкових тріщин, мають велику лінійну усадку і схильні до окислення і утворення оксидних полон.

Сплави 3-ей групи (А1-Си)(АЛ7, АЛ19, АЛ33) - велика лінійна усадка і схильність до тріщин при скрутній усадці. Відливання схильні до викривлення із-за нерівномірного охолодження в кокілях, тому передбачають ребра жорсткості і стягування. Для зняття термічної напруги відливання іноді піддають відпалу.

Сплави 4-ої групи (А1-81-Си) (АЛ3, АЛ5, АЛ32) менш схильні до утворення газової пористості, чим силуміни.

Складнолеговані сплави 5-ої групи (АЛ1, АЛ11,АЛ21, АЛ25, АЛ30) володіють підвищеною схильністю до утворення тріщин при утрудненій усадці.

Залежно від вимог техн. з алюмінієвих сплавів можуть, піддається різним видам контролю: рентгенівському чашка -дефектоскопії або ультразвуковому для виявленні внутрішніх дефектів; розмітка для визначення розмірних відхилень: люмінесцентному для виявлення поверхневих тріщин; гидралічному пневмоконтролю для оцінки герметичності

Аргоново-дугову зварку використовують для заварки недоливів, раковин, рихлості і тріщин. Зварку ведуть темі ж сплавами, з яких виготовлені відливання за допомогою неплавкого вольфрамового електроду.

Пористість у відливаннях усувають просоченням баклітрвим ласий, асфальтовим лаком, оліфою або рідким склом. Просочення ведуть в спеціальних казанах під тиском 490-590кПа з попередньою витримкою відливань в розрядженій атмосфері (1,3-6,5кш). Температуру просочуючої рідини підтримують на рівні 100°C. Після просочення відливання піддають сушці при температурі 65-200°C, в процесі якої відбувається тверднення просочуючої рідини і повторному контролю.

#### 6.закрепление

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [4, с 158 – 159]

## Лекція № 11

### Техніка безпеки і пожежна безпека.

#### 1.техніка безпеці і пожежна безпека

Найбільш видами травм, що часто зустрічаються, в плавильному відділенні є опіки поразка електричним струмом і удари. Причиною опіків є викид розплавленого металу з печі в ківш, при заливці металу у форми; опіки можуть також виникати при контакті з гарячими відливаннями під час їх вибивки з форм. Викиди рідкого металу, виникають в основному в результаті контакту розплаву з вологою; волога металева шихта завантажується в рідку ванну. Причинами викидів металу, можуть бути також вихід з ладу систем водяного охолодження плавильних печей, заливка металу в непросушені і не підігріти металеві форми, застосування вологих солей для рафінування і модифікації розплавів і т.д.

Правилами техніки безпеки передбачені для печей, що нахиляються, з приводом обмежувачі нахилу, самогальмуючи пристрої і блокування для автоматичного виключення повороту. Пульти управління нахилом печей встановлюють в таких місцях, щоб плавильник міг бачити струмінь металу, що йде з печі і кранівника що бере участь в розливанні. Щити і пульти управління забезпечують світловими і звуковими сигналізуючими пристроями.

Правилами т.б. передбачаються: сушка і підігрів шихти перед заваленням в пекти. Обов'язковою технологічною операцією при литві в металеві форми є попередній підігрів форм (особливо після фарбування робочих порожнин вогнетривкими фарбами).

Обслуговування електропечей. Обслуговування печей зв'язане з небезпекою поразки електричним струмом в результаті зіткнення з токо провідними частинами. Сучасні печі забезпечені блокуваннями, які автоматично відключають напругу у разі порушення правил експлуатації. Нахил печі супроводжується автоматичним відключенням струму печі забезпечують сигналізацією що інформує про подачу напруги на нагрівальні елементи або про їх відключення. Повинні проводити перед плавкою металу огляд і перевірку плавильного устаткування (наявність гумових килимків, огляд футеровки, ізоляції, заземлень і т.д.). Що утворюється при рафінуванні алюмінієвих сплавів

хлорид алюмінію надає дратівливі дії на шкіру, очі, дихальні шляхи людини. Гранично допустима концентрація хлористого алюмінія в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 30мг/м<sup>3</sup>. Не менш шкідливі фториди, їх ГДК повинна бути. не більше 20мг/м<sup>3</sup>.

5.закріплення:фронтальне опитування

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 332]



## Лекція № 12

### Відливки з магнієвих сплавів

#### I. Склад і властивості первинного магнію.

Mg метал сріблясто-білого кольору. Температура плавлення  $651^{\circ}\text{C}$  і має міцності (80 - 110 мпа) і відносне подовження (6 - 8%). Чистий Mg характеризується високою хімічною активністю. На повітрі він легко окислюється. У тієї, що утворюється оксидною плівки при температурі невелику щільність  $1,738 \text{ г/см}^3$  при  $20^{\circ}\text{C}$  і  $\sim 1,6 \text{ г/см}^3$  при T плавлення. Температура кипіння Mg при атмосферному тиску складає  $1107^{\circ}\text{C}$ . Об'ємна усадка - 3,97 - 4,2 %. У литому стані він має низькі вище  $450^{\circ}\text{C}$  відсутні захисні властивості. З підвищенням температури швидкість окислення зростає, а при температурі  $= 623^{\circ}\text{C}$  Mg запалав на повітрі.

З азотом (n) при температурі вище  $750^{\circ}\text{C}$  Mg взаємодіє з утворенням нерозчинного твердого і крихкого нітрида  $\text{Mg}_3 \text{N}_2$ , знижуючий пластичні властивості Me.

При температурі  $600\text{-}650^{\circ}\text{C}$  Mg взаємодіє з сірчистим газом, взаємодія супроводжується утворенням  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgSO}_4$  і пари сірі. Mg в значно більшій кількості, чим Al поглинає водень. З підвищенням температури і тиска над розплавом розчинність водню збільшується. Mg не взаємодіє з розчинами їдких щолочів, з гасом, бензином мінеральними маслами, стійкий по відношенню до фторидів і плавикової кислоти, але не стійкий в розбавлених мінеральних кислотах. З  $\text{H}_2\text{O}$  магній інтенсивно реагує з виділенням водню, який часто є причиною вибухів із-за утворення гримучого газу. ГОСТ 804-72 передбачає випуск три мазкий первинного Mg домішок, що розрізняються змістом (Міліграм 96, Міліграм 95, Міліграм 90). Найбільш шкідливими домішками є Ni і Fe. Вони сильно знижують корозійну стійкість Mg.

Cu і Si також знижують корозійну стійкість Mg, але у меншій мірі, чим Ni і Fe. Приміси Na, K, H роблять негативний вплив на властивості Mg. Соті доли відсотка Ca зменшують газову пористість відливань. Mg використовується для піротехнічних цілей, як розкислювач, модифікатор і основа Mg-x сплавів.

#### 2. состав и свойства магниевых сплавов.

Mg-е класифицируются по химическому составу и рабочей температуре.

По химическому составу в соответствии с ГОСТ 2856-79 Mg-е сплавы подразделяются на 3 группы:

- сплавы на основе системы Mg-Al-2л(МЛЗ, МЛ4, МЛ5, МЛ6).
- сплавы на основе М-2л-2г (МЛ8, МЛ 12, МЛ 15)
- сплавы легированные редко земельными элементами М§-РЗМ-2г (МЛ9, МЛ10, МЛН, МЛ19)

Крім того, знаходять обмежене застосування сплави: МЛ1 (М§-81) - герметичний сплав; жароміцний - МЛН (Mg-Тп(торій)).

По температурі Mg-е сплави класифікуються для роботи:

- при нормальній температурі;
- при температурі до 200°C;
- при температурі = 250°C;
- при криогенних температурах.

Механічні властивості М§-х сплавів знаходяться в межах: міцність

$\sigma_b = 150 - 340$  мпа,

Відносне подовження  $\delta = 2 - 9\%$ .

### Сплави системи Mg-Al-Zn

Сплави цієї системи (МЛЗ, МЛ4, МЛ4пу, МЛ5, МЛ5пу, МЛ5он, МЛ6) є найбільш поширеними сплавами Mg-выми. Сплави застосовуються для виробництва високонавантажених відливань, що працюють у важких атмосферних умовах (велика вологість), корпусних деталей приладів, які експлуатуються в морській атмосфері при температурі не  $>150^\circ\text{C}$ . Основним легуючим елементом є Al, за змістом якого розрізняють марки цієї групи, який вводять в розплавлений М§ в кількості 5-11%. Ле-ти: Al, Zn, Mn:

Al - зменшує здатність магнієвих сплавів займатися, підвищує механічні властивості ( $\uparrow$  міцність) покращує ливарні властивості.

Zn - в кількості 5, 5% сприяє підвищенню хутро. властивостей ↑ корозійну стійкість, але погіршує ливарні властивості.

Mn - вводять в магнієві сплави для збільшення корозійної стійкості в кількості 2-2, 5%. Він підвищує механічні властивості сплаву, щільність відливань, але погіршує жідкотекучість і збільшує схильність до гарячим тріщинам.

Недолікам сплавів, за винятком МЛЗ, є широкий інтервал кристалізації (120-250°C), по цьому сплави схильні до утворення усадкової пористості, до утворення гарячих тріщин і дендрітної ліквациі. Лінійна усадка-1, 1-1, 4%, усадкова раковина не значна. Кращими ливарними властивостями володіють сплави МЛ5, МЛ6. Гідністю МЛ4 є висока корозійна стійкість. У литому стані сплави крихкі і по цьому вони піддаються термічній обробці (старінню).

Сплав МЛЗ - використовують при виготовленні відливок простій конфігурації з підвищеною герметичністю для роботи при середніх статичних і динамічних навантаженнях. Сплав володіє невеликим інтервалом кристалізації (55-60°C), малою схильністю до утворення мікропористості, більшою лінійною усадкою, підвищеною схильністю до утворення усадкових тріщин і низької жідкотекучістю.

Сплав МЛ4 - використовують для роботи при підвищених навантаженнях; Має високу корозійну стійкість. Застосовують для литва в піщані форми.

Сплав МЛ5 - володіє вищими технологічними властивостями, ніж МЛ4, оскільки менш схильний до утворення мікрорихлості, гарячих тріщин, а по жідкотекучесті поступається сплаву МЛ6.

Сплав МЛ6 - із-за великого інтервалу кристалізації (~160°C) і підвищеного вмісту 2п схильний до утворення мікропористості більш, ніж МЛ5. Задовільні ливарні властивості дозволяють виготовити з нього відливання всіма способами литва. Відливання піддають термообробці (відпал).

### Сплави системи Mg-Zn-Zr (МЛ8, МЛ12, МЛ 15)

Вони відрізняються від інших груп підвищеними механічними властивостями і хорошою оброблюваною різанням. Введення в розплав 2х скорочує інтервал кристалізації, покращує ливарні властивості, подрібнює зерно і зміцнює їх.

Подрібнення структури зменшує чутливість сплавів до товщини стінки, вирівнює механічні властивості в тонких і товстих частинах відливання. Оптимальні результати досягаються при 0, 6-0, 8% Zr. Легування сплавів Ba (лантаном) в кількості 0, 6 -1, 2% (МЛ 15) - покращує ливарні властивості, декілька підвищує жароміцність, щільність і сваріваємость, але знижує міцність і пластичність при кімнатній температурі. Збільшення змісту Zr до 5, 5-6, 6% і додаткове легування сплавів Ce (0, 2-0, 8%) (МЛ8) дозволяє отримати вищий рівень механічних і технічних властивостей, чим у сплавів з лантаном. Сплави 2 групи використовують для виготовлення відливаних, які працюють при високих навантаженнях і температурах 200-250°C.

#### Сплави Mg-P<sub>3</sub>M-Zr (МЛ9, МЛ 10, МЛН, МЛ 19)

Сплави володіють високою жароміцністю і хорошою корозійною стійкістю. Сплави мають хороші ливарні властивості, високу герметичність, малу схильність до утворення пористості і усадкових тріщин, високі механічні властивості і однорідні в перетинах, і добре зварюються аргонодуговою зваркою. Сплави призначені для тривалої роботи при температурі 250-300°C і короткочасною - 400°C. Ці сплави застосовують для виготовлення деталей, які піддаються одночасній взаємодії статичних і втомних навантажень .  
б.закрепление:

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 333 – 334]

## Лекція № 13

### Особливості виготовлення ливарних форм і системи літників для магнієвих сплавів.

#### 1. Особливості ливарної форми

Mg володіє великою спорідненістю до кисню, тому відмінною рисою Mg-х сплавів є їх здатність окислюватися і запалають при плавці і заливці. При заливці магнієвих сплавів в разову піщану форму, що не містить спеціальних захисних присадок, Mg реагує з вологою форми і киснем повітря в порах форми. При цьому можливі реакції з виділенням тепла і загорянням сплаву:



Для запобігання горінню магнію у формі, до складу формувальних сумішей вводять захисні присадки у вигляді фтористих солей амонія  $\text{NH}_4\text{F}$  або сумішей, сост. з борної кислоти  $\text{HBO}_3$ , технічної сечовини  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  з і сірчано-кислим амонієм  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ . присадки (85%  $\text{NH}_4\text{F}$  і 15%  $\text{HBO}_3$ ) вводять формувальну суміш в кол-ве 4-8% мас змішай. У стрижньові суміші додають 0, 25-1% суміші борної кислоти і сірки. Компоненти присадок утворюють на поверхні Me захисні плівки ( $\text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$  і ін.), щільніші, ніж плівки MgO.

Крім того, присадки утворюють газоподібні продукти, що створюють інертний захисний шар газу. Ця газова оболонка перешкоджає до контакту сплаву з парами води і газів форми.

Формувальні і стрижньові суміші готують із звичайних пеков і глин з 1шп вологістю, високою газопроникністю, оскільки фтор присадки, що містять, дуже газотворни. Формувальні і стрижньові суміші виготовляють з 50-90% відпрацьованої суміші, 5-10% свіжого піску, 4-8% фтор присадок, що містять.

#### 2. литниковые системи

Чаші літників повинні бути металоємними для утримання в них шлаку. Для магнієвих сплавів застосовують вертикально-щілисту систему літника. Для усунення усадкової пористості прискорюють твердіння відливання установкою зовнішніх холодильників і відповідним підведенням металу.

Співвідношення площ поперечного перетину елементів ливникової системи наступні:

$$F_{\text{ст}}:F_{\text{шл}}:F_{\text{лит}}=1:2:3; 1:3:6;$$

Зібрану форму поміщають в автоклав з підвищеним тиском, який герметично закривають (спосіб розроблений А.Г. Спаським і акад. А.А. Бочваром). Через спеціальний отвір метал з ковша заливають у форму, потім отвір герметично закривають, в автоклав подають стисле повітря під надмірним тиском 490-685 кпа. Зовнішній тиск підсилює живляча дія прибутків і одночасно перешкоджає виділенню газів з металу, що охолоджується. Це сприяє підвищенню щільності відливань і їх хутро. властивостей.

б.закрепление

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 334 – 335

## Лекція № 14

### Плавка магнієвих сплавів

#### I. Шихтові матеріали, флюси і їх підготовка

В якості шихтових матеріали застосовують чисті метали, первинні сплави, відходи власного виробництва попередні сплави і лігатури. З чистих первинних металів застосовують магній чушковий, алюміній чушковий, 81 кристалічний або чушковий, силуміни, 2п чушковий. При плавці магнієвих сплавів застосовують лігатури: алюмінієвоберилльовую (95-97%Al і 3-5%Be,  $T=700-800^{\circ}\text{C}$ ), магнієво-маргонцевую (96-98%Mg, 2-4%Mn,  $t_{\text{плавлення}} 700-800^{\circ}\text{C}$ ), алюмінієво-маргонцевую (88-92%Al і 8-12%Mn,  $t_{\text{плавлення}}=770-830^{\circ}\text{C}$ ).

Шихту складають з повернення різних сортів, яке вводять до 30-40% маси шихти. Для модифікації магнієвих сплавів використовують магнезит або крейду з розмірами шматків не більше-10-25мм. Для підвищення щільності відливаних магнієвих сплавів легують металевим Ca. Флюси повинні задовольняти наступним вимогам:

1. не взаємодіяти з магнієм або компонентами магнієвих сплавів, а також з футеровкою печі
2. Шл. флюсу повинна бути нижче 1пл. Mg і його сплавів
3. мати хорошу жідкотекучість, щоб покривати всю поверхню розплаву щільною плівкою оберігаючи Mg від дії повітря
4. рафінуючий флюс повинен мати щільність в розплавленому стані при  $750^{\circ}\text{C}$  більше щільності Mg і його сплаву, оскільки якщо флюс легше за сплав то він може потрапити в сплав
5. повинен бути дешевим і недефіцитним.

Найбільш поширені флюси ВІІ-применяемой для плавки магнієвих сплавів в стаціонарних тиглях, він є одночасно покривним і таким, що рафінує ВІІІ призначений для плавки у виймальних тиглях.

## 1. плавка магнієвих сплавів

Для плавки магнієвих сплавів використовують тигельні печі, що працюють на газу, мазуті, електропечи опору, а також індукційні печі. Печі тиглів застосовують з виймальними і стаціонарними тиглями. Ємкість печей до 900кг продуктивність до 250кг/ч. Печі футерують магнезитовим цеглина. Готовий сплав з печі переливають в роздаточні печі тиглів за допомогою відцентрової помпи, яка перекачує рідкий Me на відстані 10м.

При плавці магнієвих сплавів тигель нагрівають до темно-червоного каління і завантажують порошкоподібний флюс ВІ2 або ВІ3 з розрахунку 0, 1-0, 25% мас шихти після чого завантажують компоненти шихти. Після розплавлення сплав зливають на \_ ємкості тигля і довантажують чушками первинного сплаву, підігрітими на борту печі до температури не нижче 120°C. Розплав нагрівають до 700-730°C, вводять берилій і модифікують магнезитом (0, 25-0, 3% мас шихти). Магнезит вводять в розплав в 1 прийом за допомогою дзвіночків закритого типу. При модифікації дзвоник занурюється в метал приблизно на половину висоти тигля. Тривалість модифікації 5-10мин. Після модифікації шлак знімають з поверхні розплаву, і поверхню розплаву присипають флюсом.

Після модифікації при температурі 700-730°C сплав рафінують інтенсивним перемішуванням в перебігу 3-5мин. Поверхню розплаву присипають сухим флюсом. Витрата флюсу при рафінуванні близько 1%, а при плавці і рафінуванні \_ маси шихти.

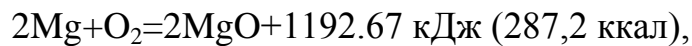
Після рафінування з поверхні металу видаляють шлак, відливають технологічну пробу і для спектрального аналізу, потім присипають свіжим флюсом і розплав підігрівають до температури розливання. Перед розливанням розплав витримують в перебігу 15мин. Ковши перед розливанням промивають в тиглі з флюсом і нагрівають до температури червоного каління. Під час заливки не можна допускати попадання шлаку Me, а також розливання з тигля в ківш без присипки флюсом дзеркала Me. У разі виникнення вогнищ горіння поверхня Me покривають сумішшю 8 і борної кислоти  $\text{HBO}_3$



## 2. Плавка магнієвих сплавів

### Особливості плавки

Плавка магнієвих сплавів має свої особливості, обумовлені властивостями магнію і характером його взаємодії з атмосферою при нагріванні. Хімічна активність магнію зростає в розплавленому стані, він легко з'єднується з киснем, вологою, азотом і при температурах вище 800° Із займається з поверхні. Спалах магнію пов'язаний з наявністю на його незахищеній поверхні рихлої окисної плівки, котра на відміну від щільної окисної плівки алюмінію не служить перешкодою для проходження через неї кисню повітря. З другого боку, пориста плівка окислу магнію володіє малою теплопроводністю, а оскільки окислення магнію супроводжується виділенням великої кількості тепла:



то тепло не встигає розсіватися в навколишньому просторі, накопичується під плівкою і магній самовозгорається з поверхні. Тому вести плавку магнієвих сплавів в звичайних умовах, тобто на повітрі, неможливо: необхідна спеціальна технологія. Відомо два способи захисної плавки магнієвих сплавів: плавка в нейтральній атмосфері і плавка під шаром захисних флюсів.

Зниження тієї, що окисляється магнію отримують також, додаючи в нього метали, що змінюють природу плівки MgO, тобто роблять її щільнішою і менш проникливою для кисню.

Плавка у вакуумі утруднена, оскільки магній легко возгорається. Спосіб плавки під захисною нейтральною атмосферою потребує складного устаткування і широкого застосування не знайшов.

У промисловості поширений спосіб плавки під флюсом, що суміщається з добавками берилія в кількості 0,001 — 0,002% від маси металу. Берилій різко знижує ту, що окисляється магнію.

Флюси, вживані при плавлі магнієвих сплавів, готують на основі хлоридів і фторидів лужних і лужноземельних елементів з різними добавками. Основу флюсів складають низькотемпературні суміші два або трьох солей, зазвичай евтектического або близького до нього складу, зокрема застосовують карналит

MgC12-KC1. Крім захисних властивостей, флюси повинні володіти також хорошою рафінуючою здатністю.

ФЛЮСИ ДЛЯ магнієвих сплавів повинні мати достатньо високу в'язкість, щоб легко відділятися від металу, оскільки попадаючі при литві частинки флюсу у відливанні стають вогнищами корозії. У рідкому стані щільність флюсу повинна бути дещо більше, ніж щільність розплавленого металу. Це необхідно тому, що оксиди магнію мають щільність, що мало відрізняється від щільності розплаву, і спливання їх навіть при тривалому вистояванні практично не відбувається. Крім того, важко підібрати флюс легший, ніж магнієвий розплав, який сам має найменшу щільність зі всіх відомих промислових сплавів. Тому покривний-рафінуючі флюси, вживані для магнієвих сплавів, засипані на поверхню, якийсь час утримуються на ній завдяки силам поверхневого натягнення. Потім флюси, оплавляючись, поступово стікають на дно тигля по його стінках або ж проходять через метал, захоплюючи за собою неметалічні включення (мал. 40), після чого на поверхню підсипають знову нові порції флюсу, щоб магній не спалахував.

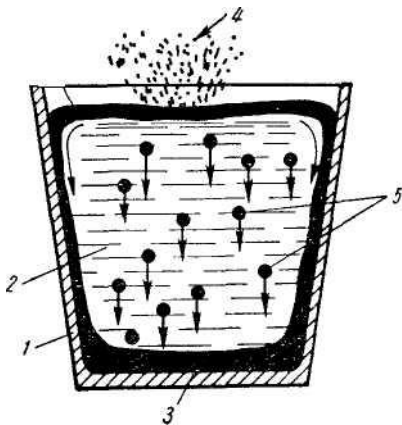


Рис. 40. Схема плавильної ванни і механізму рафінування флюсами магнієвих сплавів.

1 — тигель; 2 — ...

Таким чином, при плавці в тиглях метал знаходиться як би в «мішечку» флюсу. Для отримання такого «мішечка» необхідно, щоб флюс добре змочував стінки тигля і під печі і не взаємодіяв з ними.

Як обважнювачі до основних компонентів флюсу додають хлористий барій і хлористий кальцій. Володіючи хорошою змочуючою здатністю по відношенню до окисних включень, флюс одночасно повинен легко відділятися від розплаву. Чим вище його поверхнєве натягнення і в'язкість, тим легше за краплю флюсу опускаються на дно (для цих цілей у флюс вводять згущувачі —  $M\text{SiO}_2$  і  $\text{CaF}_2$ ). Високе поверхнєве натягнення дозволяє флюсу утримуватися на поверхні і виконувати захисні функції. Залежно від методу плавки відомі різні склади флюсів. У табл. 18 приведені склади флюсів, вживаних на вітчизняних заводах.

Залежно від методу плавки відомі різні склади флюсів. У табл. 18 приведені склади флюсів, вживаних на вітчизняних заводах. При плавці магнієвих сплавів потрібне постійне дотримання технологічних умов, що виключають можливий контакт металу, флюсів, плавильних тиглів, інструменту і іншого

Марка	Флюсы для сплаво						«а м о и Х о 51	O <sup>4</sup> O <sup>4</sup> 51	Назначен
	Химический								
	основ флюс		втяже- пители		сгвст тели				
ВИ2	38	32	5-	<8	3	<<1	<<1,	<<3	Для плавки
ВИ3	30	35	5	8	15	7	1	3	П
М-2	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-3	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-4	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-5	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-6	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-7	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-8	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-9	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-10	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-11	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-12	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-13	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-14	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-15	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-16	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-17	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-18	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-19	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-20	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-21	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-22	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-23	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-24	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-25	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-26	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-27	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-28	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-29	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-30	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-31	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-32	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-33	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-34	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-35	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-36	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-37	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-38	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-39	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-40	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-41	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-42	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-43	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-44	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-45	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-46	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-47	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-48	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-49	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-50	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-51	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-52	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-53	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-54	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-55	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-56	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-57	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-58	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-59	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-60	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-61	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-62	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-63	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-64	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-65	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-66	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-67	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-68	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-69	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-70	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-71	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-72	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-73	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-74	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-75	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-76	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-77	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-78	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-79	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-80	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-81	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-82	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-83	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-84	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-85	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-86	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-87	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-88	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-89	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-90	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-91	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-92	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-93	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-94	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-95	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-96	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-97	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-98	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-99	30	30	5	8	15	7	1	3	П
М-100	30	30	5	8	15	7	1	3	П

устаткування з вологою, оскільки це небезпечно не тільки з погляду погіршення якості металу. У разі контакту з вологою можливе загоряння металу, сильні викиди металу, що небезпечно для обслуговуючого персоналу, тому для цехів магнієвих сплавів характерна висока культура виробництва. Наприклад, важ інструмент (розливні ковши, ложки, мішалки) зберігають в спеціальних тиглях, що підігріваються, з розплавленим флюсом.

Відомо три основні способи плавки магнієвих сплавів: у стаціонарних тиглях, виймальних тиглях і комбіновані способи (відбивна піч-тигель або індукційна піч-тигель).

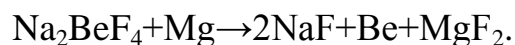
Схема приготування магнієвих розплавів майже однакова для всіх способів плавки, але є відмінності в устаткуванні, методах заливки і в специфічних особливостях флюсів, які при цьому застосовують.

Для всіх способів характерна наступна послідовність приготування магнієвого сплаву: розплавлення під покривом флюсу, перегрівши, рафінування, модифікація і розливання.

Магнієві сплави в ливарних цехах зазвичай плавлять в два прийоми: спочатку готують попередній, а потім робочий сплав.

Попередній сплав готують з чистих металів, добре перемішують, рафінують і розливають в чушки. Далі аналізують його хімічний склад і у разі відповідності стандарту вживають для приготування робочого сплаву (розплаву, з якого отримують фасонні відливання). Розплавлення шихти ведуть під шаром флюсу. При плавці в тиглях спочатку розплавляють флюс, а потім металеву шихту занурюють в розплав флюсу, що зменшує спалах магнію. В процесі плавки оголені ділянки шихти присипають флюсом. Послідовність завантаження складових частин шихти [28, 29] для найбільш поширених магнієвих сплавів наступна: магній, лігатури (алюміній—марганец і ін.). потім цинк (як метал, що найлегше випаровується). Присадки кальцію і берилія проводять зазвичай найостаннішими. Розплавлений метал підігривають і потім рафінують.

Перед рафінуванням в розплав зазвичай вводять невелике кількість берилія (0,001—0,002%), який оберігає розплав від спалаху, в результаті створення на його поверхності окисної плівки, щільнішої, ніж плівка з окислу магнію. Берилій вводять у вигляді лігатур алюміній—берилій, алюміній—берилій—магній або у вигляді фторбериллата натрію  $\text{Na}_2\text{BeF}_4$ , з якого берилій відновлюється і переходить в розплав в результаті реакції соли з магнієм:



Фторбериллат натрію вводять після рафінування. Це сприяє високій засвоюваності берилія розплавом, і, крім того, розплав менше окислюється, чим при введенні берилія у вигляді лігатури. При рафінуванні від неметалічних

включень свіжі і чисті порції флюсу замішують в перегрітій до  $720^{\circ}\text{C}$  ( $+20$ - $-30^{\circ}\text{C}$ ) розплав. При замісі відбувається змочування флюсом зважених в сплаві неметалічних включень (оксидів, нітрідів і ін.), агломерація їх і осадження на дно. Рафінування проводиться в декілька прийомів свіжими порціями флюсу. Із збільшенням часу витримки і температури розплаву швидкість і повнота осадження флюсу будуть підвищується в результаті більшої різниці в щільності сплаву і флюсу.

Таким чином, для повного осадження замішаних частинок флюсу в розплаві останній повинен добре відстоятися (зазвичай протягом 15—20 мін), інакше включення флюсу можуть залишитися в металі, а вони так само шкідливі, як і окисні включення. Разом з очищенням від неметалічних включень обробка розплаву рафінуючими флюсами сприяє також деякій дегазації розплаву від розчиненого в магнієвих сплавах водню. У разі сильнішого газонасичення розплав може бути підданий дегазації продуванням інертними газами (азотом, аргоном) або хлором. Механізм дії і параметри продування схожі з вживаними для алюмінієвих сплавів. Корисні добавки кальцію до 0,1%. Кальцій зв'язує водень, присутній в сплаві, в стійкі включення типу гидридов, які менш шкідливі, чим сам водень. Кальцій, крім того, зменшує, подібно до берилія, окисляє-мость магнієвих сплавів. Сплави систем Mg—Mn (МЛ2) і Mg—Al—Zn (МЛ3, МЛ4, МЛ5), перед заливкою у форми модифікують. При литві в земляні форми відливання з немодифіцированого розплаву мають грубозернисту структуру і знижені механічні властивості. Модифікацію магнієвих сплавів проводять двома методами:

1. Модифікація перегрівом сплаву до  $850$ — $900^{\circ}\text{C}$  після рафінування і витримкою при цих температурах 15—5 мін відповідно з подальшим охолодженням до температури заливки  $680$ — $720^{\circ}\text{C}$ . Однак тривала витримка при цих температурах не допускається, оскільки ефект модифікації пропадає. Модифікацію перегрівом пояснюють наявністю в розплаві заліза (0,02—0,03%) і марганцю (0,2%), оскільки без цих елементів в сплаві модифікації перегрівом не спостерігають. При високих температурах залізо і марганець утворюють додаткові центри кристалізації. Цей спосіб досить простий (не потрібні спеціальні матеріали), але підвищує ту, що окисляється розплаву, вимагає додаткової витрати палива, знижує продуктивність і збільшує знос металевих тиглів.

2. Модифікація за допомогою введення в розплав вуглерод-содержащих речовин: графіту, вуглецевих солей (мела, мармуру, магнезиту), а також інших легкорозкладаючихся з'єднань, що містять вуглець, наприклад гексахлоретан  $C_2Cl_6$ . Найчастіше застосовують крейду і магнезит із-за доступності, дешевизна цих матеріалів і достатньо високої їх ефективності. При модифікації крейдою (0,5—0,6% від маси шихти), магнезитом (0,3—0,4%) або гексахлоретаном (0,2—0,3%) шматочки цих речовин вводять в розплав при температурах 720—760° Із за допомогою дзвоника. При високій температурі мів або магнезит розкладаються з утворенням  $CO_2$ . Вуглекислий газ вступає в реакцію з магнієм з випаданням в осад вуглецю або карбідів магнію, яким приписують роль додаткових центрів кристалізації, що подрібнюють зерно. Перевагою цього способу є відсутність необхідності зайвого перегріву, а недоліком — небезпека внесення до розплаву вологи, присутньої в крейді і магнезиті, що може викликати підвищену газонасиченість і мікропористість відливаних. Зручніший для цих цілей гексахлоретан, який при розкладанні виділяє хлор, що проводить одночасно рафінуючу дію. Модифікацію зазвичай проводять при приготуванні робочих сплавів, і потім метал додатково рафінують. Після модифікації і рафінування проводять розливання при необхідній температурі різними способами залежно від способу плавки.

### Практика плавки в стаціонарних тиглях

Магнієві сплави схильні до сильного окислення на повітрі і спалаху, що не дозволяє плавити їх по загальній схемі плавки інших кольорових сплавів, а саме: плавка в печі певної ємкості, випуск в ковши і розливання з ковшів в ливарні форми. Всякий додатковий перелив металу для магнієвих сплавів є небажаним. Крім того, своєрідність рафінування викликає необхідність застосування тиглів на кінцевій стадії приготування сплаву. Мала поверхня окислення, можливість легко обігрівати тигель без зіткнення газів з розплавом зробили спосіб плавки магнієвих сплавів в тиглях широко поширеним.

При роботі із стаціонарними тиглями плавку ведуть в сталевих товстостінних литих тиглях, а розливання по формах проводять за допомогою ручних ковшів чайникового типу (зачерпують метал із стаціонарного тигля). Застосовується цей спосіб для отливки дрібних деталей при масовому і

великосерійному виробництві, особливо при кокільному литві і литві під тиском. Цей метод придатний як при приготуванні попередніх, так і робочих сплавів. Приготування робочого сплаву в стаціонарних печах тиглів найзручніше вести при одночасній роботі трьох печей (мал. 41). У одному тиглі (скрапі) мал. 41, а задалегідь переплавляють під флюсом відходи виробництва (літники, брак і ін.), тобто найбільш забруднену частину шихти. Рідкий метал з цієї печі після рафінування переливають в інший тигель (роздаточний), що обігрівається, мал. 41, би, в якому знаходиться задалегідь розплавлений ( $750\text{—}850^\circ\text{C}$ ) флюс. У тигель потім довантажують необхідні за розрахунком шихти чушки попереднього сплаву. Після розплавлення всієї шихти вводять берилій, потім сплав модифікують і рафінують.

Далі метал вистаївається протягом 15—20 мін, а потім проводять розливання по формах: зачерпують метал уручну спеціальними ковшами. Вичерпують не більше 80% металу, наявного в тиглі, щоб в ковши не попадав забруднений флюс, що осів після рафінування на дні тигля. Після закінчення розливання роздаточний тигель знов завантажують шихтою в послідовності, описаній вище. Через певну кількість плавок забруднені шлаки, що скупчилися на дні тигля, видаляють і наплавляють свіжий флюс, потім в тому ж порядку проводять завантаження металу і т.д.

При плавці в стаціонарних тиглях застосовують флюс ВІ2, який на відміну від ВІ3 більш жідкотекуч і еластичний, легко відводиться убік при зануренні розливного ковша у ванну. Витрата флюсу складає приблизно 5—6%. Недоліком цього способу плавки є все ж таки наявна небезпека попадання флюсу у відливання при недбалому зачерпуванні металу...

## 6.закрепление

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [1, с 334 – 335]

## Лекція № 15

### Вибівка, обрубвання і очищення відливань

#### 1. вибівка, очищення, обрубвання, хімічна і термічна обробка відливань

Вибівку піщаних форм здійснюють також, як і при виготовленні відливань з алюмінієвих сплавів. Вибівку стрижнів проводять за допомогою пневмозубіл і простих вібраційних машин. Обрізання літників і прибутків на крупних відливаннях ведуть на стрічкових пилах; дрібні відливання обрубують на пресах за допомогою обрубних штампів. Після обрубвання і видалення прибутків відливання піддають дробеструйной очищенню з метою видалення пригару. Як дріб використовують дрібні шматочки алюмінієвого дроту. Перед надходженням на обробні операції і термічну обробку відливання проходять хім. обробку по слід. схемі:

1. промивка в гарячій воді;
2. обробка в розчині азотної кислоти (20-30г/л) при кімнатній температурі в перебігу от 15с. до 2мин;
3. промывка в холодній проточній воді в тіченії-2, 3мін.;
4. оксидирование в розчині, що містить: 40-50г/л двуххромокислого калія; 60-80г/л азотної кислоти ( $\rho=1,4\text{г/см}^3$ ); 0,75-1,25г/л хлористого амонія; остальное - вода. Тривалість оксидування 0,5-2мин. Температура розчину 70-80°C;
5. промывка в холодній проточній воді в перебігу 1-2мин;
6. промывка в проточній гарячій воді 1-2мин;
7. сушка стислим повітрям. Обрубвання і зачистку (шабровку) відливань з магнієвих сплавів проводять тими ж способами, що і відливок з алюмінієвих сплавів (пневматичні зубила і шарошки). Тирса, стружка і стружка магнієвих сплавів легко запалали. По цьому при зачистки і механічній обробці відливок необхідно приймати запобіжні засоби, обумовлені правилами роботи із займистими матеріалами. Після обрубвання і шабровки відливання піддають термічній обробці як з метою зміцнення, так і для зняття внутрішньої напруги. Нагріваючи відливок під гарт і для старіння ведуть в електричних шахтних печах



в захисній атмосфері (що містить 0, 5-1% сірчистого газу) з примусовою циркуляцією. Для попередження місцевого перегріву відливань в результаті тепловипромінювання від нагрівальних елементів печі забезпечують екранами. Після термічної обробки відливання не пізніше, ніж через 3-е доби, знов піддають хім. обробці, а іноді і консервації шляхом їх занурення на 3-5мин. у рідке гарматне мастило при 110°C і упаковці в парафіновий папір. Такий захист дає можливість зберігати відливання більше місяця.

Контроль якості відливань з магнієвих сплавів і виправлення дефектів здійснюють методами, вживаними для алюмінієвих сплавів.

#### б.закрепление

Домашнє завдання: вивчити матеріал з [4, с 158 – 156]

## Лекція № 16

### Техніка безпеки і пожежна безпека..

#### 1. ТБ ППБ при плавці магнієвих сплавів.

По ступеню небезпеки в пожежному відношенні магній і магнієві сплави можна розділити на три групи.

До першої групи відноситься магнієвий пил, котра в сухому зваженому стані спалахує з вибухом при 450-480°C, а в вологому стані запалає при 360-380°C. Небезпечна концентрація пороши в зваженому стані складає 25 мг/м<sup>3</sup>.

До другої групи відносяться тирса і стружки, сконцентровані в значній кількості. Найбільшу небезпеку представляють тирса і стружки, коли вони зволожені. Суха стружка горить спокійно, сліпуче білим світлом, запалала вона при 480-510°C. При горінні магнієва розвивається висока температура - до 2800°C. Зволожена стружка горить більше інтенсивно з тріском і бавовною.

До третьої групи відносяться компактні вироби у вигляді фасонних деталей, злитків і інших крупних шматків. Гасити водою або пінними вогнегасниками сплави, що зажеврили, не можна оскільки може відбутися вибух. При взаємодії магнію з водою виділяється водень, який утворює з киснем гримучу суміш (при зміні  $> 9\% \text{H}_2$ )

Універсальним засобом для гасіння магнію є сухий мелений флюс, вживаний при плавці магнієвих сплавів (ВІ2 ВІ3). Запас цих флюсів повинен постійно знаходитися на робочих місцях і зберігатися в герметичній тарі. Для гасіння пожеж магнієвих сплавів при обробці різанням застосовують патрони заряджені флюсом. На гасіння одного кг магнію потрібно 100 гр. меленого флюсу, або на 1кг. магнію до 2-х кг сухого кварцового піску, або сухого графіту в пороші, або сухого магнезиту, або окислу магнію. Приміщення, призначене для плавки і розливання магнієвих сплавів, повинне бути ізольоване вогнестійкими стінами і металевими перекриттями. Від кожної плавильної печі повинен бути запасний вихід на випадок пожежі.

б.закрепление:

Домашнє завдання: вивчити матеріал з (1, с 374:3, с 415)

## Лекція № 17

### Сплави на основі нікелю, їх склад і галузь застосування

#### 1. властивості нікелю.

Нікель є одним з найважливіших промислових металів. Він широко використовується в сучасній техніці як конструкційний і електротехнічний метал. Нікель - основа найбільш поширених в даний час жароміцних сплавів, що йдуть на виготовлення відповідальних деталей і вузлів газотурбінних двигунів і енергетичних установок. Нікель є основою сучасних жаростійких і корозійних сплавів.

Нікель відноситься до важких кольорових металів ( щільність 8.9 г/см<sup>3</sup>),  $t_{пл}=1453-1455^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{шш}=2900^{\circ}\text{C}$ . Нікель володіє ферромагнітними властивостями, менш сильними, чим залізо. Нікель відрізняється високою корозійною стійкістю в атмосферних умовах, в прісній і морській воді, а також в багато харчових і інших органічних середовищах. Металургійна промисловість випускає декілька марок електролітичного нікелю домішок, що відрізняються змістом.

Марки: (99,985%нікеля) (99,92%) (99,92%) (99,65%) (97,9%) (96,9% нікеля)

Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4 ГОСТ 849-70.

Найбільш шкідливими домішками є S, O<sub>2</sub>, C. Эти домішки розчиняються в рідкому нікелі, а при кристалізації виділяються у вигляді евтектики: Ni-сульфид Ni(NiS) - вона плавиться при 645°C і викликає горячеломкость Me при обробці тиском; Ni-NiO і Ni-графіт по межах зерен - погіршують пластичність Ni. Вісмут (Bi) і свинець (Pb) викликають горячеломкость Ni; сурма (Sb) і миш'як (As) погіршують оброблювану тиском; фосфор (P) і кадмій (Cd) різко знижують його механічні, фізичні, технологічні властивості. Ni технічної чистоти використовують у вигляді листів, стрічок, прутков, труб для роботи в агресивних середовищах. Механічні властивості:  $\sigma_{\text{т}}=450\text{МПа}$ ;  $\sigma_{\text{с}}=220\text{МПа}$ ;  $\delta=35-45\%$  (у литому стані  $\delta=10-30\%$ )

## Зклад і властивості нікелевих сплавів

Промислові сплави класифікують по хім. складу і по області застосування. Области застосування вони підрозділяються на жароміцних, жаростійких, корозійне - стійкі і спеціальні (з особливими фізичними властивостями). Жароміцні сплави - найбільш важлива група сплавів на основі М. До них відносяться складно-леговані ливарні сплави серії ЖС, ВЖЛ (ЖСЗ, ЖС, ЖС6К, ЖС6У, ВЖЛ 12 і ін.). Вони використовуються в сучасних газотурбінних двигунах. З жароміцних № сплавів роблять робочі лопатки і диски і турбіни, що направляють лопатки, камери згорання газотурбінних двигунів. Використання цих сплавів дозволило підвищити температуру газів на виході в турбіну з 800 до 1100°C, що привело до значного підвищення потужності, зменшення витрати палива, збільшення ресурсу і надійності роботи двигунів.

По хімічному складу жароміцні сплави відносяться до складно легованим. Основними легир. Елементами є: Сг (10-25%), А1(0, 5-6,0), І (1,0-3,0%). А1 і Сг забезпечують стійкість до окислення, тоді як Сг і Т1 підвищують стійкість до газової корозії. Основою багатьох жаростійких сплавів є система №-8г. Легування № хромом приводить до сильного підвищення стійкості проти окислення при високих температурах. Висока жаростійкість сплавів нікелю з хромом обумовлено освітою під тонким зовнішнім шаром оксиду МО другого окисного шару Споз, а також проміжного шару шпінелі Мсп. Сплави № з 15-20%Сг отримали назву «ніхромов». До них відносяться Х10 Н90, Х20 Н80, Х40 Н60, Х50 Н50 і ін.

Жаростійкі нікелієві сплави володіють підвищеним електричним опором, тому ніхроми і ін. близькі по складу сплави використовують як нагрівальні елементи електричних печей опору що працюють при  $t = 1000-1200^{\circ}\text{C}$ . Сплави цієї групи використовують для виготовлення пічної арматури, захисних трубок термопар і ін. деталей.

До корозійний-стійких і спеціальних сплавів відносяться сплави на основі системи №-Си(№-Си-8ь№-Си-8п і ін.), №-81, М-рові. Сплави на основі системи №-Си відрізняються високою стійкістю в різних середовищах (сірчана органічні кислоти, розчини лугів, морська вода атмосфера пари при 350-450°C), антифрикційними властивостями і стабільністю хутро. властивостей при підвищених температурах Моненль і нікелева бронза (0, 5-1, 0%Ре, 33-43%Си, 5-10%8п, 1%2п, і М остальное), (Нмжмц 28-2, 5-1, 5) -наиболее поширені сплави

системи №Сн. Відливання з монелей застосовують для виготовлення клапанів робочих коліс і корпусів насосів, втулок, кранів і ін. деталей, що працюють в агресивних середовищах. Нікелеву бронзу використовують для виготовлення литих втулок, кілець ущільнювачів і ін. деталей, що працюють на тертя в агресивних середовищах. У хімічному машинобудуванні застосовують литі деталі, виготовлені із сплавів системи №-Мо. Сплави, що містять близько 30% Мо і 5%Рс, стійкі в соляній кислоті будь-якої концентрації при високих температурах. Хорошою корозійною і антифрикційною стійкістю у ряді агресивних середовищ володіють деталі, виготовлені з подвійних сплавів Ні з А1, Ве, Ті і Si. Ряд сплавів на нікелевій основі (хромель, алюмель, копель) застосовують для виготовлення термоелектродної проволікаї.

6.закрепление.

7 .итог занятия: оцінки

8 Д/З: (2с 248 – 252)

## Лекція № 18

### Плавка Ni-х сплавів, формування і заливка.

#### 1 .плавка Ni-х сплавів

Особливості нікелю і нікелевих сплавів повішена схильність до взаємодії з газами пічної атмосфери. На поверхні рідкого Ni при плавці, наприклад, у відкритій індукційній або дуговій печі, тобто в атмосфері що містить кисень утворюється щільна плівка NiO, яке захищає Ni від окислення. Проте сплави Ni містять Cr, Si, Al, Ti і ін. елементи, які відновлюють плівку по реакціях типу:  $NiO+Me=MeO+Ni$

На поверхні рідкого нікелевого сплаву утворюється складне окисна плівка шлак, яка не є вже захисною і не перешкоджає окисленню елементів великою спорідненістю, що володіє, до кисню. Відбувається розчинення водню і азоту. У зв'язку з цим сплави на основі М Al, що містять, і Ti, плавлять у вакуумних печах, а для решти сплавів застосовують покривні флюси, що обмежують доступ газів до рідкого сплаву і проводять рафінування. У складі флюсів використовують SiO<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, CaO, MgF<sub>2</sub> і ін. з'єднання, наприклад: кальциновану соду і т.д.

Технологія плавки близька до технології плавки високолегованих сталей. Разом з шихтою завантажують покривний флюс, наприклад: скляний бій, суміш 50% CaO і 50%CaF<sub>2</sub> або MgF<sub>2</sub>. Si і Mn вводять у вигляді лігатур після розплавлення 1ой порції шихти (повернення, лом частина № і мідь) і додають частинами катодний №. При цьому ретельно стежать за тим щоб метал протягом всієї плавки був закритий шаром флюсу завтовшки 10-15мм. Після розплавлення всіх елементів метал перегрівають до необхідної температури і проводять комплексне розкислювання. Основним розкислювачем є вуглець, який вводиться або лігатурною Ni-C, що містить 1, 5-2% З, або графітним боєм.

Плавка Ni-х. сплавів у вакуумі переважна, оскільки дозволяє отримати сплави з високими механічними і спеціальними властивостями за рахунок мінімального вмісту газів і неметалічних включень в сплаві. Після розкислювання розплав перемішують нікелевою мішалкою, витримують в перебігу декількох хвилин і при 1550-1650°C заливають у форми. Щоб уникнути попадання флюсу в порожнину форми його згущують. З цією метою на

поверхню розплаву засипають мелений магнезит в кількості 0, 2% від маси шихти.

## 2.особенности технології виробництва фасонних відливань

Фасонні відливання з М-х. сплавів виготовляють литвом в разові форми-песчание і керамічні (по моделях, що виплавляються, і ін.). піщані форми застосовують для виготовлення щодо масивних і великих по габаритах відливань. Оскільки №-х. сплави мають велику лінійну усадку (2%) і схильні до газонасичення, піщані форми повинні бути податливі і мати низьку газотворність і високу газопроницаемость-(не менше 80см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>). для виготовлення відливань, що працюють при підвищених тиск, застосовують сухі забарвлені форми; для менш відповідальних відливань з товщиною стінок <15мм-сирі і підсушені. Як протипригарна присадка у формувальну суміш вводять до 5% графіта.

Для заповнення ливарних форм розплавом застосовують системи літників, що розширюються, з нижнім або щілистим розосередженим підведенням металу в тонкі частини відливань, що забезпечують рівномірний розподіл температури по їх перетину. Для запобігання незалівов живильники повинні мати великі площі перетину і малу (не <15мм) довжину. Направлене твердіння відливань забезпечують застосуванням холодильників і установкою прибутків над масивними вузлами. Керамічні форми по постійних моделях (по Шоу-процесу) виготовляють з формувальних мас, що складаються з гідролізованого етілсиліката, маршаліта, сухого кварцового піску і керамічної крихти.

Для огелівання етілсиліката до складу суміші вводять луг або інший гелеобразователь. Формувальну суміш заливають в опоки зі встановленими в них модельними комплектами. Крупні ливарні форми роблять двошаровими: облицювальний шар з кераміки на Етил силікаті, а наповнювальний - з жідкостекольной змішай. Сушку форм ведуть випалюванням спирту. Для цього після витягання модельного комплекту форми підпалюють факелом. Потім напівформи прожарюють при 850-950°С протягом декількох годинників, а потім охолоджують в місці з піччю до 400-450°С, а потім на повітрі.

Метал перед заливкою нагрівають до 1600-1700°С. Заповнюють форми через системи літників, що розширюються, з підведенням Ме по висоті форми.

Об'єм прибутку зазвичай приймають на 20-50% більше об'єму живленого вузла. Ефективність прибутків підсилюють, обігрівуючи їх екзотермічними сумішами. Прибули і літники відокремлюють за допомогою керамічних абразивних кругів або газовим різанням. Керамічні стрижні видаляють вилуговуванням в розчинах лугів. Широке розповсюдження для серійного виробництва складних по конфігурації тонкостінних відливаних з жароміцних сплавів отримали модельні склади, що виплавлялися і водорозчинні.

Після заливки форм їх охолоджують до 50-15 0°С і проводять вибівку блоків відливаних на вибивних гратах і поворотних машинах, попереднє очищення, відділення системи літника і т.д. Залежно від вимог до якості відливаних застосовують контроль наступних параметрів: хім. складу, розмірів відливаних, механічних і конструкційних властивостей, структури відливаних, а також наявність тріщин, рихлості, пір, оксидних включень і ін. Внутрішні дефекти (пори, рихлість і т.д.) виявляють рентгенівським просвічуванні. Дефекти відливаних (пори, тріщини і т.д.) виходять на їх поверхню, виявляють люмінесцентним контролем і методом кольорової дефектоскопії



## Лекція № 19

### Сплави на основі Ті Ливарні і механічні властивості, галузь застосування.

#### 1. властивості Ті

Титан плавиться при температурі плавлення=1668°C, температура кипіння=3000-3027°C. Щільність титану при кімнатній температурі = 4, 57г/см<sup>3</sup>, а при температурі кристалізації=4, 1г/см<sup>3</sup>. Хутро. властивості залежать від його чистоти і коливаються в межах:  $\sigma_{0.2}$  =200-700МПа,  $\delta_5$ =20-60%, НВ=900-1540МПа. Титан високої чистоти володіє хорошою пластичністю і низькою міцністю (при 20°C  $\sigma_{0.2}$  в=200-250МПа,  $\delta_5$ =50-60%). Титан технічної чистоти містить домішки: кисень (О) ]Ч,Н,С і ін., які збільшують твердість і міцність титану, зменшують його пластичність.

У ряді агресивних середовищ титан володіє високою корозійною стійкістю, яка в більшості випадків вище, ніж у кращих марок неіржавіючих сталей. Така поведінка титану пов'язана з освітою на його поверхні щільній оксидній плівці TiO<sub>2</sub>, яка захищає Me від окислення до температури 300-500°C. Титан стійкий в розбавленій до 5% сірчаної кислоти, оцетовій і молочній кислотах, сірководні, у вологій хлорній атмосфері, в морській воді і у ряді ін. агресивних середовищ. У місці з тим титан інтенсивно взаємодіє з плавиковою, соляною кислотами, з гарячими розчинами щавлевою, трихлоруксусної і трифторуксусної кислот, з галогенами. При температурі вище 500-700°C оксидна плівка розтріскується і її захисні функції різко знижуються. Тому при високих температурах і особливо в рідкому стані титан активно взаємодіє практично зі всіма простими і складними по хим. складу речовинами, особливо з газами: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, водяною парою і ін. Титан отримують магнійтермічним способом. Початковою сировиною є руда. З руди отримують магнієву губку, яка є сировиною для виробництва титана і його сплавів. Вона є пористим безформним матеріалом сірого кольору з порівняно не великою щільністю. Шляхом переплавлення у вакуумних печах, титанова губка переробляється в компактний метал-злиток. Титанова губка містить домішки: O, N, H, Fe, Mg, Si, C, S і ін. Ці домішки роблять істотний вплив на властивості титану і його сплавів. Із збільшенням змісту O, N, C, Fe різко зменшується пластичні характеристики титанових сплавів із збільшенням міцності і твердості. Н (водень) - особливо шкідлива домішка титанових сплавів, що призводить до

різкого зниження ударної в'язкості сплаву і його окрихчування (воднева крихкість).

Твердість титану залежить від його хім. складу. Хім. склад і марки титанової губки регламентовані ГОСТ 17746-72. ТГ- 90(НВ 900 Мпа); ТГ-100 (НВ ЮооМпа); ТГ110; ТГ120; ТГ150; (НВ 1500МПа) зберігають титанову губку в алюмінієвих барабанах.

## 2.состав і властивості Ti-х сплавів

Титан і його сплави володіють високою міцністю при малій щільності. Деталі з титанових сплавів при однаковій масі з деталями, виготовленими з ін. конструкційних сплавів, виявляються приблизно в 2раза міцніше із збільшенням температури |-ет. Титанові сплави відрізняються високою хімічною стійкістю при температурах дозоо-500°C. Вказані властивості титанових сплавів визначають широке використання їх в авіаційній, суднобудівельній хімічній і ряду ін. галузей промисленностей. До недоліків титану і його сплавів відносяться:

1 висока хім. активність при високих температурах особливо в рідкому стані (плавка і литво, зварка, обробка тиском і ін.);

2.плохе оброблювання різанням;

3. висока вартість виробництва титану в порівнянні з Ре, А1, М§, Сі. З ливарних титанових сплавів можна отримувати складні по конфігурації і тонкостінні фасонні відливання для деталей відповідального призначення. В значній мірі ливарні властивості залежать від величини температурного інтервалу кристалізації сплаву. Для промислових ливарних титанових сплавів ця величина невелика, вона не перевищує 50-70°C. Найбільш високою жідкотекучестью володіє сплав ВТ5Л. Це пояснюється тим, що алюміній знижує в'язкість рідкого титану і підвищує теплоту кристалізації. Сплави ВТ9Л і ВТ21Л окрім алюмінію містять добавки (Мо, Fe, Cr, Zr, Sr), які збільшують інтервал кристалізації і ↓-ют жідкотекучесть.

Литейная усадка-0, 8-1, 2%

(ср. знач 0,95-1,0%)

Більшість титанових сплавів як легуючий елемент містять алюміній який ↑-ет жароміцності ↓-ет щільність, зростає корозійна стійкість. Алюміній впливає на ливарні і технологічні характеристики титану: зростає жідкотекучесть, сплави

добре зварюються. Вміст алюмінію в титані не повинен перевищувати 6-8%, оскільки прочностні і пластичні характеристики титану різко падають. Деталі, виготовлені із сплаву ВТ5 Л, володіють високою корозійною стійкістю і можуть працювати тривалий час до 400°C. Титанові ливарні сплави по структурі відносяться до групи однофазних  $\epsilon$ -сплавів (ВТ1Л, ВТ5Л) і 2-ух. фазних  $\epsilon$ -( $\beta$ )-сплавів (ВТ3-1Л; ВТ6Л, ВТ9Л; ВТ14Л). У міру збільшення суми легуючих добавок зростає від 350 до 930-980 МПа. Основою однофазних сплавів є система Тl-A1, а 2-ух. фазних-T1-A1-Mo-(Cr, V, Zr, Sr-стронцій).

Сплав ВТ5Л найширше використовується для фасонного литва. Він володіє хорошими ливарними властивостями, простотою складу; не схильний до утворення гарячих тріщин, ливарні дефекти добре зварюються аргонодуговою зваркою.  $\sigma_{0.2} = 700-800$  МПа,  $\beta = 6/13\%$ . Сплав ВТ5Л зазвичай застосовується без термообробки. Сплав ВТ3-1Л найміцніший з ливарних сплавів, але має нижчі ливарні властивості і пластичність, чим сплав ВТ5Л. Сплав ВТ3-1Л характеризується термічною стабільністю і підвищеною жароміцністю; відливання працюють тривало при температурі до 450°C. Міцність ливарного сплаву  $\sigma_{0.2} = 1050$  МПа, а межа витривалості в литому стані низька. Це недолік всіх ливарних титанових сплавів. Сплав ВТ9Л володіє підвищеною жароміцністю і призначений для роботи при температурі 500-560°C.

Отже, маркіровка титанових сплавів проводиться ВТ і числом -умовним номером що не має відношення до хим. складу. У ливарних сплавів в кінці маркіровки ставиться «Л».

6.закрепление: титан-температура плавления=1668°C температура кипения=3027°C його сплави тугоплавкі, оскільки температура плавлення титану більше температури плавлення Р(1539°C)

7.итог занятия: оцінки

8 Д/З: (2с 260-270 Курдюмов)

## Лекція № 20

### Плавка титанових сплавів і формування

#### 1. особливості плавки титанових сплавів.

Разом з газами титан взаємодіє зі всіма вогнетривкими матеріалами. Висока хім. активність обуславлює необхідність плавки титана і його сплавів у вакуумі або атмосфері інертних газів. Найбільшого поширення набули вакуумні установки, плавка Me в якій здійснюється в дугових печах з електродом, що витрачається, в графітових гарнісажних тиглях мал. 1.

Для виготовлення тиглів використовують щільні сорти електродного графіту. Для запобігання розчиненню вуглецю в титан на внутрішню поверхню тиглів наморожують шар Me 1 (гарнісата), оптимальна товщина якого 50-60мм в даній частині і 12-16мм по стінках. Суть гарнісатного способу плавки полягає в наступному. Рідкий Me 2 наплавляється в гарнісатном плавильному тиглі, 3 за рахунок нагріву і розплавлення торцевої частини електроду, що витрачається, 4 і стікання крапель рідкого Me в тигель.

Нагрівання і розплавлення здійснюються електричною дугою. По хім. складу Me електрод, що витрачається, 4 відповідає тій марці сплаву, з якого виготовляється відливання. Перед початком кожної плавки на дно гарнісатного графітового (або мідного) тигля укладають до 30% від маси плавки крупнокуськових відходів власного виробництва (прибули, стійкі, брак відливань), що пройшли хутро. і хім. очищення. Хутро, очищення проводять в голтовочних барабанах, на дробеструйних і дробеметних установках - 2-8 годин.

Після механічного очищення розпушують окислені поверхневі шари відходів в розчинах (наприклад 500-700г/л ИАОН і 150-250 г/л ИАЖ) 2). Час обробки 0,5-2ч при 130-145°C розчину. Потім відходи промивають в теплій і холодній воді і піддають тому, що труїть в кислотному розчині (60-70мл/л №804(8=1,84г/см<sup>3</sup>) і 60-140 мл/л НР (8= 1,13г/см<sup>3</sup>). Швидкість того, що труїть - 0,2-0,5 мм/ч. Очищені відходи промивають в холодній воді і сушать при 110-

150°C. Після завантаження відходів пекти герметизують і приварюють електрод до огарка. Потім запалюють дугу, і електрод, що витрачається, і кускові відходи плавляться і рідкий Me накопичується в гарнісатном тиглі. Плавку ведуть до тих пір, поки не буде наплавлено необхідну кількість рідкого Me.

В процесі плавки товщина гарнісата 1 не повинна істотно змінитися. Підтримка оптимальної товщини гарнісата забезпечується вибором і регулюванням потужності ел.дуги і інтенсивністю відведення тигля за допомогою системи водяного охолодження 5. Після наплавлення необхідної маси жідк. Me його розливають по ливарних формах. Тиск в камері плавильної-заливальної установки в період плавки і розливання слід підтримувати 0,13-1,33Па.

## 2.особенности формования.

Основні особливості пов'язані з хім. активністю титанових сплавів високою температурою литва і необхідною щільністю титану і його сплавів. Для попередження насичення Me домішками форми виготовляють з високовогнетривких і найбільш хімічно стійких по відношенню до титанових матеріалів. Для отримання відливаних використовують разові форми (набивніє, пресовані, оболочковіє, по моделях, що виплавляються), а також металеві (литво в кокіль, литво під тиском).

Вогнетривкою основою для виготовлення разових форм служать матеріали:

- а) вуглецеві (графіть, кокс, і ін.) - найбільш поширено застосування;
- б) керамічні (вогнетривкі оксиди, карбіди, нітриди, борид) з вогнетривких оксидів (Al-оксид Al(електрокорунд), магнезит, 2Юг) виготовляють в основному форми, що отримуються по моделях, що виплавляються, а також форми, що отримуються набиванням і пресуванням. З метою підвищення хім. інертності керамічних форм на їх робочу поверхню іноді наносять вогнетривкі покриття, що складаються з вольфраму, молібдену, графіту, і ін. матеріалів.

Методи литва в кокіль і під тиском знаходять обмежене застосування у зв'язку з невисокою стійкістю сталевих або чавунних форм. Значна різниця в температурах литва (1750-2000°C) і форми (20-30°C), невисока жідкотекучість, а також неможливість забезпечити необхідний перегрів рідкого Me, істотно

погіршують наповнюваність форм рідким Me, а невисока щільність титанових сплавів і відсутність атмосферного тиску в камері печі не дозволяють створити необхідні умови для живлення і формування відливань. По цих причинах в більшості випадків заливки форм проводять у форми, що обертаються. Після відцентрових сил збільшує швидкість течії Me по каналах і порожнинах ливарної форми і покращує живлення відливання, що твердіє, з прибутків.

6. закріплення.

7. підсумок заняття: оцінки.

8. Д/З (З.с 270-273, 280-281)

## Лекція № 21

### Плавка Zn сплавів

#### 1. Особливості плавки Zn сплавів

Плавка Zn і його сплавів не викликає труднощі. У ливарних цехах, що проводять злитки, для плавки використовують електричні, індукційні і відбивні печі. У цехах литва під тиском плавку ведуть в печах тиглів в чавунних тиглях. Плавку чистого катодних Zn ведуть в індукційних печах із залізним сердечником, футірованих шамотом. Присутність в цих сплавах Al сприяє окисленню і газонасиченню. Як шихту використовують первинні Zn, чистий Al, сплави Zn літейніє в чавунах, сплави Zn в чавунах для литва під тиском. Шихта додається вільна від масла, вологи і ін. включень. Шихту необхідно завантажувати обережно щоб уникнути викидів Me. Zn і його сплави чутливі до перегріву, що може привести до втрати Zn на випаровування і до збагачення розплавів оксидами... Перегрів сприяє утворенню столбчатої структури, яка сприяє підвищенню схильності сплавів до утворення тріщин при утрудненій усадці і погіршення поведінки їх при обробці тиском. З цієї причини Zn не перегрівають вище 500С, а сплави ЦАМ - вище 550С. Рафінування Zn сплавів від газів і не Me включень проводять хлористий цинк або хлористим амонієм і перемішуванням розплаву до припинення виділення продуктів реакції. Глибше очищення може бути досягнуте при фільтруванні розплавів через дрібнозернисті фільтри з магнезиту, сплаву фторидів магнію і кальцію, хлориду натрію і ін. речовин. Технологія плавки сплавів системи Zn-Al-Cu проста. Для прискорення плавки і попередження перегріву розплаву Cu вводять в сплав у вигляді лігатури Al-Cu (50:50). Спочатку в пекти завантажують лігатуру, відходи і половину всієї кількості Zn. Поверхню шихти засипають деревним вугіллям. Завалення розплавляють і перегрівають до 530-550С. Потім завантажують Al, а після його розчинення - Zn. Сплав перемішують, знімають вугілля і шлак і вводять Mg. Після перемішування і видалення залишків шлаку при 420-450С проводять рафінування хлористим амонієм і переливають розплав в роздаточні печі, міксери машин безперервного литва злитків або розливають у виливниці. Під час переливу, якщо необхідно, розплави фільтрують через зернисті фільтри.

1. Закріплення:
2. Підсумок заняття: оцінки
3. Д/З: [3, с 312 – 315]