

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з лабораторних і практичних робіт до вивчення дисципліни

**«Технологія конструкційних матеріалів.
Ливарне виробництво»**

Електронне видання

Київ - 2017

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з лабораторних і практичних робіт до вивчення дисципліни

**«Технологія конструкційних матеріалів.
Ливарне виробництво»**

*Рекомендовано
Вченою радою ММІ
Протокол № 2 від 25.09.2017р.*

Київ - 2017

Методичні вказівки з лабораторних і практичних робіт до вивчення дисципліни
«Технологія конструкційних матеріалів. Ливарне виробництво»
для студентів усіх спеціальностей.

Укл.: Ю.В. Ключников, П.В. Кондрашев, В.В. Джемелінський, О.Т. Сердітов,
А.М. Лутай, О.О. Гончарук,-К., НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017. 58 с.
Електронне видання.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки з лабораторних і практичних робіт до вивчення дисципліни

“Технологія конструкційних матеріалів. Ливарне виробництво”

Укладачі:
проф. Джемелінський В.В.
доц. Ключников Ю.В.
доц. Кондрашев П.В.
доц. Сердітов О.Т.
ст. викл. Лутай А.М.
доц. Гончарук О.О.

Відповідальний редактор М.І. Анякін

Рецензент:
Шевченко О.В.

Зміст

ВСТУП.....	4
Практична робота № 31. ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ РАЗОВОЇ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ.....	5
Практична робота № 32. ВИВЧЕННЯ ЛИВАРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ І МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З УСАДОЧНИМИ РАКОВИНАМИ У ВИЛИВКАХ.....	15
Практична робота № 33. ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ТА ЛИВАРНОЇ УСАДКИ.....	21
Лабораторна робота №34. РОЗРОБКА МОДЕЛЬНО-ЛИВАРНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ.....	28
Варіанти технічних завдань	43
Лабораторна робота № 35. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ	49
Вимоги безпеки при проведенні лабораторних і практичних робіт.....	58
Література	58

ВСТУП

В лабораторному практикумі враховано досвід викладання дисципліни на кафедрі лазерної техніки та фізико-технічних технологій НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». До методичних вказівок входять матеріали для проведення лабораторних робіт і практичних занять з розділу «Ливарне виробництво».

Зміст кожної лабораторної та практичної роботи включає мету роботи, короткі теоретичні відомості для підготовки до її самостійного виконання, опис необхідного устаткування, інструментів і заготовок, методичні рекомендації щодо порядку виконання та розрахунків, складання письмових звітів.

З метою оволодіння знаннями та уміннями, а також набуття практичних навичок зміст кожної лабораторної роботи включає елементи наукових досліджень.

Для перевірки готовності до виконання роботи у кожній лабораторній та практичній роботі наведені контрольні запитання.

Перед початком кожної лабораторної роботи рекомендується проводити інструктаж з техніки безпеки.

Практична робота № 31

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ РАЗОВОЇ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ

Мета роботи - ознайомитися з модельним комплектом, виготовленням разової ливарної форми в двох опоках за роз'ємною моделлю та піщано-глинистого стержня в роз'ємному стержньовому ящику.

Короткі теоретичні відомості

У ливарному цеху фасонні деталі складної і простої конфігурації одержують методом заливання рідкого металу в ливарну форму - порожнину, яка відповідає конфігурації і розмірам майбутньої деталі. Деталі (або заготовки), які одержують у такий спосіб, називають відливками. Після затвердіння відливок вибивають з форми, обрубують ливникову систему, очищають від пригару формувальної суміші і піддають механічній обробці з метою знаходження точних розмірів. Тому в процесі виготовлення ливарної форми розміри її порожнини слід збільшити з урахуванням припусків і усадки металу, який заливають.

Стінки ливарної форми можна виготовляти з різних матеріалів піщаної суміші, гіпсу, алебастру, цементу, сплавів металів. Використовуваний матеріал визначає строк служби ливарної форми. Разові ливарні форми виготовляють з піщаної формувальної суміші. Її застосовують для одержання лише однієї деталі, оскільки при витягуванні готового відливка форма руйнується. Багаторазові ливарні форми виготовляють із сплавів різних металів, гіпсу, алебастру, шамоту, магнезиту, цементу та інших вогнетривких матеріалів. Ці форми можуть витримати багато заливок, Металева форма називається кокілем. Останній дає змогу одержувати від кількох сот до кількох десятків сотень тисяч відливок. Кількість відливок у одному кокілі залежить від температури плавлення металу, який заливають, маси та конфігурації одержуваного відливка.

Для виготовлення разової ливарної форми вручну потрібні: піщана формувальна та стержньова суміші, модельний комплект, парні опоки, формувальний інструмент.

1. *Формувальна та стержньова суміш* слугують для виготовлення стінок ливарної форми і стержнів, які утворюють порожнини у відливках. До цих сумішей ставляться такі вимоги: висока вогнетривкість (оскільки існує контакт з рідким металом), пластичність (для одержання чіткого відбитку моделі і стержньового ящика), газопроникність (щоб пропустити з форми газу, які виділяються з охолоджуваного рідкого металу), піддатливість (здатність не перешкоджати усадці затверділого металу для запобігання появи напружень і тріщин у відливку).

З метою забезпечення вказаних властивостей як наповнювач використовують зернистий кварцевий пісок і як в'язуче (для пластичності та міцності суміші) - глину (до 8...12% за об'ємом). Щоб запобігти пригару до металу відливка, у формувальну и стержньову суміші вводять незначну кількість протипригарних домішок: графіт, кам'яне деревне вугілля, кокс, циркон та ін. Домішки тирси, торфу та інших органічних речовин підвищують піддатливість сумішей.

У разі ручного формування використовують лицувальні і наповнюючі формувальні суміші. Лицувальні суміші 3 (рис.31.1) слугують для покриття робочої поверхні форми, яка контактує з рідким металом. У процесі формування її наносять на модель шаром товщиною 15...30 мм. Лицувальну суміш готують зі свіжих піску и глини, куди вносять до 10% протипригарних домішок. Наповнюючу суміш 2, яка є основною частиною ливарної форми, готують з відпрацьованої формувальної суміші, додаючи 5-10% свіжих піску и глини.

2. *Модельний комплект* використовують для виготовлення ливарної форми. До його складу входять: модель майбутнього відливка, один або кілька стержньових ящиків (якщо відливок має порожнини або отвори), моделі ливникової системи, підмодельна дошка. Для ручного формування модельний комплект виготовляють з деревини (клен, бук, сосна).

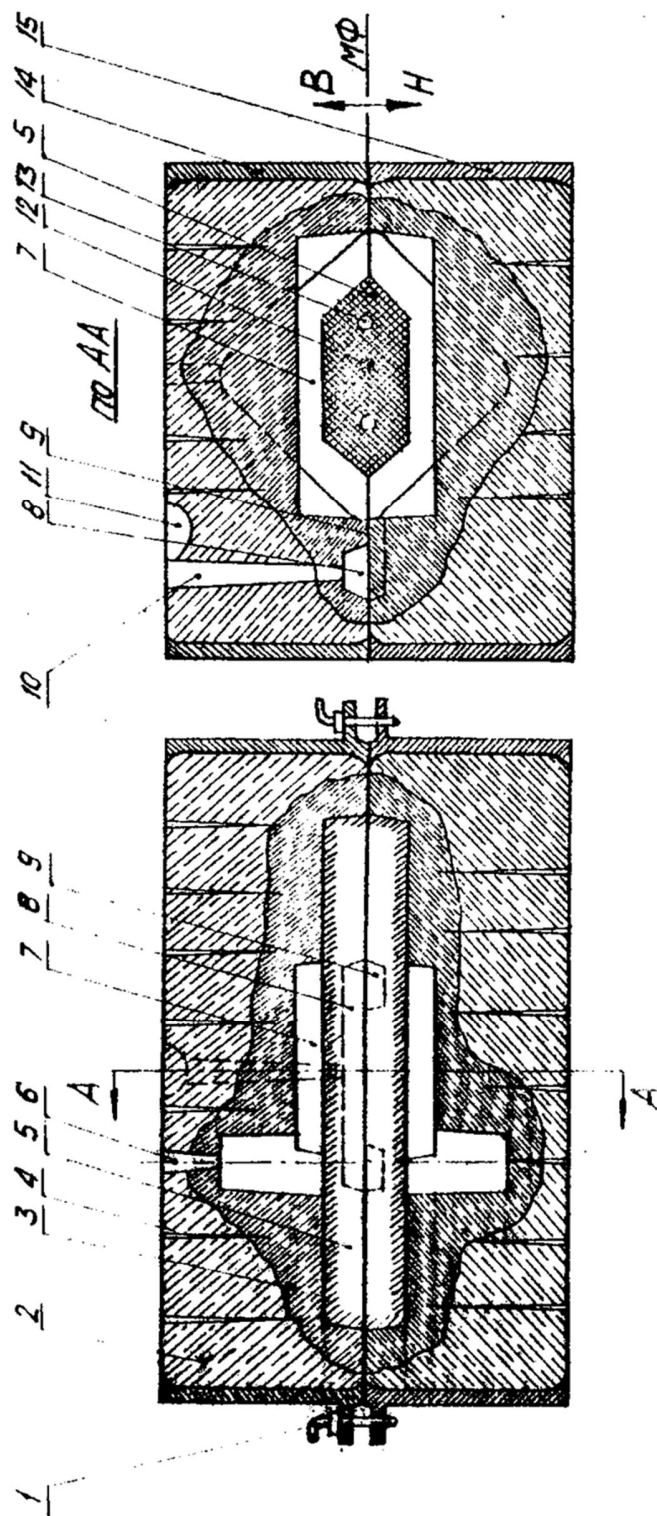


Рис.31.1

а) Модель призначена для одержання в ливарній формі відбитку порожнини, яка відповідає розмірам і зовнішній конфігурації відливка. Моделі можуть бути нероз'ємними та роз'ємними. Якщо конфігурація виливка проста, що дає змогу видалити модель, не руйнуючи ливарної форми, використовують нероз'ємну модель. Складні за конфігурацією відливки заформовуються в двох половинах ливарної форми. У цьому разі використовують роз'ємні моделі. Роз'єм полегшує видалення моделі з ливарної форми в процесі формування. З цією самою метою поверхні моделі орієнтовані вертикально (тобто перпендикулярно до площини роз'єму моделі), мають бути з формувальними ухилами в межах $0,5...3^\circ$ в напрямі видалення напівмоделі з форми. Отже, верхня і нижня півмоделі матимуть зустрічні формувальні ухили (рис.31.2). Оскільки розміри ливарної форми мають бути більшими за розміри готової деталі, її роблять більшими з урахуванням припусків на механічну обробку відливка та усадку металу. На рис.31.2 і 31.3 наведені креслення відповідно готової деталі і роз'ємної моделі для одержання відливка. Половинки моделі кріпляться і центруються одна відносно одної шипами 1. На відміну від деталі в моделі немає отвору, але в місцях виходу отвору зовні в неї є виступаючі частини 2 - стержньові знаки. Стержньові знаки моделі дають у ливарній формі відбитки, які є опорами для встановлюваного у форму стержня. На рис.31.1 і 31.3 роз'єм

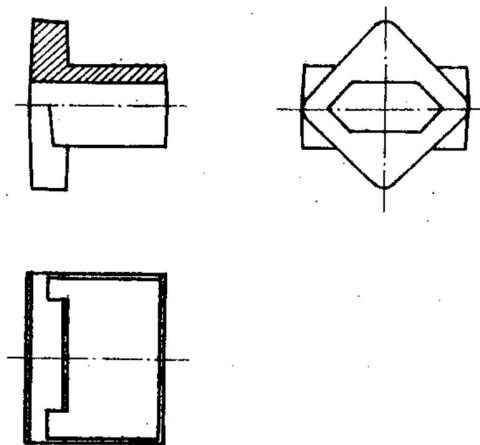


Рис.31.2

моделі і форми показано відрізком суцільної лінії, над яким пишуть літери РМФ а положення відливка в ливарній формі позначено літерами В (верх) і Н (низ) біля стрілок, які показують напрям роз'єму форми.

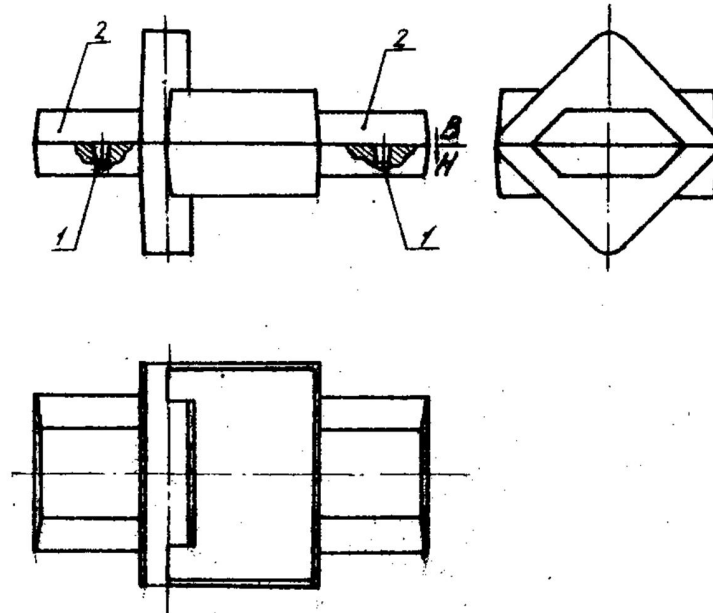


Рис.31.3

Після виготовлення, викінчення і перевірки розмірів моделі фарбують вологонепроникною фарбою певного кольору: червоним - для чавунного литва, синім - для сталюого, жовтим - для кольорового. Стерженьові знаки фарбують у чорний колір.

б) Стерженьовий ящик призначений для виготовлення в ньому піщано-глинистого стержня (рис.31.4), в якому є вентиляційні канали 1,3, що полегшує вихід газів, і для більшої міцності - металева дротяна арматура 2. Стержень установлюють на відбитки від стержньових знаків у готову ливарну форму, розріз якої показано на рис,31.1. Стерженьовий ящик також роз'ємний і половинки його центруються за допомогою шипів.

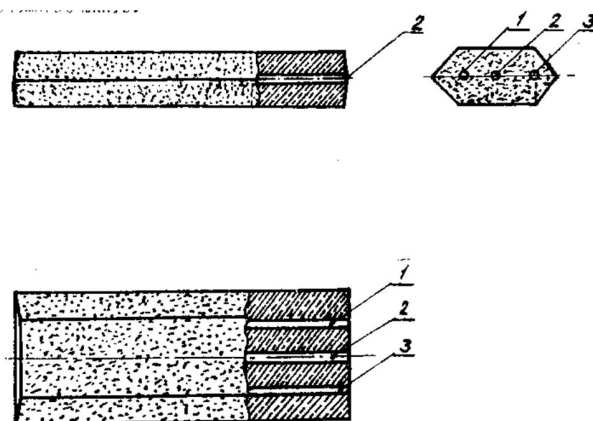


Рис. 31.4

в) Ливникова система - це система каналів, по яких рідкий метал потрапляє в порожнину ливарної форми. Після вибивання форми ливникову систему відокремлюють від відливка і направляють у переплавку.

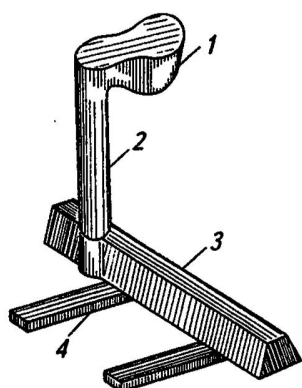


Рис.31.5

До складу ливникової системи входять (рис.31.5): ливникова чаша 1, що слугує для приймання рідкого металу з ковша, запобігання розбризкуванню, послаблення напору струменя і часткового відокремлення шлаку від металу; стояк 2 - вертикальний конусний канал, який з'єднує чашу зі шлаковловлювачем 3 - горизонтальним, трапецієдної форми каналом у верхній півформі, який перешкоджає потраплянню шлаку до порожнини ливарної форми ; живильники 4 - горизонтальні канали в нижній півформі, які безпосередньо живлять рідким металом порожнину форми 7 (див, рис.31.1). Елементи ливникової системи позначені так (рис.31.1): 8 — шлаковловлювач, 9 - живильник, 10- стояк, 11 - ливникова чаша та 6 – випори - вертикальні канали, які розміщують у верхніх точках виливка для видалення повітря з форми, коли її заливають, та для контролю заповнення форми металом. Неправильні конструкція і розміри ливникової системи призводять до утворення у виливку шлакових, земляних і газових раковин, недоливів, короблення, тощо. Щоб не було всмоктування повітря й шлаку у форму, слід

ливникову систему заповнювати рідким металом упродовж усього періоду заливання форми, а для цього між елементами ливникової системи, яка звужується, необхідне виконання співвідношення

$$\Sigma F_{жс} : F_{ш} : F_c = 1 : 1,2 : 1,4 ,$$

де $\Sigma F_{жс}$ - сумарна площа перерезу всіх живильників: $F_{ш}, F_c$ - площа перерізу відповідно шлаковловлювача та стояка.

г) Підмодельна дошка призначена для встановлення половини моделі площиною роз'єму вниз та опок у процесі формування.

3. Опоками називають металеві (зрідка дерев'яні) рамки, в яких виготовляють піщано-глинисту ливарну форму. Опока має бути легкою, міцною, добре тримати ущільнену формувальну суміш. При формуванні за роз'ємною моделлю використовують парні опоки 14 і 15, що центруються за допомогою з'єднувальних штирів 1. Це забезпечує повний збіг контурів виливка верхньої і нижньої півформ (див. рис.31.1).

4. Формувальний інструмент, який застосовують при ручному формуванні, доцільно поділити на формувальний і викінчувальний. Формувальну суміш в опоки засипають совковими лопатами і ущільнюють ручними (інколи пневматичними) трамбовками. Вентиляційні канали наколюють сталевими голками (душниками). Для видалення півмоделей з форми використовують підйомники. Виправляють готову форму викінчувальним інструментом: гладилками, ложками, ланцетами.

Порядок виконання роботи

Виготовлення стержня

Стержень у роз'ємному стержньовому ящику виготовляють у такій послідовності:

- робочу поверхню стержньового ящика протирають ганчір'ям;

- половинки стержньового ящика складають, центруючи по штіфтах, і скріплюють струбциною;
- у вертикально встановлений стержньовий ящик засипають стержньову суміш;
- по центру стержня вставляють каркас, змочений глинистою суспензією;
- трамбовкою ущільнюють стержньову суміш і гладилкою вирівнюють знакові частини стержня;
- душником наколюють у стержні вентиляційні канали;
- киянкою обстукують стінки стержневого ящика і знімають струбцину;
- обережно знімають одну половину стержньового ящика;
- на другу половину стержньового ящика зі стержнем накладають сушильну плиту, перевертають на 180°, після чого половину стержньового ящика знімають і стержень залишається на сушильній плиті;
- стержень разом із сушильною плитою відправляють на сушіння в піч.

Виготовлення форми

Послідовність операцій виготовлення разової форми за роз'ємною моделлю в двох опоках така:

- на підмодельну дошку кладуть нижню половину моделі і накривають нижньою опокою (Рис.6 а);
- півмодель покривають лицевальною сумішню шаром 15...30 мм, за-лишкову частину опоки засипають з надлишком наповнюючою сумішню;
- суміш в опоці ущільнюють ручною трамбовкою;
- лінійкою зрізають зайву стержньову суміш на одному рівні з опокою і голкою (душником) наколюють вентиляційні канали 4 (див. Рис.1), (Рис. 6,б);

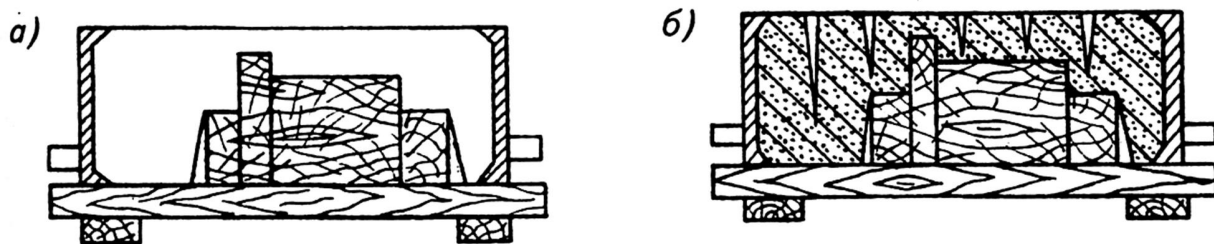


Рис.31.6 а,б.

- готову нижню півформу перевертають на 180° і на нижню півмодель установлюють (по шипах) верхню (Рис.31.6 в.);
- площину роз'єму нижньої півформи посипають відокремлюючим сухим піском і установлюють верхню опоку, з'єднуючи з нижньою за допомогою вушок і штирів;

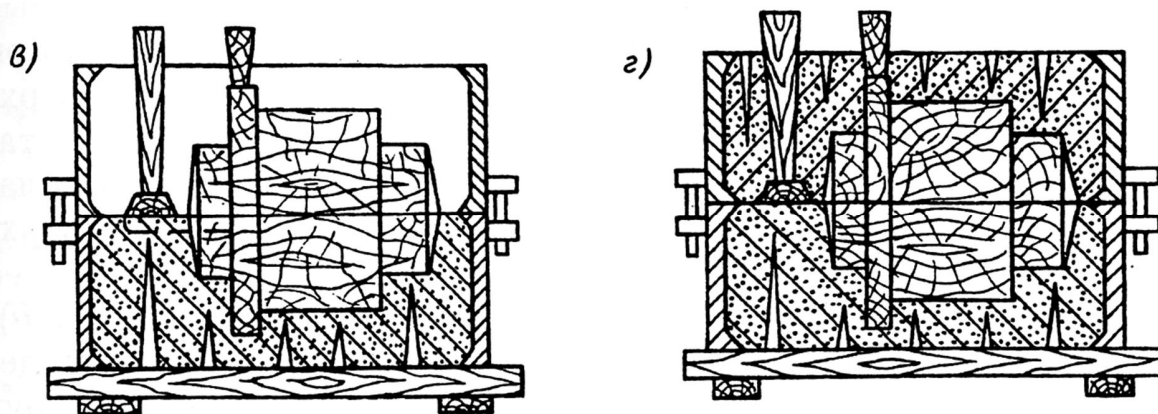


Рис.31.6 в,г.

- установлюють моделі ливникової система (живильники, шлаковловлювач, стояк: випори) і повторюють усі операції, які виконують під час набивання нижньої півформи (рис.31.6 г.);

- у готовій верхній півформі біля моделі стояка вирізують ливникову чашу;

- видаляють з верхньої півформи моделі стояк та випори (рис.31.6 д.);

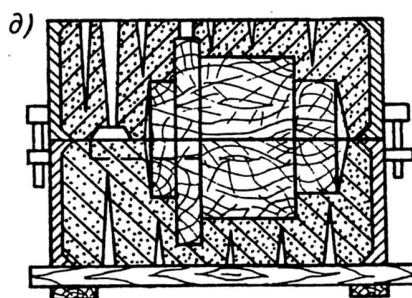


Рис.31.6 д

- знімають верхню півформу і установлюють поряд з нижньою, пере-вертаючи на 180° (догори площиною роз'єму);

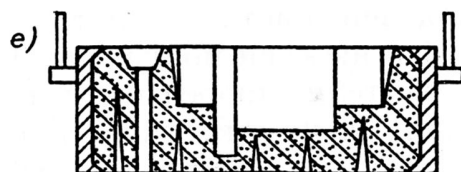


Рис.31.6 е

- підйомник забивають у півмоделі, розштовхують їх з боку в бік і обережно видаляють з півформ /верхньої і нижньої/;

- так само видаляють моделі живильників з нижньої та модель шлаковловлювача з верхньої півформ;

- форму виправляють і викінчують формувальним інструментом;

- у нижню півформу встановлюють готовий висушений стержень на стержньові знаки (рис.31.6, ж);

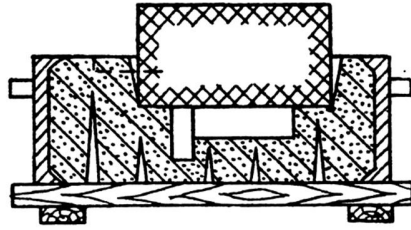


Рис.31.6 ж

- форму складають і навантажують(рис.31.6, з);

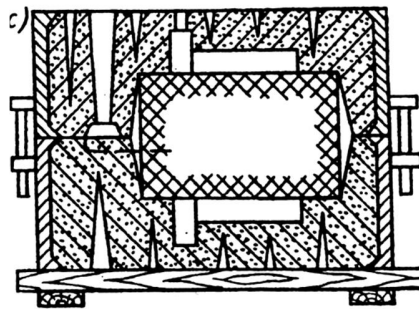


Рис.31.6, з

- складену форму заливають металом (рис.31.7) і після витримки вибивають готовий виливок



Рис. 31.7

Зміст звіту

1. Номер і назва роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Послідовність операцій при виготовленні стержня та форми.
4. Рис.31.3, 31.5 (виконуються в зменшеному масштабі безпосередньо в тексті підрозділу "Короткі теоретичні відомості").
5. Рис.31.1, 31.2 і 31.4 (виконуються на окремих аркушах паперу формату А4).
6. Висновки про роботу.

Контрольні запитання

1. Склад модельного комплекту та його призначення.
2. Які операції виконують при формуванні вручну за рознімною моделлю?
3. Назвіть склад формувальних сумішей.
4. Яким властивостям мають відповідати формувальні та стрижневі суміші?
5. Назвіть склад і призначення ливникової системи.

Практична робота № 32

ВИВЧЕННЯ ЛИВАРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ І МЕТОДІВ БОРотьБИ З УСАДОЧНИМИ РАКОВИНАМИ У ВИЛИВКАХ

Мета роботи - вивчити ливарні властивості ливарних сплавів, види браку відливків у результаті об'ємної усадки металу, методи боротьби з усадочними раковинами та визначення витрат металу на додаток у сталевому литві.

Короткі теоретичні відомості

Крім механічних, фізичних і хімічних властивостей, ливарні сплави мають певні технологічні ливарні властивості, головними з яких є: рідкотекучість, ліквіація, газопоглинання, об'ємна і лінійна усадки сплаву.

1. Рідкотекучість - здатність ливарних сплавів у рідкому стані швидко заповнювати найскладніші за конфігурацією та вузькі порожнини ливарної форми. Якщо метал, який заливають у форму, буде в'язким, він закристалізується і не заповнить вузькі (щілиноподібні) порожнини форми, що призведе до браку відливка у вигляді недоливу. Рідкотекучість сплаву визначає

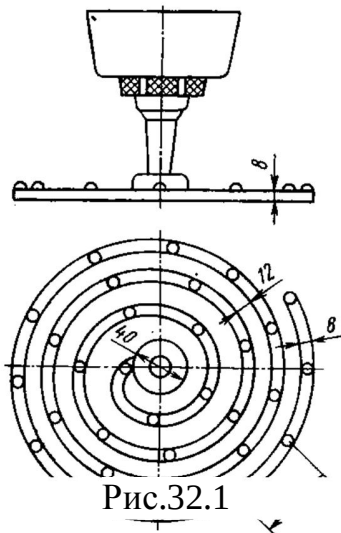


Рис.32.1

мінімально можливу товщину стінки відливка: чим більша рідкотекучість, тим меншу товщину стінки можна одержати, тобто товщина стінки відливка наближається до розрахункової або точно збігається з нею. Якщо ж сплав дуже в'язкий, розрахункову товщину стінки слід підвищувати, що призводить до підвищення маси відливка та перевитрати металу.

Рідкотекучість сплаву залежить від температури його заливання і хімічного складу. Чим вища температура заливання сплаву, тим нижча його в'язкість і вища рідкотекучість. Але перегрівати сплав вище від його температури плавлення не рекомендують, оскільки зростає кількість розчинених у ньому газів, що може призвести до утворення газових раковин у відливку і, крім того, дуже перегрітий метал підвищує небезпеку пригару формувальної (і стержнєвої) суміші до відливка.

Щоб підібрати оптимальну температуру заливання форми для даного сплаву, відливають технологічні проби при різних температурах перегріву. Найпоширеніші - спіральні проби (рис.32.1). Після одержання відливка спіральної проби визначають її довжину за кількістю відміток (горбочків), розміщених через кожні 50 мм. Довжина спіралі в міліметрах є характеристикою рідкотекучості сплаву при даній температурі заливання.

Чисті метали, а також їх евтектичні /легкоплавкі/ сплави мають добру рідкотекучість. При додаванні фосфору рідкотекучість чавуну і бронзи

підвищується. Вміст від 0,5 до 1,5% фосфору в чавуні дає змогу відливати тонкостінні радіатори опалення, поршньові кільця та інші тонкостінні деталі. З брозни, в якій 1% фосфору, одержують художні відливки скульптур, барельєфів, тонкостінних решіток. Тугоплавкі компоненти (W, Ti, Mo, V) погіршують рідкотекучість сплаву.

Крім зазначених причин заповнюваність ливарної форми рідким металом залежить від шорсткості каналів ливникової системи, порожнини форми, поверхні стержня. Тому підвищену заповнюваність мають ливарні форми із сумішей з використанням дрібнозернистих пісків. Суха нагріта форма краще заповнюється рідким металом, оскільки волога холодна форма знижує температуру металу, який заливають, що погіршує його рідкотекучість.

2. Ліквация - неоднорідність сплаву за хімічним складом у різних частинах перерізу відливка. Причиною лікваци є кристалізація сплаву, спрямована від поверхні до центра стінки відливка. У першу чергу кристалізуються тугоплавкі компоненти сплаву і їх зростаючі кристали від периферії відштовхують легкоплавкі компоненти до центру. Результатом є різний склад легкоплавких домішок біля поверхні і в центрі стінки відливка. Найбільше ліквують шкідливі домішки - сірка і фосфор. Неоднорідність за хімічним складом призводить до неоднорідності властивостей сплаву за перерізом відливка. З ліквациєю можна боротися, прискорюючи охолодження відливоків у формі.

3. Газопоглинання - здатність металу в рідкому стані розчиняти в собі гази, розчинність яких з охолодженням у ливарній формі знижується і гази з металу виділяються. Якщо газопроникність формувальної і стержньової сумішей недостатня, у відливку можуть утворюватись газові раковини. Розчинність газів у рідкому металі зростає, якщо збільшиться перегрівання. Тому значне перегрівання металу перед заливанням небажане.

4. Об'ємна усадка металу - зменшення об'єму металу відливка в процесі кристалізації, оскільки в рідкому стані метал має більший об'єм, ніж у твердому зі

щільним пакуванням атомів у вигляді просторової кристалічної решітки. У кожному перерізі відливка метал затвердіває пошарово від периферії до центра. Тому під кіркою, утвореною в першу мить, міститься ізолюваний від зовнішнього середовища рідкий метал, який кристалізується зі зменшенням об'єму. Остаточно всередині масивного перерізу відливка (де метал кристалізується в останню чергу) утворюється концентрована усадочна раковина 1 (рис.32.2, а) або розподілена пористість 2 (рис.32.2, б).

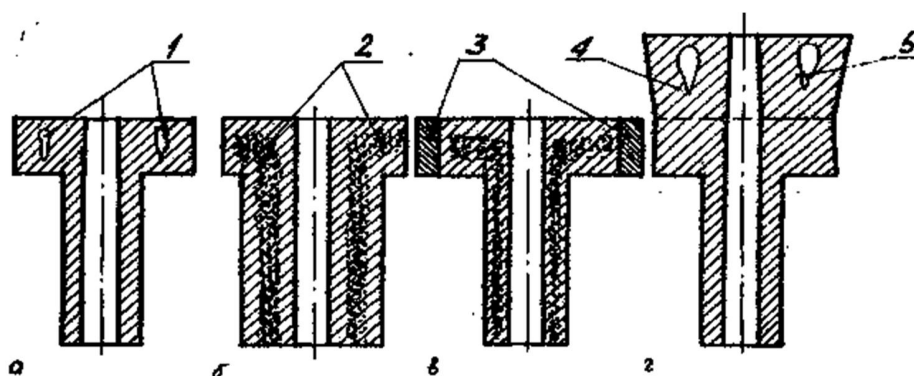


Рис. 32.2

Для боротьби з концентрованими усадочними раковинами у відливках існують такі методи: конструювання рівностінного відливка; установлення додатків.

Рівностінний відливок (рис.32.2, б) має однакову товщину стінок і його кристалізація закінчується одночасно по всьому перерізу, тому брак металу як результат об'ємної усадки не відтворюється у вигляді концентрованої усадочної раковини, а рівномірно розподіляється по осі перерізу відливка у вигляді усадочної пористості. При конструюванні відливків намагаються зробити якомога більш рівностінним. Якщо відливок має неусувні стовщення, встановленням холодильників можна штучно досягти одночасного затвердіння його в місцях скупчення металу. Холодильниками 3 (рис.32.2, в) можуть бути чавунні або сталеві бруски, які закладають у стінки ливарної форми навпроти стовщених місць відливка. Металева частина форми (холодильники) швидко відбирають теплоту у залитого металу, збільшуючи швидкість охолодження стовщеного перерізу відливка і

наближаючи її до швидкості охолодження тонких перерізів. Але одночасне затвердіння відливка не забезпечує щільність металу по всій товщині стінки. По осі стінки відливка обов'язково утворюється усадочна пористість. Тому обидва методи (рівностінність вилівка і встановлення холодильників) застосовуються тільки тоді, коли сплав має невелику об'ємну усадку (наприклад, сірий чавун), або коли не ставляться вимоги великої щільності відливка.

Щоб одержати відливок без пористості зі сплаву з підвищеною об'ємною усадкою (наприклад, із сталі), необхідно забезпечити затвердіння металу, спрямоване знизу вгору, а зверху відливка утворити додаткову порожнину - додаток. У цьому випадку розміщені нижче частини відливка в процесі кристалізації живитимуться за рахунок рідкого металу розміщених вище частин, а ці, у свою чергу - за рахунок металу додатку. Додаток 4 закристалізується останнім (оскільки в нього найбільший переріз). Концентрована усадочна раковина 5 (рис.32.2,г) утворюється в додатку, який потім відрізають. Додаток є також приймачем усіх лікватів і забруднень металу, які виштовхуються до місця найпізнішого затвердіння. Переріз додатка має бути в 1,3 рази більшим від перерізу відливка, який він живить, а висота - в 1,5 рази більшою від його перерізу. Отже, відносна маса додатка щодо маси відливка коливається в межах 25-150% і більше. Встановлення додатків збільшує витрати рідкого металу і об'єм механічної обробки, а також ціну відливка.

У різних, ливарних сплавів різна об'ємна усадка: найбільшу усадку мають алюмінієві бронзи (7,2 - 7,4%), латуні (5,7 - 6,1%) і вуглецева сталь (5 - 6%). Тому при одержанні литва з цих сплавів необхідно встановлювати додатки навіть для виливків невеликої маси, тоді як для сірого чавуну з невеликою об'ємною усадкою (2,9-3,1%) додатки встановлюють тільки для крупних виливків.

Лінійну і ливарну усадку розглянуто в практичній роботі № 33.

Порядок виконання роботи

Перед початком роботи викладач перевіряє знання студентів, демонструє сталеві відливки з додатками, потім поділяє групу на бригади, видає кожній бригаді модель відливка з моделлю додатка для нього. З моделі необхідно накреслити готовий відливок з додатком у розрізі суцільною основною лінією зі штрихуванням перерізу. Додаток зображують у масштабі креслення суцільною тонкою лінією. Площу перерізу додатка не штрихують. Додаток позначають порядковим номером на полиці лінії-виноски, попереду якого пишуть слово "додаток". Якщо на відливку встановлюють кілька однакових додатків, на полиці лінії-виноски після номера додатка зазначають у дужках їх загальну кількість.

Замалювавши відливок з додатком, зважують на вагах окремо моделі відливка й додатка. Щоб перевести масу дерев'яної моделі відливка і додатка в масу сталевого відливка і додатка, необхідно результати зважування моделей помножити на коефіцієнт 12 (співвідношення питомої ваги сталі і сосни) і результати записати до табл.1. Обчислюють відносні витрат рідкого металу на додатки залежно до маси відливка, %:

$$P=(Q_d/ Q_v)100,$$

де Q_d , Q_v – маса відповідно додатків і відливків, кг.

Результати записати до таблиці 1, округляючи з точністю до 5%.

Таблица 1.

Назва деталі	Маса відливка, кг	Маса деталі, кг	P, %

Зміст звіту

1. Номер і назва роботи, її мета.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Рис.32.2 (виконується в зменшеному масштабі у тексті).
4. Табл.1 та необхідні розрахунки.
5. Креслення відливка з додатком (накреслити на аркуші паперу формату А4 відповідно до вказівок у розділі "Порядок виконання роботи").

6. Висновки.

7.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні ливарні властивості ливарних сплавів і дайте їм визначення.
2. Поясніть, які фактори впливають на рідкотекучість.
3. Як виникає ліквация? Як її усунути?
4. Поясніть механізм виникнення об'ємної усадки.
5. Які дефекти викликає об'ємна усадка? Як їх усунути?

Практична робота № 33

ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ТА ЛИВАРНОЇ УСАДКИ

Мета роботи - вивчити вплив усадки на якість виливка, набути навичок визначення лінійної (вільної) усадки сплавів і ливарної (ускладненої) усадки виливків.

Короткі теоретичні відомості

Лінійна усадка - одна з найважливіших властивостей сплаву -враховується при проектуванні технологічного процесу литва, оскільки від неї значною мірою залежить розмірна точність одержуваних відливків. Під час охолодження лінійні розміри відливка починають змінюватись з моменту, коли на поверхні утворилась достатньо міцна тверда кірка або каркас кристалів, які можуть протидіяти статичному тиску металу. Для сплавів, які кристалізуються в інтервалі температур, початок лінійної усадки відповідає утворенню 75-95% твердої фази: для чистих металів температура початку лінійної усадки збігається з температурою кристалізації. **Отже, лінійна (вільна) усадка - це властивість металів і сплавів зменшувати лінійні розміри без зовнішнього гальмування.**

На практиці відносну величину лінійної усадки сплаву визначають за зміною розмірів відливка l_e довгого стержня порівняно з первинними розмірами форми l_ϕ , %: $\varepsilon = [(l_\phi - l_e) / l_\phi] 100$.

Таблиця 33.1

Величина лінійної усадки ливарних сплавів, %			
Сірий чавун	0,6...1,3	Бронза олов'яна	1,4...1,6
Білий чавун	1,6...2,3	Бронза алюмінієва	1,5...2,4
Сталь вуглецева	1,5...2,0	Латунь	1,5...2,2
Сталь марганцевиста		Силумін	1,0...1,2
/10...14% Mn/	2,5...3,8	Алюмінієві сплави	1,0...2,0
Сталь жаростійка	1,8	Магнієві сплави	1,1...1,9

Щоб одержати відливок заданих розмірів, розміри моделі необхідно збільшити на величину лінійної усадки даного сплаву. Для цього модельник користується усадочним метром, який відрізняється від звичайного тим, що значення кожної його поділки збільшено на 1 або 2% відповідно для чавунних і сталевих відливоків.

У деяких металів і сплавів відбуваються фазові перетворення, наприклад у чавуні - графітизація, у сталі - виділення газів тощо. Ці перетворення сприяють збільшенню розмірів відливка, яке називається передусадочним розширенням. Останнє істотно впливає на усадку, особливо високовуглецевих сплавів, коли в них відбувається графітизація, а також на усадку багатьох легованих і середньо- та високовуглецевих сталей.

Під час виготовлення складних за конфігурацією відливоків усадці сплавів чинять опір внутрішні стержні виступаючі частини форми /виступи, фланці тощо/. Крім механічного гальмування усадки, на відливки впливає термічне, пов'язане з різницею температур окремих частин при охолодженні. Тому дійсну зміну розмірів відливка характеризують коефіцієнтом ливарної /ускладненої/, а не лінійної усадки. Величини ливарної усадки можуть бути неоднаковими у різних напрямках, навіть у межах одного відливка.

Ливарною усадкою називають відносну зміну розмірів відливка в процесі кристалізації та остигання його у формі; визначають її за формулою, % :

$$\epsilon_{\text{л}} = [(l_{\text{мод}} - l_{\text{в}}) / l_{\text{мод}}] 100.$$

Внутрішні напруження у виливках.

Після затвердіння і кристалізації, а також остигання металу в ливарній формі до нормальної температури внаслідок усадки виникають внутрішні напруження, які можуть призвести до короблення виливків, а інколи - і до утворення в них гарячих та холодних тріщин. Зазвичай розрізняють внутрішні напруження трьох видів: механічні, термічні та фазові. Механічні усадочні напруження зумовлені гальмуванням усадки формою та стержнем; вони є однією з основних причин утворення тріщин у виливках. Під час усадки виливок тисне своїми виступаючими частинами А на стержень або форму /рис.33.1, а/. Водночас форма перешкоджає

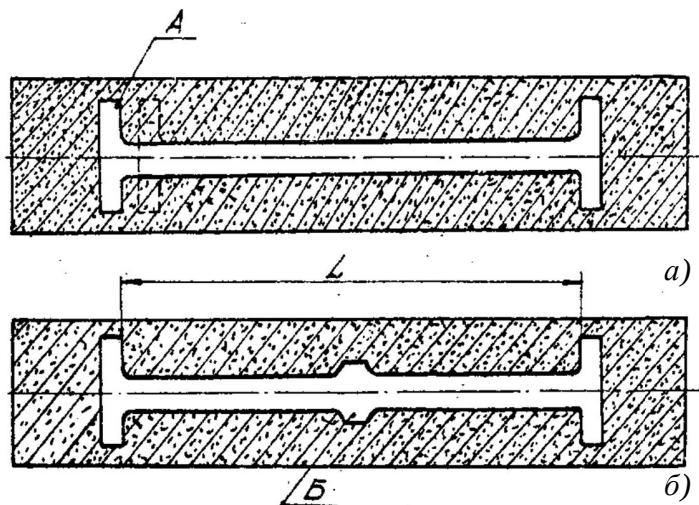


Рис.33.1

усадці, що спричинює виникнення напружень у виливку. Величина цих напружень залежить від піддатливості форми і стержнів. Чим вища піддатливість форми і стержня, тим нижчі напруження у відливку і ймовірність утворення в ньому тріщин. Якщо напруження, які виникають, перевищують межу міцності сплаву, то у відливку

утворюється тріщина (в гарячому стані міцність сплаву нижча, ніж у разі нормальних температур). Якщо сплав виливка має достатню міцність і пластичність та здатний протидіяти напруженням, які виникають, то конфігурація, відливка спотворюється, він викривлюється та коробиться.

Гарячі тріщини виникають у відливках при високих температурах, холодні - при низьких. Часто тріщини виникають на відрізку з уповільненою швидкістю охолодження, в "гарячих" місцях (рис.33.1, б). Так, відливок, зображений на рис.33.1, б, під час усадки деформуватиметься за рахунок "гарячого" вузла Б, температура якого вища. Цей переріз відливка найнебезпечніший. Чим довший відливок, тим більша ймовірність утворення тріщин. Гарячі тріщини також виникають у стовщеннях відливка, в місцях переходу від товстого перерізу до тонкого.

Щоб запобігти появі гарячих тріщин у відливках, необхідно виплавляти сплав суворо заданого хімічного складу; при конструюванні відливків робити гладкі переходи від масивних перерізів до тонких; забезпечувати рівномірне охолодження масивних і тонких перерізів виливків холодильниками; застосовувати ливниково-живильні системи, які дають змогу уникнути місцевих перегрівів, хибні (усадочні) ребра, де утворюються гарячі тріщини, після чого їх видаляють. Формувальну і стержньову суміші роблять піддатливими, щоб форма і стержень менше перешкождали усадці металу. Піддатливість збільшується від додавання у суміш тирси, а також від використання штучних смол як закріплювачів. Тирса вигоряє ще під час сушіння стержнів і за рахунок пор, які утворюються, піддатливість стержня підвищується. Смоляні закріплювачі в контакті з металом до кінця кристалізації поступово вигоряють, і стержень знеміцнюється, чим підвищує свою піддатливість.

Термічні внутрішні напруження зумовлені термічним гальмуванням усадки і виникають через різницю швидкостей охолодження окремих частин відливка. У відливка чавунної масивної рами (рис.33.2) тонкі ребра тверднуть першими і чинять

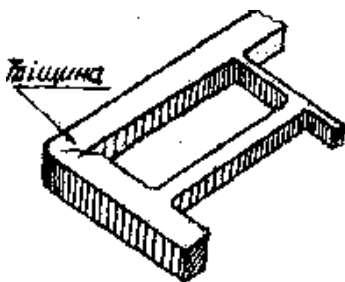


Рис.33.2

опір усадці масивної окантовки, яка твердне пізніше. У тонких ребрах виникають напруження стиснення, а в окантовці - розтягу, що призводить до утворення тріщин. Внутрішні напруження можна усунути або практично зняти термічною обробкою відливків, звичайно відпалюванням. Під час витримки при підвищених температурах у металі

відбувається релаксація напружень за рахунок пластичних деформацій, Режим термічної обробки призначається залежно від складу сплаву: його здатності до тріщиноутворення, маси і конфігурації відливка, способу виготовлення.

Визначення лінійної (вільної) усадки

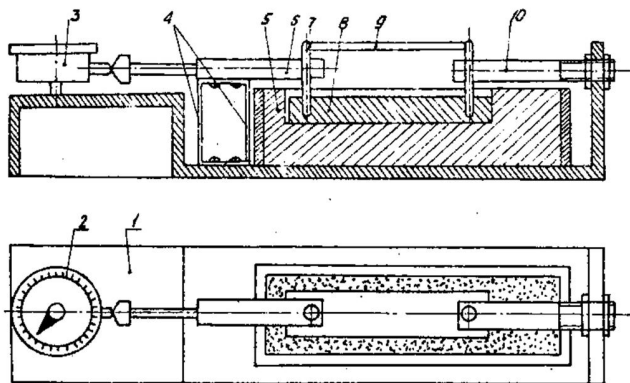


Рис.33.3

Лінійну усадку визначають за допомогою приладу І.Ф. Большакова. На металевому корпусі 1 приладу кріплять індикаторну головку 3 з диском циферблата 2. Ціна поділки шкали - 0,01 мм. У корпусі приладу встановлюють опоку 5 з формою зразка 8 розміром 20х25х200 мм . Над опокою на пружинах

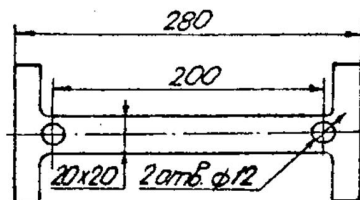
4 розміщена рухома каретка 6, яку штоком з'єднують з годною індикатора. У каретці перпендикулярно до осі пробного зразка закріплюють шпильку 7. Інша шпилька закріплена у фіксаторі 10. Нижні кінці шпильок входять у порожнину форми на глибину 15 мм. Відстань між центрами шпильок 200 мм встановлюють за допомогою контрольної планки 9. Перед тим, як зняти контрольну планку зі шпильок, прилад приводить у вихідний стан. Для цього штоком каретки, який регулюється, встановлюють стрілку на нуль шкали. Після цього заливають метал і слідкують за рухом стрілки індикатора.

Відносна величина лінійної усадки, % : $\varepsilon = (\Delta l / 200) 100\%$,

де Δl - покази індикатора після повного остигання зразка.

Визначення ливарної /ускладненої/ усадки

Ливарну усадку відливоків визначають на спеціальному зразку, модель якого



зображено. У моделі є отвори, відстань між центрами яких 200 мм. Після "розштовхування" моделі перед її видаленням через ці отвори за допомогою металевого керна на стінці форми виконують конусні заглибини. Слідом за заливанням, охолодженням, вибиванням та очищенням відливка за допомогою штангенциркуля вимірюють відстань між центрами виступів на відливку форм, мм. Величина ливарної усадки, $\varepsilon = [(200 - l_6)/200]100\%$.

Устаткування, інструменти і матеріали

Плавильна піч; прилад конструкції І.Ф.Большакова; моделі; опоки; вимірювальний, формувальний і плавильно-заливальний інструмент; секундомір; формувальна суміш; сплав на основі алюмінію.

Порядок виконання роботи

1. Виготовити форми для визначення лінійної та ливарної усадки за моделями.
2. Виплавити сплав заданого складу.
3. Залити форми металом і охолодити відливки разом з формами до кімнатної температури.
4. У процесі кристалізації і охолодження спостерігати за показами індикатора прилада Большакова і заносити до табл. 33.2 зміни розмірів з плином часу.
5. Видалити виливок і виміряти відстань між центрами виступів від накернювання.
6. Обчислити величини лінійної та ливарної і результати занести до табл.33.3.
7. Обчислити значення поточної лінійної усадки, занести їх до табл.33.2. і побудувати графік залежності ε від часу t .

Таблиця 33.2

Час t , с	
Показання індикатора Δl , мм	
Поточна лінійна усадка ε , %	

Таблиця 33.3

Сплав	Температура заливання, °С	Показання індикатора після повного	Лінійна усадка ε , %	Відстань між центрами	Ливарна усадка, %
-------	---------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------	-------------------

		остигання $\Delta l, \text{мм}$		виступів на відливку $l_e, \text{мм}$	

Контрольні запитання

1. Що називають лінійною усадкою?
2. Як визначають лінійну усадку сплавів?
3. Що називають ливарною усадкою?
4. Як визначають ливарну усадку виливків?
5. Назвіть наслідки ливарної усадки. Як їх зменшити?
6. Для чого потрібно знати величину лінійної усадки?
7. Як виникають внутрішні напруження у виливках?
8. Які наслідки викликають вони і як їх зменшити?

Лабораторна робота №34

РОЗРОБКА МОДЕЛЬНО-ЛИВАРНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

Мета роботи ознайомитися з основними правилами конструювання відливка і вибору розміщення його в ливарній формі; навчитися за даним кресленням деталі самостійно виконувати робочі креслення для виготовлення моделі й форми з нанесенням припусків на механічну обробку, формувальних ухилів, стержньових знаків і галтелей.

Короткі теоретичні відомості

Конструкція литої деталі має забезпечувати високий рівень її експлуатаційних характеристик (міцність, жорсткість, герметичність корозійну стійкість тощо) при заданих масі та точності конфігурації, а також враховувати технологію її виготовлення, бути технологічною, тобто зручною для виготовлення та обробки.

Розробляючи процес виготовлення ливарної форми, необхідно:

- вибрати спосіб формування;
- визначити розміщення відливка і форми при заливанні;
- встановити поверхню роз'єму форми;
- вибрати способи встановлення стержнів у форми, а також конструкцію ливникової системи і розрахувати її;
- розробити креслення відливка.

Перш ніж приступити до розробки креслення відливка, необхідно вивчити його конструкцію для підвищення технологічності литої деталі завдяки конструктивним змінам. У разі потреби доцільно збільшити галтелі, зрівняти

товщину стінок і ліквідувати різкі переходи від масивної частини відливка до тонкої. Якщо конструкція відливка не відповідає вимогам ливарної технології, її можна повністю замінити.

При конструюванні литих деталей слід дотримувати основних принципів підвищення технологічності відливка.

1. Необхідно, щоб модельний комплект виготовлявся з мінімальними затратами праці і матеріалів. Для цього відливки має бути компактним, без виступаючих частин, являти собою поєднання простих геометричних тіл з переважанням плоских поверхонь і прямих ліній. Це спрощує і здешевлює виготовлення модельного комплексу. Бобишки і приливки потрібно виконувати так, щоб не ускладнювати видалення моделі з форми. Наприклад, бобишки, зображені на рис. 34.1, а, заважають видаленню моделі з форми (їх слід виконати об'ємними частинами або за допомогою стержнів). Технологічнішу конструкцію бобишок зображено на рис. 34.1, б.

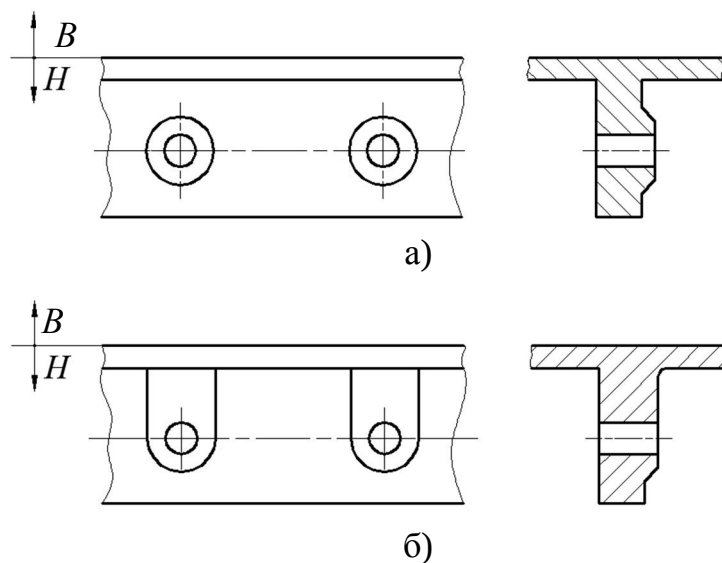


Рис. 34.1. Нетехнологічна а) та технологічна б) конструкція бобишок.

2. Необхідно, щоб конструкція відливка забезпечувала простоту виготовлення і складання форми; кількість стержнів має бути мінімальною, а їх конфігурація простою. Складні і крупногабаритні деталі доцільно поділити на частини, які

простіше відлити, а потім з'єднати зварюванням, (литозварені конструкції) або болтами складені конструкції. На рис. 34.2, а зображені відливки, при формуванні яких потрібно виконати складний роз'єм підрізкою, застосовувати фальшиву опоку або фасонну модельну плиту; Якщо конструкцію відливків замінити (рис. 34.2, б), роз'єм форми спрощується.

3. Товщина стінки відливка по можливості має бути рівномірною, оскільки в місцях стовщення стінок можуть утворюватись дефекти (пористість, усадочні раковини, тріщини) і виникати внутрішні напруження та короблення. Не допускаються у відливка гострі кути і різкі переходи від товстих стінок до тонких. Спряження стінок різних товщин рекомендують виконувати повільними переходами (рис. 34.3). На рис. 34.4 зображені неправильна (рис. 34.4, а) і правильна (рис. 34.4, б) конструкції кутів відливка.

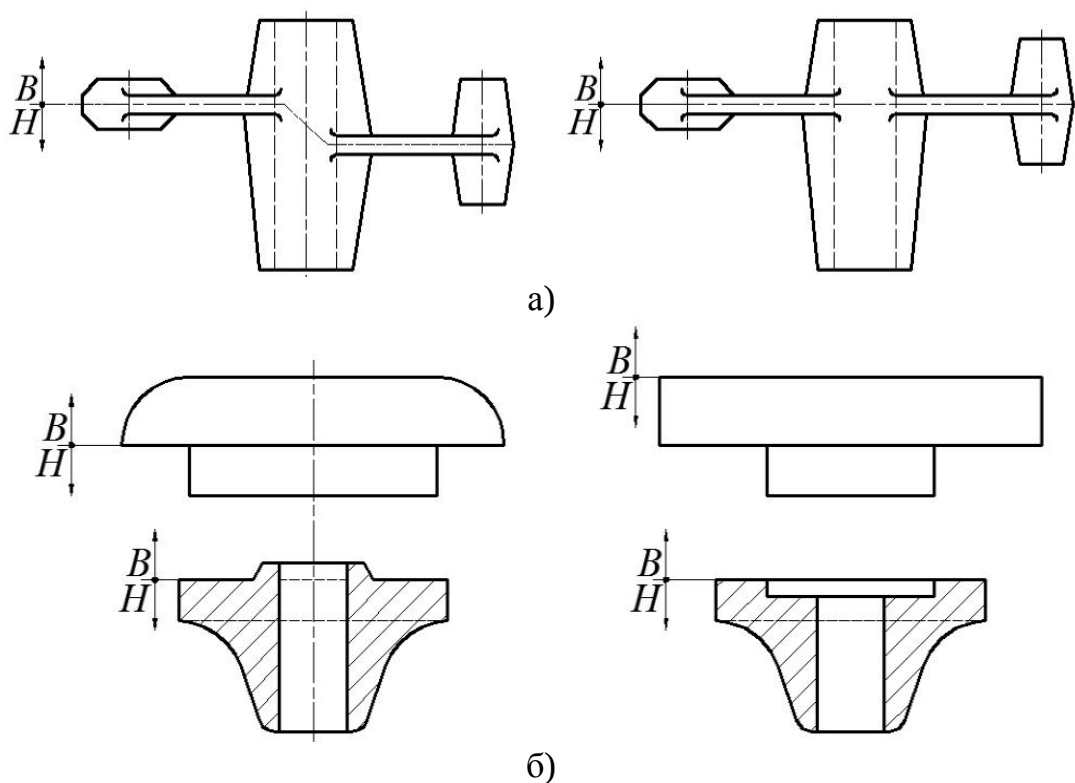


Рис. 34.2. Схема відливка

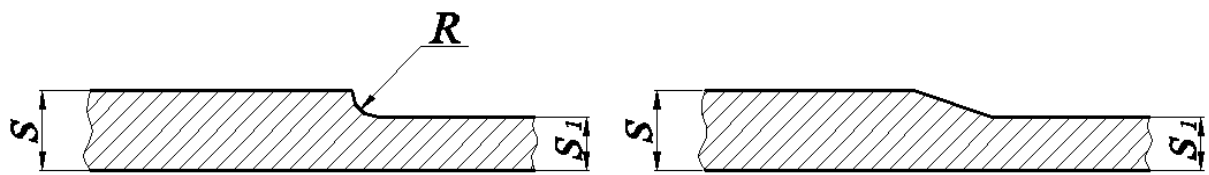


Рис. 34.3. Зображення плавних переходів виливка

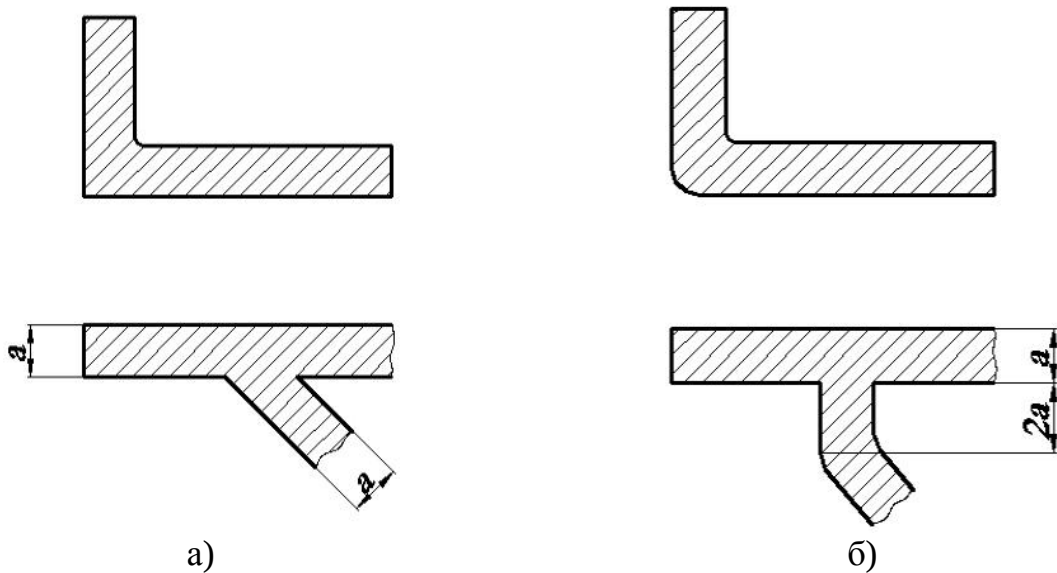


Рис. 34.4. Види конструкцій кутів виливка

На рис. 34.5, а показані випадки місцевого скупчення металу, що призводить до утворення раковин. При зміні конструкції (рис. 34.5, б) усадочні порожнини зникають.

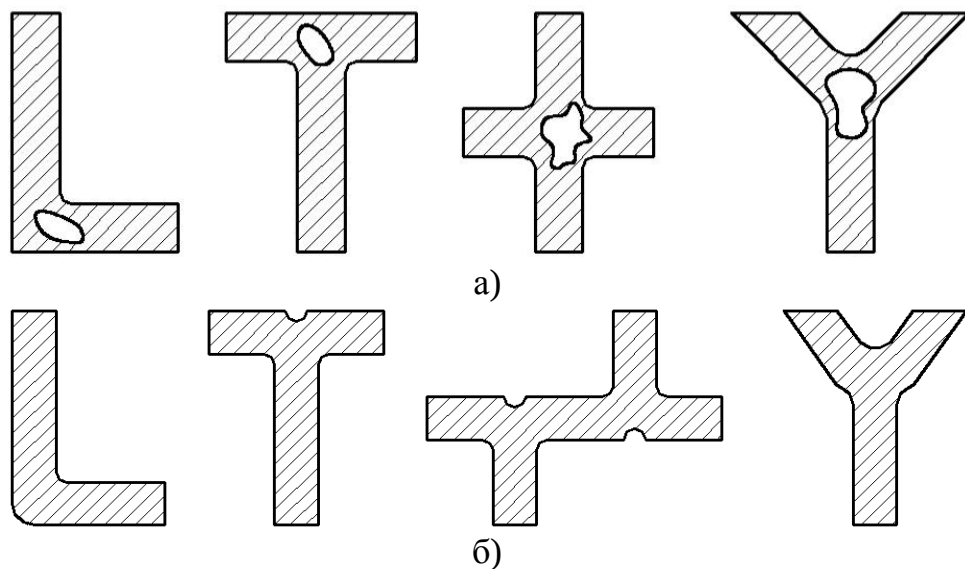


Рис. 34.5. Загальний вигляд дефектів виливків

4. Конструюючи відливки, необхідно враховувати ливарні властивості сплавів. Необхідно, щоб конструкція відливка була зручною для очищення й обробування після вибивання. Вікна порожнин мають бути достатніх розмірів, а базові поверхні відливка-зручно розміщеними для обробки різанням.

Вибір розміщення відливка у формі

Розміщення відливка у формі при заливанні значною мірою впливає на якість литва, визначає роз'єм моделі і форми, подальшу розробку креслення відливка і технологічний процес формування взагалі. Вибираючи розміщення відливка у формі, потрібно найвідповідальніші деталі поміщати в її нижній частині, оскільки метал там найщільніший. Крім того, необхідно дотримуватись таких правил:

1) відливки у формі розміщувати так, щоб при заливанні і затвердінні забезпечувалось напрямлене затвердіння металу;

2) оброблювані частини відливка при заливанні металу слід розміщувати внизу, вертикально або похило, оскільки в цьому разі метал на поверхнях буде щільним, чистим від шлакових і земляних включень (спливають вгору), а припуски на механічну обробку зменшаться; якщо оброблювана поверхня розміщена у верхній частині відливка, припуски на механічну обробку збільшуються;

3) відливки циліндричної форми, зовнішні і внутрішні поверхні яких обробляють різанням, при заливанні розміщують вертикально;

4) поверхні відливків, які є базою при обробці різанням, слід розміщувати в одній півформі.

Вибір поверхні роз'єму моделі і форми

Визначаючи поверхню роз'єму форми, керуються такими положеннями:

1) весь відливки, якщо дозволяє його конструкція, потрібно розміщувати в нижній частині форми, що унеможливило перекид відливка;

2) поверхню роз'єму форми при заливанні слід вибирати, горизонтальною: вона має забезпечувати вільне видалення моделі з форми і зручність установа стержнів;

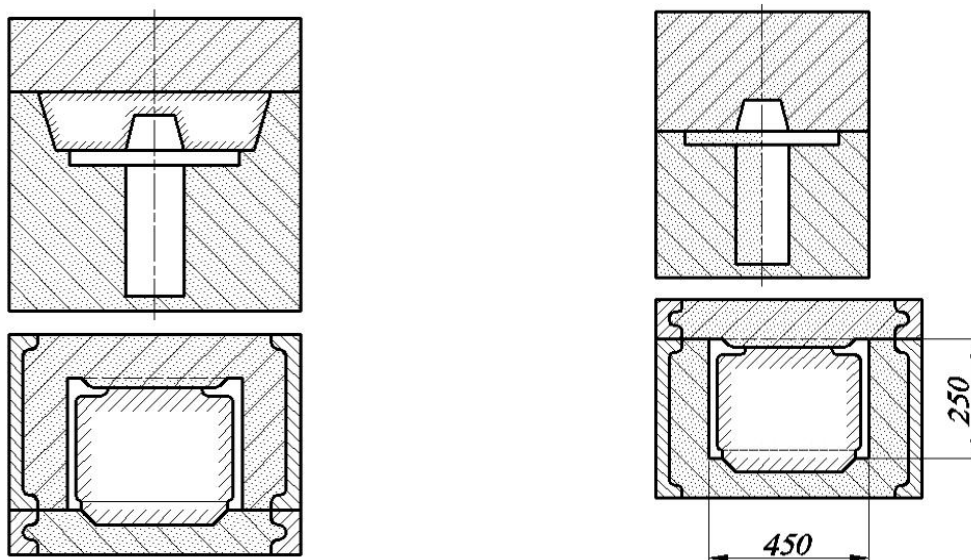
3) у форми має бути мінімальна кількість стержнів простої конфігурації, якщо можливо, їх взагалі краще позбутися.

На рис. 34.6, а зображено приклади правильного вибору роз'єму форми, на рис. 34.6, б - неправильного.

Переважаю застосовується горизонтальне розміщення стержнів, оскільки в цьому випадку стержньові знаки мають циліндричну форму, що спрощує конструкцію стержньового ящика. Вертикальні стержні мають конічну форму стержньових знаків.

Розробка креслення відливка

Після підвищення технологічності, вибору розміщення відливка у формі та визначення роз'єму моделі приступають до розробки креслення елементів ливарної форми. При цьому визначають припуски на механічну обробку відливка; формувальні ухили; форму й розміри стержньових знаків. На кресленні вказують поверхню роз'єму моделі та форми, розміщення відливка при заливанні, ухили, припуски на обробку різанням, розміщення стержнів, їх знаки і розміри, роз'ємні частини, випори, ливники, приливи, холодильники. Креслення виконують відповідно до вимог до діючих державних стандартів України (ДСТУ), стандартів підприємства (СТП 2.1–2005) та системи міждержавних стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).



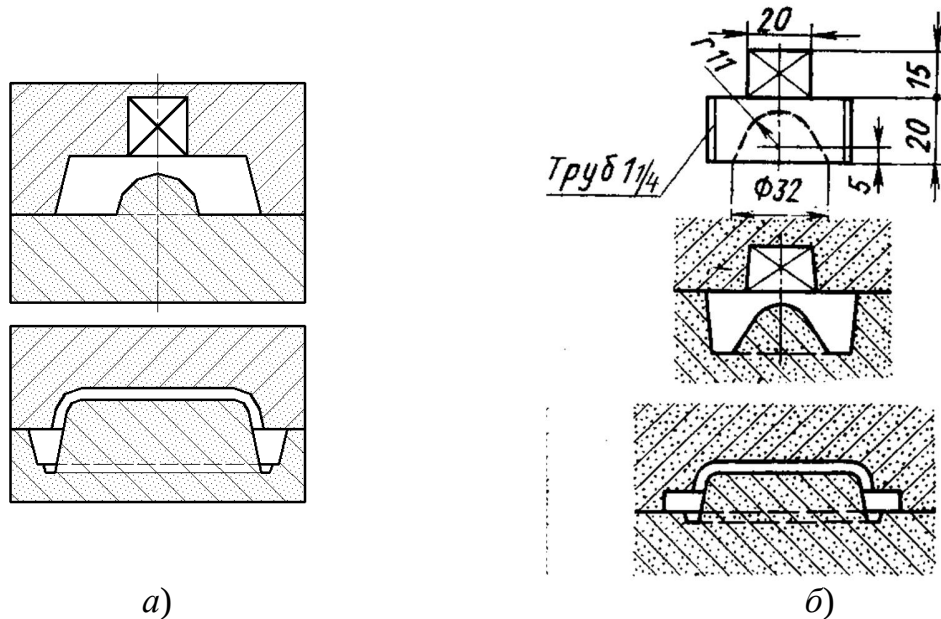


Рис. 34.6. Приклади правильного (а) і неправильного (б) вибору роз'єму форми

Роз'єм моделі і форми позначають на кресленні деталі в усіх її проекціях лінією основного контуру й літерами РМФ, розміщення відливка при заливанні-стрілками, а біля лінії роз'єму вказують верх (В) і низ (Н) (рис. 3.7). У разі нероз'ємної моделі вказують тільки роз'єми форми (РФ). На кресленні також позначають припуски на механічну обробку. *Припуск-шар* металу (на сторону), призначений для знімання в процесі механічної обробки відливка. Припуски вибирають залежно від способів литва, матеріалу і класу точності та найбільшого розміру відливка, а також від розміщення оброблюваної поверхні у формі під час заливання. Припуски призначають за ГОСТ 26645-85: для дрібних відливків - 0, 2...4 мм, для середніх - 4...10 мм, а для великих - до 55 мм. Для поверхонь відливка, які при заливанні металом форми повернені вгору, призначають припуск, більший ніж на нижніх і бічних поверхнях, оскільки неметалеві та газові включення збираються, звичайно, зверху.

На кресленні деталі припуски на обробку різанням зображують суцільними тонкими лініями, а їх значення вказують цифрою перед позначенням шорсткості поверхні деталі або величиною ухилу і лінійними розмірами (рис. 34.7).

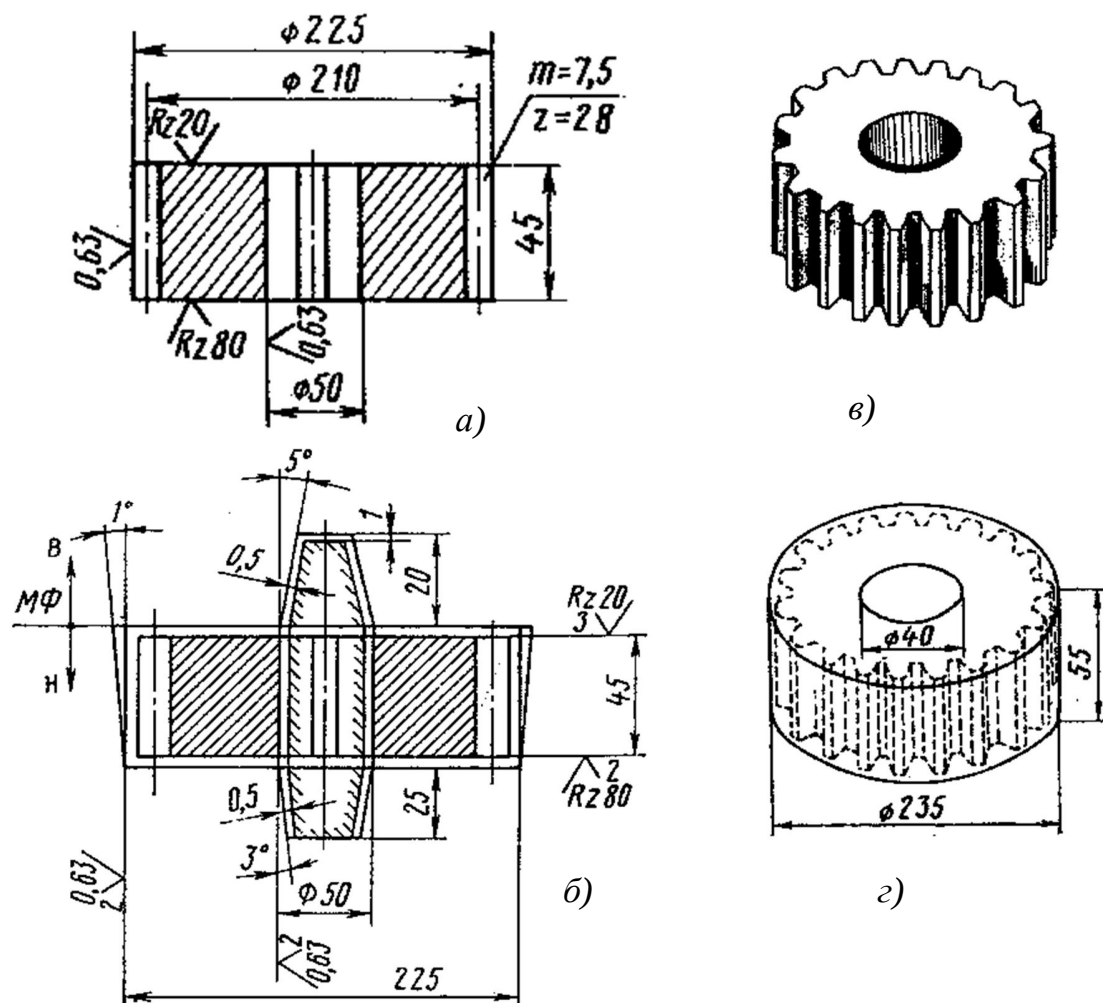


Рис. 34.7. Креслення деталі (а) та креслення модельно-ливарної технологічної розробки (б). На малюнках також зображені деталь «зубчасте колесо» (в) і креслення виливка (г).

Діаметр литих отворів залежить від сплаву та товщини стінки відливка. У табл. 34.1 наведені мінімальні діаметри виливаних отворів.

Таблица 34.1

Мінімальні діаметри виливаних отворів

Метал відливка	Товщина стінки відливка, мм	Мінімальний діаметр
----------------	-----------------------------	---------------------

		виливаного отвору, мм
Сірий чавун	8...10	8...10
	20...25	10...12
	40...50	13...17
Сталь	До 40	25
	40...60	30
	60...80	35

Щоб одержати на відливках поступові переходи від однієї поверхні до іншої, передбачають галтелі, які підвищують якість відливок (рис. 34.3). Радіуси R галтелей при спряженні стінок відливка залежно від товщини спряжених стінок S і S_1 наведені в табл. 34.2.

Таблиця 34.2

Радіуси галтелей

$(S+S_1)/2$, мм	R , мм	$(S+S_1)/2$, мм	R , мм
До 12	6	60...80	30
12...16	8	80...110	35
16...20	10	110...150	40
20...27	12	150...200	50
27...35	15	200...250	60
35...45	20	250...300	80
45...60	25	300	100

Отвори, пази та виступи, які не виливають, на ескізі відливка закреслюють суцільною тонкою лінією (рис. 34.7). У разі відсутності на деталі конструктивних ухилів для полегшення видалення півмоделей з форми і стержня зі стержньового ящика виконують формувальні ухили на бічних поверхнях відливка, перпендикулярних до площини роз'єму моделі. Формувальні ухили призначають за ГОСТ 3212-80 (рис. 34.8) з урахуванням висоти вертикальної поверхні моделі, матеріалу моделі (металева або дерев'яна (табл. 34.3).

Таблиця 34.3

Формувальні ухили

Висота основної формууючої поверхні h , мм	Металеві та пластмасові комплекти		Дерев'яні комплекти	
	Зовнішні	У заглибинах при $d^* > h$	Зовнішні	У заглибинах при $d^* > h$
<10	2,17	4,34	2,54	5,45
>10-18	1,36	3,11	1,54	3,49
>18-30	1,09	2,40	1,31	0,03
>30-50	0,48	1,42	1,02	2,05
>50-80	0,34	1,13	0,43	1,26
>80-120	0,26	0,54	0,32	1,03
>120-180	0,19	0,38	0,23	0,46
>180-250	0,19	0,37	0,22	0,44
>250-315	0,18	0,37	0,22	0,43
>315-400	0,17	0,36	0,21	0,41
>400-500	0,17	0,35	0,19	0,38
>500-630	0,16	0,33	0,19	0,38

d^* - найменша ширина заглиблення на формууючий поверхні.

Враховуючи характер бічної поверхні відливка (оброблювана, необроблювана) і товщини стінки, формувальні ухили можуть бути виконані на оброблюваних поверхнях відливка понад припуск на обробку різанням за рахунок збільшення розмірів відливка (рис. 34.8, а); на необроблюваних поверхнях відливка, не спряжених з іншими деталями-за рахунок збільшення і зменшення розмірів відливка (рис. 34.8, б); на необроблюваних поверхнях одного відливка, спряженого по контуру з іншою деталлю-зменшенням або збільшенням розмірів відливка залежно від поверхні спряження (рис. 34.9, в, г).

Місця встановлення стержнів показані на кресленні деталі. Форму і розмір стержньових знаків призначають залежно від розміщення (горизонтально або вертикально) стержня в ливарній формі за ГОСТ 3606-80 (рис. 34.8). Контури стержнів наносять на креслення деталі суцільною тонкою лінією. Стержні в перерізі штрихують тільки біля контурних ліній. Місця спряження стержнів один з одним позначають на кресленні лінією основного контуру або подвійною тонкою лінією, номер стержня-відповідно до порядкового номера при встановленні його у форму і розміщують на кресленні в центрі стержня, наприклад, СтЗ.

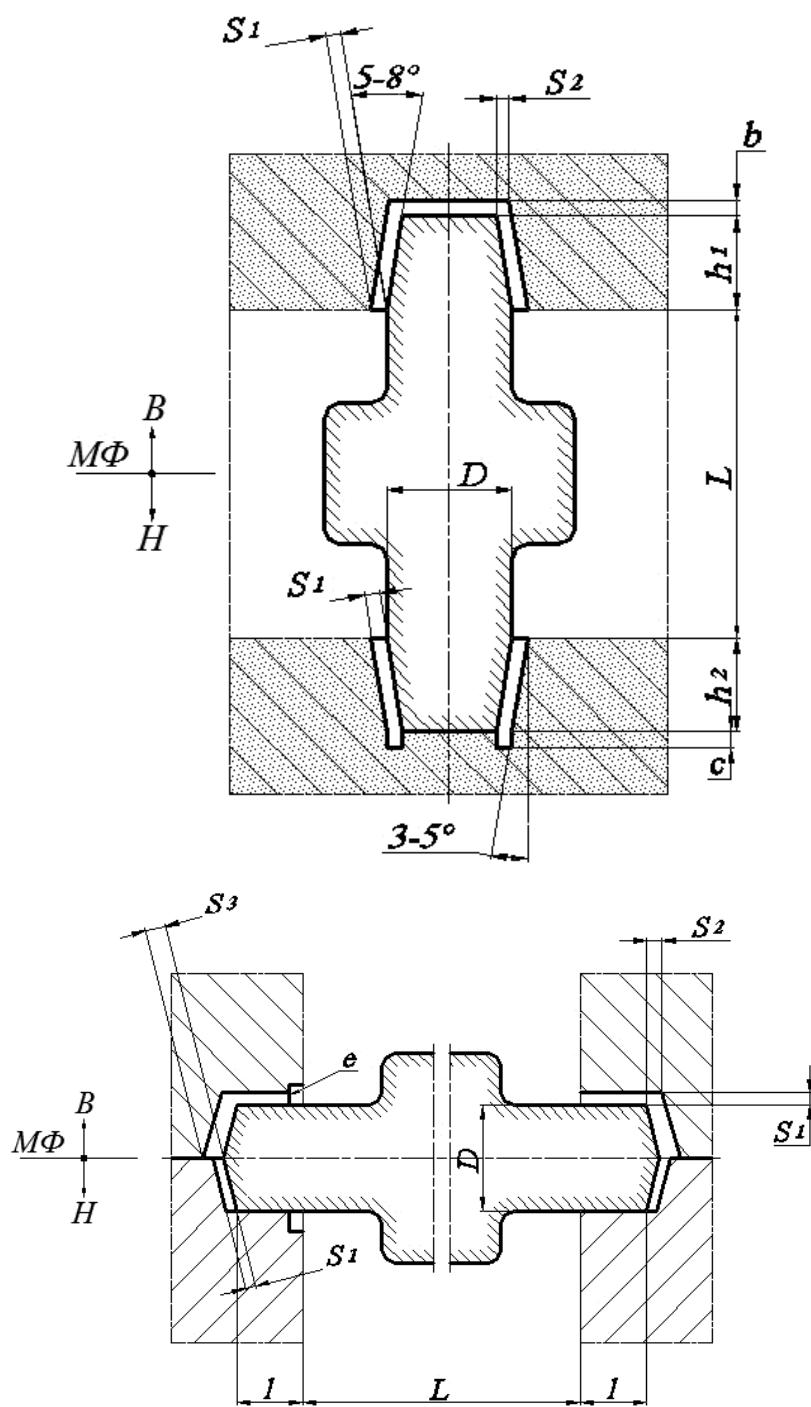


Рис. 34.8. Знаки, проміжки та ухили вертикальних та горизонтальних стержнів

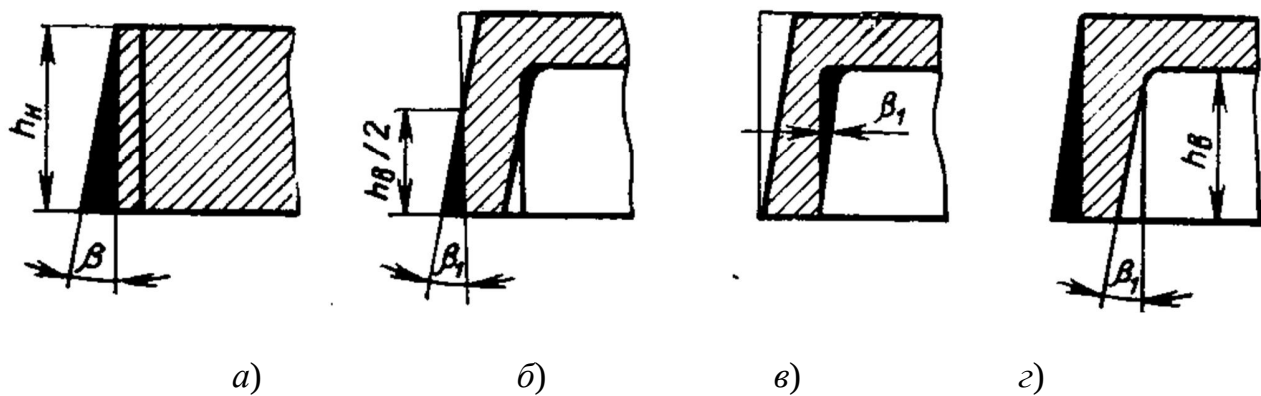


Рис. 34.9. Виконання ухилів на поверхнях моделей

У разі горизонтального розміщення стержня у формі стержньові знаки матимуть циліндричну або прямокутну форму в перерізі, якщо довжина правого і лівого знаків однакова (рис. 34.8). Якщо стержень розміщений у ливарній формі вертикально, стержньові знаки роблять конусними, що забезпечує хороше самоцентрування стержня при складанні форми. У цьому разі висота нижнього знака більша за висоту верхнього (рис. 34.8). Висоту h нижніх вертикальних знаків призначають залежно від довжини L , стержня та його діаметра D , для стержнів прямокутного перерізу - від величини $(a+b)/2$ згідно з ГОСТ 3606-80 (табл. 34.7). Висоту верхніх стержньових знаків вертикальних стержнів призначають не більшою від 0,5 усієї висоти нижніх вертикальних знаків. Довжину горизонтальних стержньових знаків згідно з ГОСТ 3606-80 вибирають з урахуванням способу формування (табл. 34.8). Щоб полегшити складання форми і підвищити її точність, стержньові знаки виконують з ухилами. За ГОСТ 3606-80 формувальні ухили на знакових частинах (табл. 34.9) призначають залежно від висоти h або знака та розміщення його у формі (низ або верх відносно роз'єму).

Висота h (мм) нижніх вертикальних знаків стержнів. Таблиця 34.7

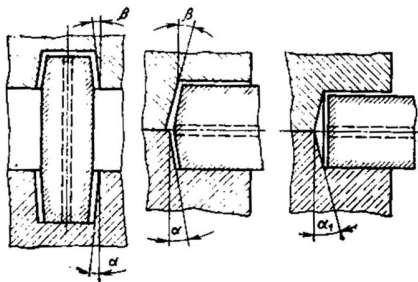
Розміри стержня $(a+b)/2$, або D , мм	Висота h знака, мм, не більше, при довжині L стержня, мм								
	До 50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315	315...400	400...500	
До 30	20	30	30						
30...50	20	35	35	35	50	60	60	70	
50...80	25	35	35	35	40	50	60	70	
80...120	25	35	35	35	40	50	60	70	
120...180	30	35	35	35	35	40	50	60	
180...250	30	35	35	35	35	40	50	60	
250...315	35	35	35	35	35	40	50	60	
315...400	40	40	40	40	40	40	40	50	

Довжина l (мм) горизонтальних знаків стержнів. Таблиця 34.8

Розміри стержня $(a+b)/2$, або D , мм	Висота h знака, мм, не більше, при довжині L стержня, мм								
	Форми*	До 50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315	315...400	400...500
До 30	<i>I</i>	20	25	30	35				
	<i>II</i>	15	20	30	35				
30...50	<i>I</i>	20	25	30	35	40	55		
	<i>II</i>	20	25	30	35	40	45		
50...80	<i>I</i>	20	25	30	40	50	55	60	70
	<i>II</i>	20	25	30	35	40	45		
80...120	<i>I</i>	20	25	35	45	55	60	70	80
	<i>II</i>	25	30	35	40	45	50	55	60

* *I* - вогкі форми, *II* - сухі.

Формувальні ухили на знакових частинах стержня. Таблиця 34.9



h , мм	α , °	β , °	α_1 , °
До 30	10	15	4
30...50	7	10	3
50...80	6	8	2
80...120	6	8	2
120...180	5	6	1
180...250	5	6	0

Порядок виконання роботи

1. Одержати завдання у вигляді креслення деталі (додаток 1) і перенести його у звіт на аркуш паперу формату А3 (297х420) з габаритними розмірами оброблюваних поверхонь, класу точності відливка, металу відливка, способу формування. Над кресленням зробити напис «Деталь».
2. Вивчити за кресленням конструкцію деталі і в разі потреби внести зміни в конструкцію відливка для підвищення його технологічності.
3. Вибрати найраціональніше розміщення відливка у формі і визначити роз'єм моделі та ливарної форми.
4. Виконати креслення модельно-ливарної технологічної розробки, керуючись правилами, викладеними в коротких теоретичних відомостях, та розмістити його поряд з кресленням деталі. Над кресленням зробити напис «Модельно-ливарна технологічна розробка».
5. Зробити креслення складеної форми в перерізі для заданого відливка.

Зміст звіту

1. Обґрунтування вибору розміщення виливка у формі й площини роз'єму моделі й форми.
2. Розробка модельно-ливарного технологічного оснащення у вигляді креслення на аркуші паперу формату А3 (креслення за пп. 1, 4, 5 виконати на одному аркуші).

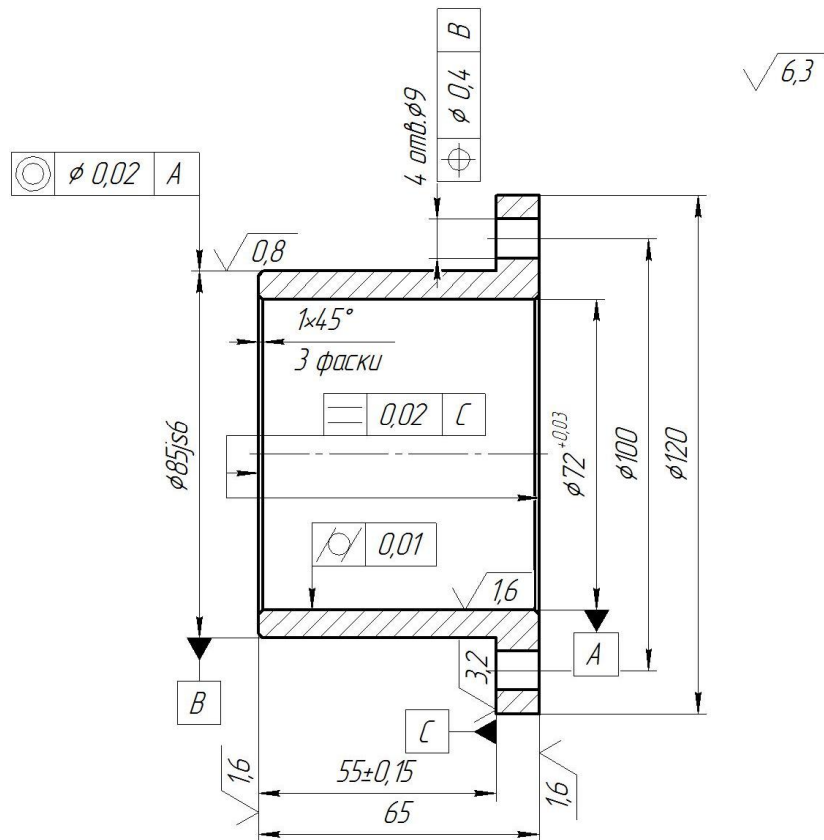
Контрольні питання

1. Який порядок розробки технології виготовлення виливків?
2. За якими критеріями вибираються способи виготовлення виливків і форм?
3. Як призначається точність виливка?
4. Які загальні вимоги для вибору положення виливка у формі в момент заливання?
5. На які поверхні виливка призначають припуски на механічну обробку?
6. Від яких параметрів виливка й техпроцесу залежить величина припуску?

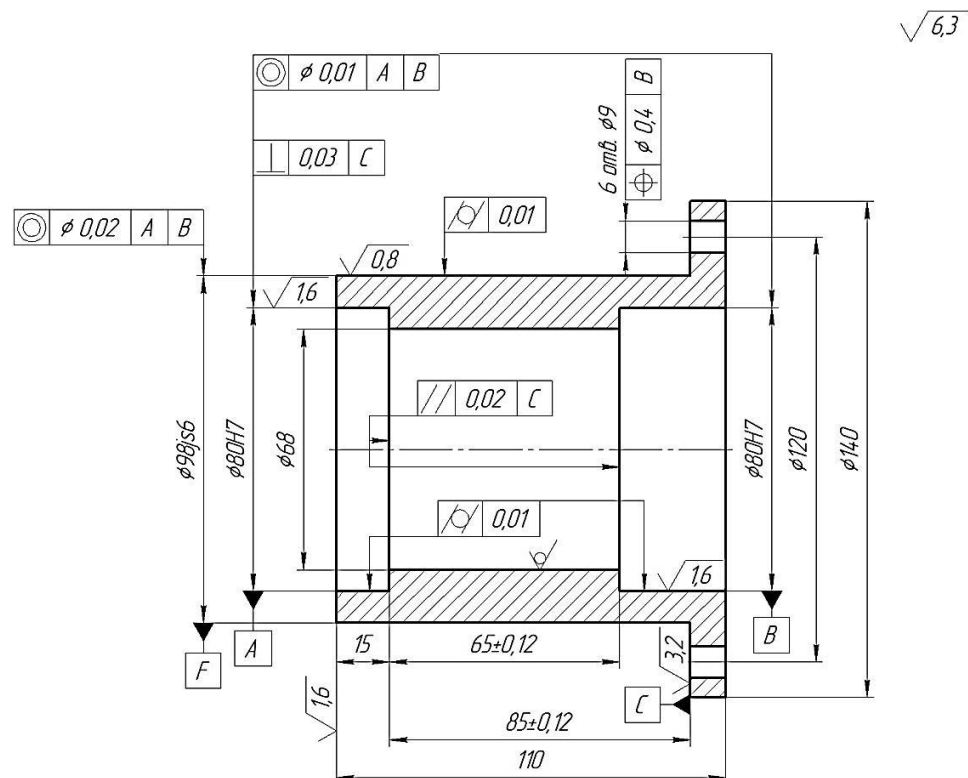
7. Як призначається припуск на механічну обробку? Як він позначається на кресленні виливка?
8. Що називається лінією рознімання форми й моделі?
9. У яких випадках призначається лінія рознімання моделі?
10. Чому виготовляють окремі частини моделей? Які загальні вимоги до моделей і стрижневих ящиків?
11. Чим модель відрізняється від виливка?
12. Які загальні вимоги при виборі лінії рознімання форми?
13. Як позначається лінія рознімання й положення виливка у формі на кресленні виливка?
14. Як позначається стрижень на кресленні виливка?
15. Як визначаються розміри стрижневих знаків?
16. Назвіть загальні принципи вибору місця підведення металу до виливка при її заливанні й призначення ливникової системи? Як позначаються перетини елементів ливникової системи?
17. Як позначаються перетини елементів ливникової системи?
18. Як показується форма в зборі на кресленні?

Варіанти технічних завдань

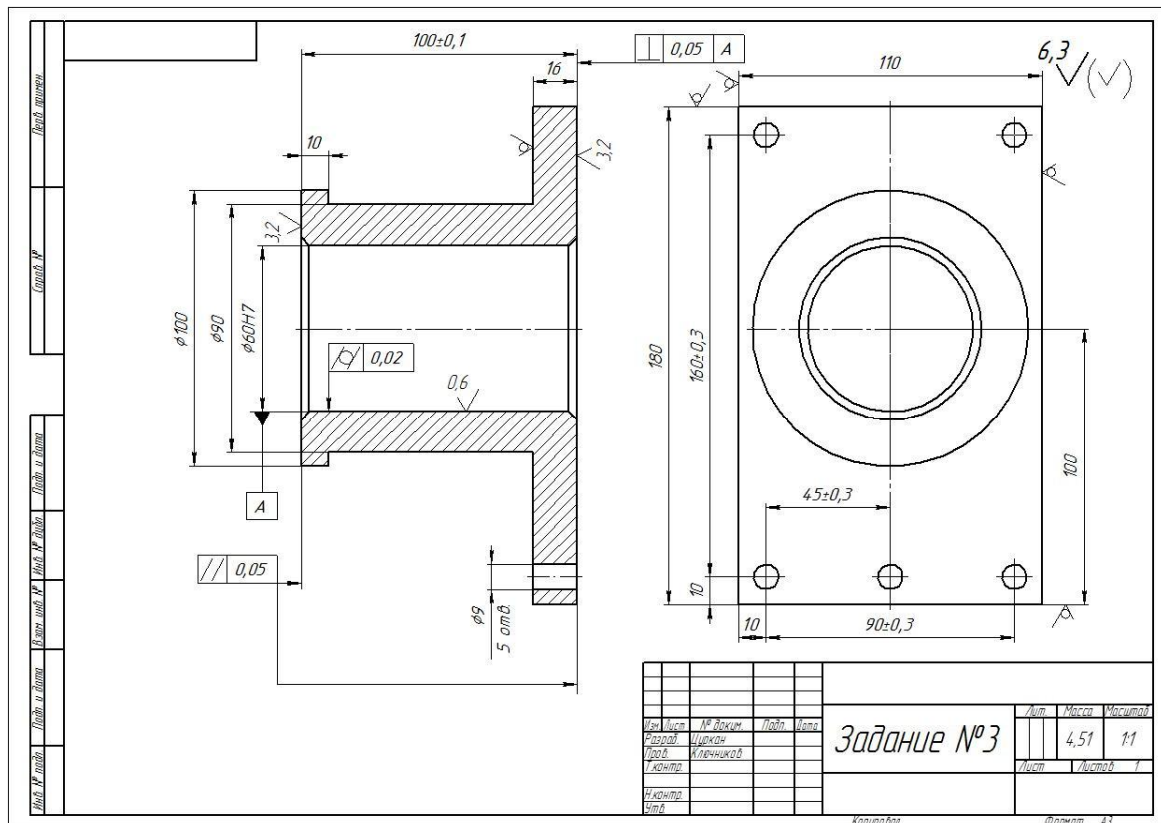
Завдання 1



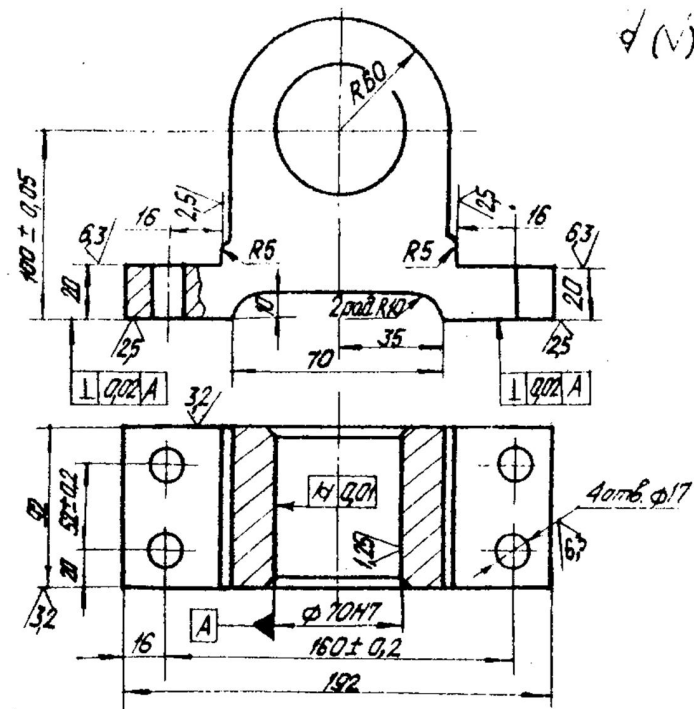
Завдання 2



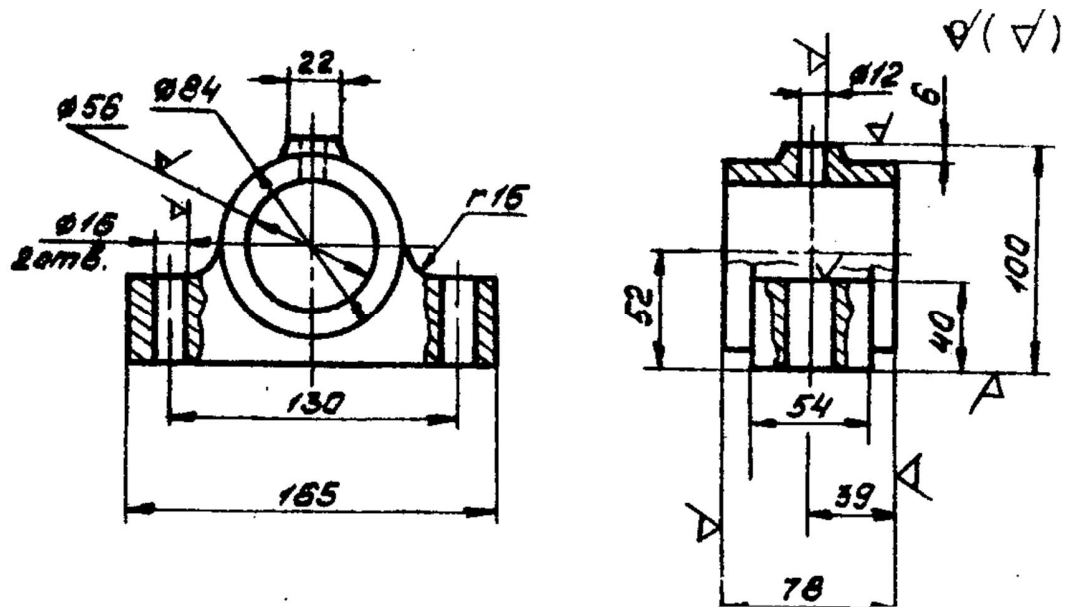
Завдання 3



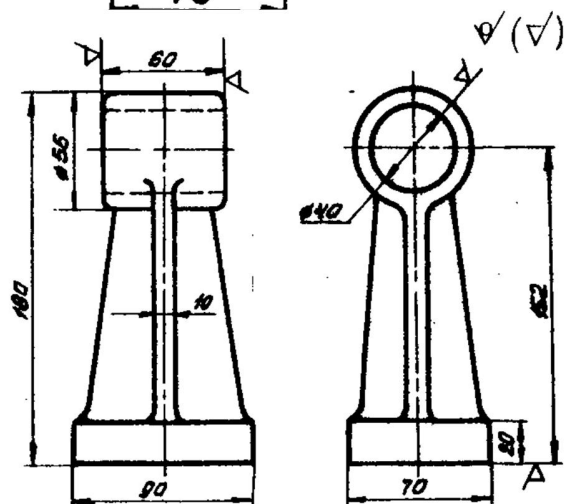
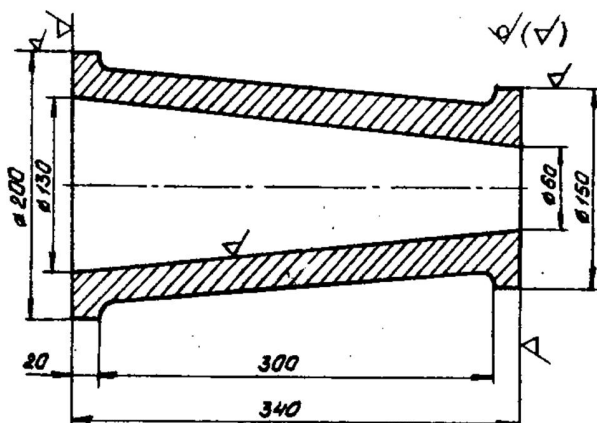
Завдання 4



Завдання 5

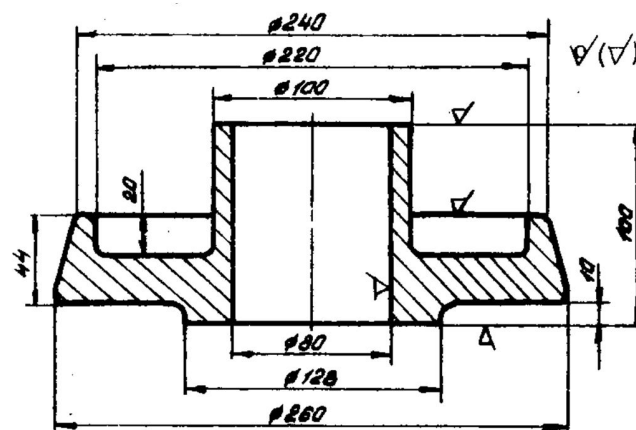


Завдання 6

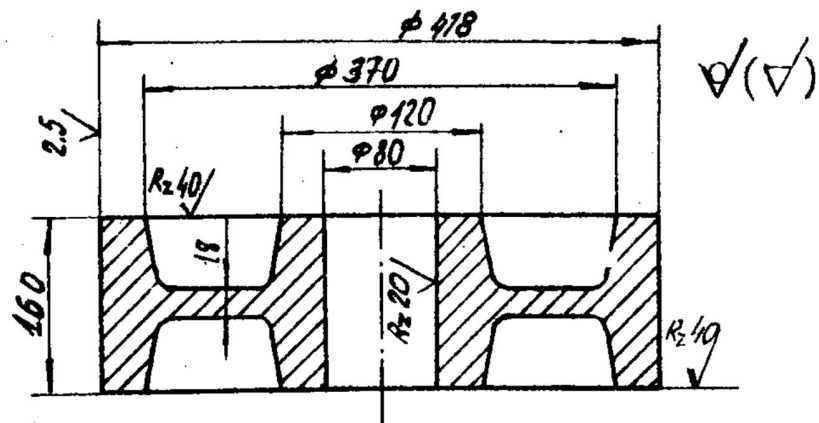


Завдання 7

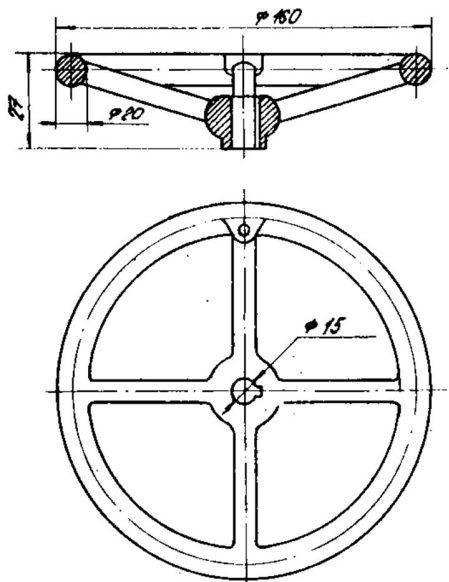
Завдання 8



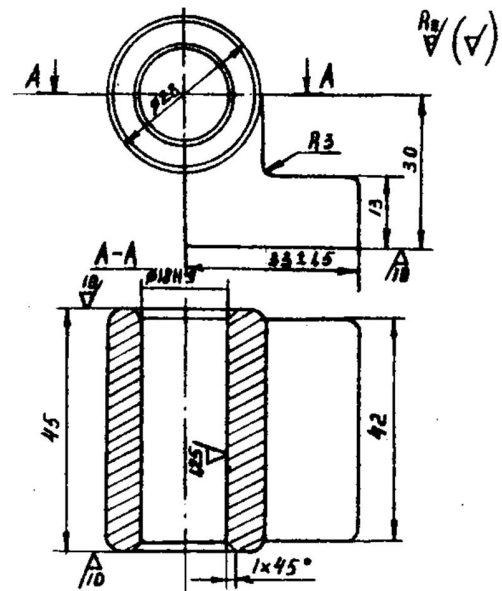
Завдання 9



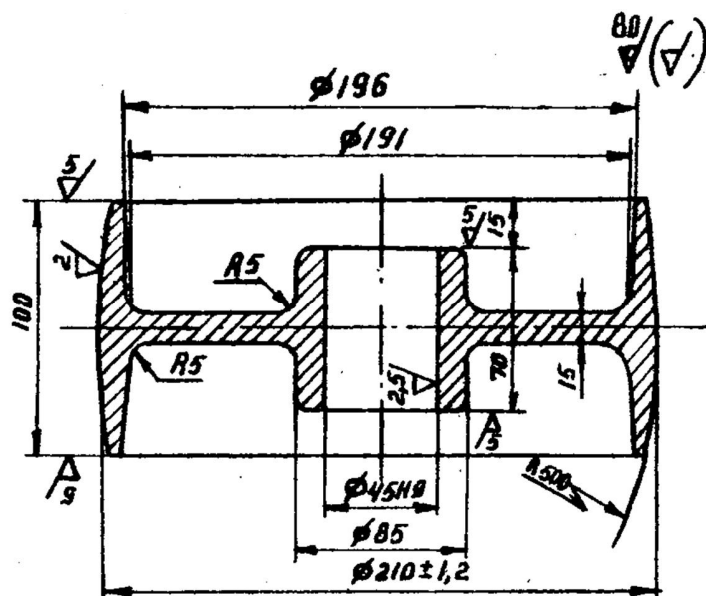
Завдання 10



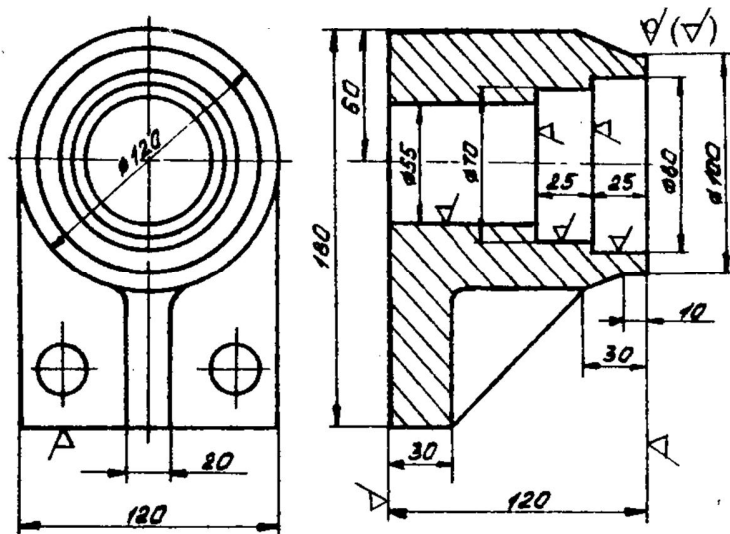
Завдання 11



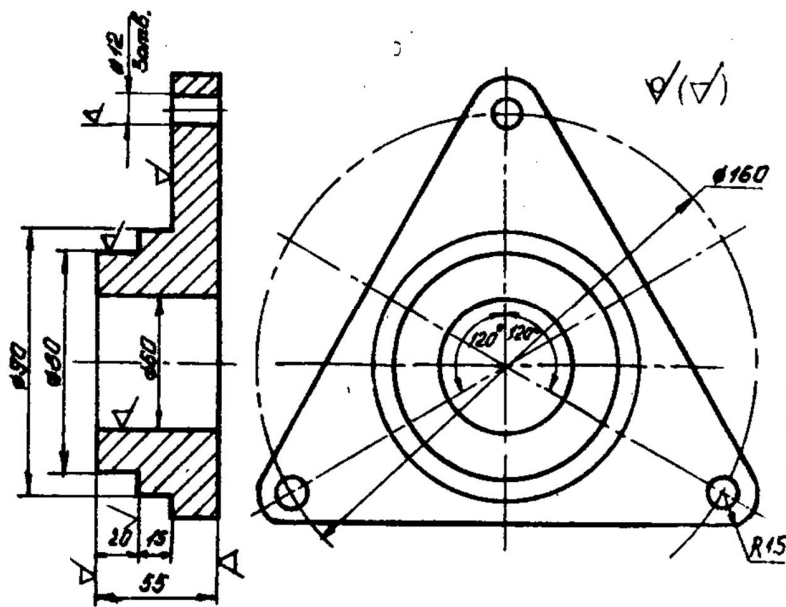
Завдання 12



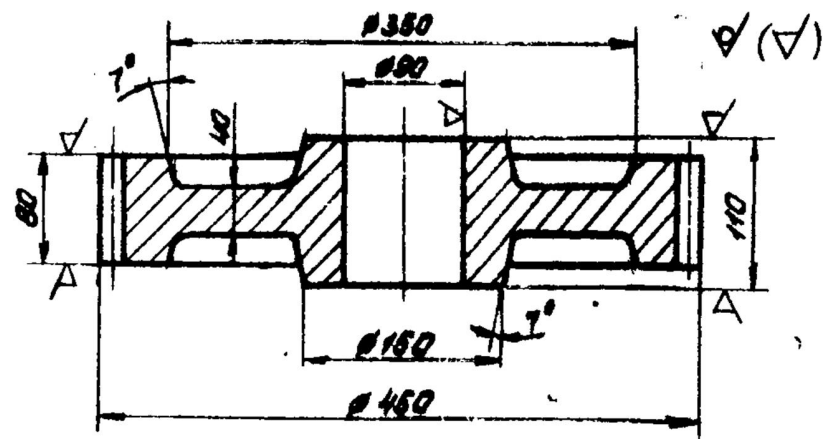
Завдання 13



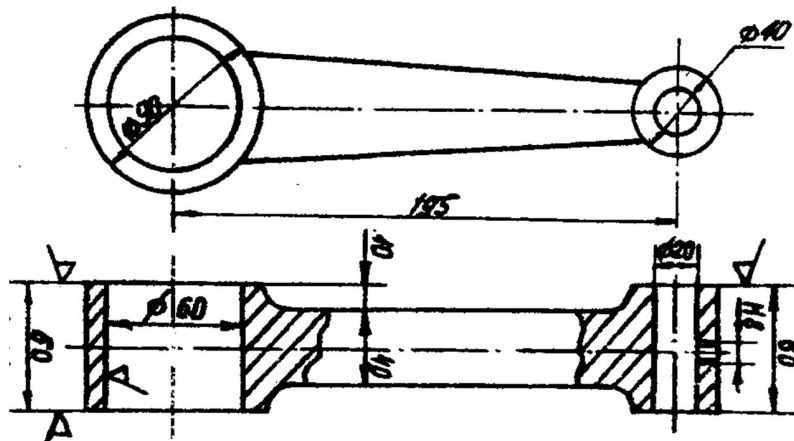
Завдання 14



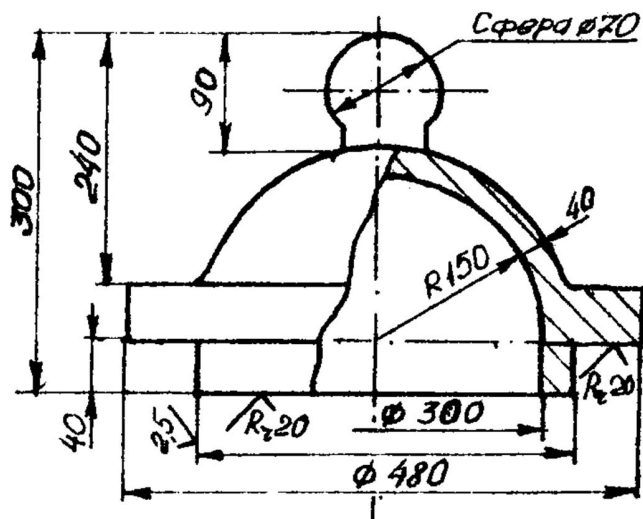
Завдання 15



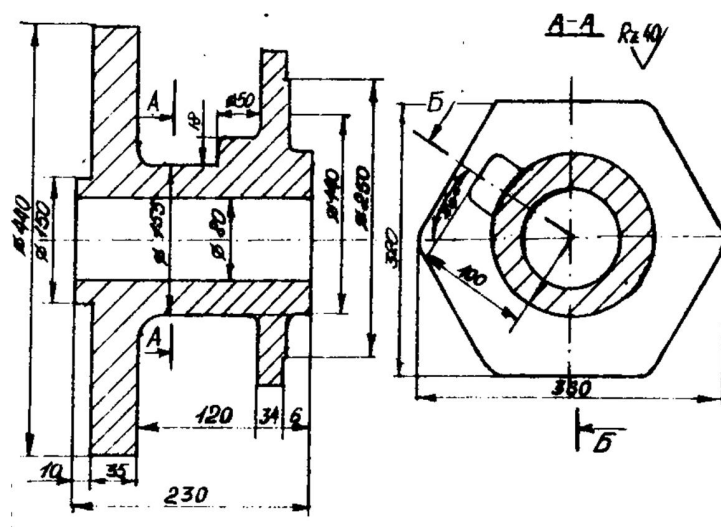
Завдання 16



Завдання 17



Завдання 18



Лабораторна робота № 35

РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ

Мета роботи - ознайомитися з будовою, призначенням і методикою розрахунків ливниково-живильної системи, дістати навички роботи з програмою та розрахунків елементів ливникової системи .

Короткі теоретичні відомості

Ливниково-живильна система - це система каналів і елементів ливарної форми, призначена для подавання металу в порожнину форми, її заповнення і живлення відливка під час затвердіння. Перші два завдання виконує ливникова система, третє - додатки, необхідні для попередження утворення у виливках усадочних раковин /у разі використання сплавів з малою об'ємною усадкою або відсутності у відливка масивних частин, додатки можна не передбачати.

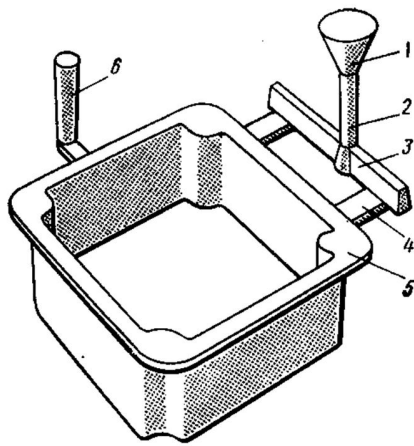


Рис. 35.1. Ливниково-живильна система.

На рис.35.1 зображено ливниково-живильну систему. Ливникова чаша 1 слугує для приймання металу із заливального ковша. У чаші частково відокремлюються шлакові включення із розплаву. Стояк 2 - вертикальний канал, який передає розплав із чаші до інших елементів ливникової системи. Шлаковловлювач 3 призначений для затримання шлакових включень та подачі

металу в живильники 4. По живильниках заповнюється розплавом робоча порожнина форми. Всі ці елементи мають забезпечувати призначені витрати металу, швидкість його руху, затримання шлаку] одержання якісного відливка 5, Випор 6 слугує для виходу повітря й газів, зменшення динамічного тиску металу на форму в момент закінчення її заповнення та сигналізації про кінець заливання. Залежно від розмірів форми встановлюють один або кілька випорів.

Ливникова чаша (рис.35.2а) або воронка (рис.35.2б) приймають метал з ковша і подають його через інші елементи ливникової системи у порожнину форми. В чаші струя попадає спочатку у порожнину М. Це зменшує тиск металу і сприяє частковому відділенню шлакових включень. Ливникова воронка поліпшує попадання струї металу при заливанні.

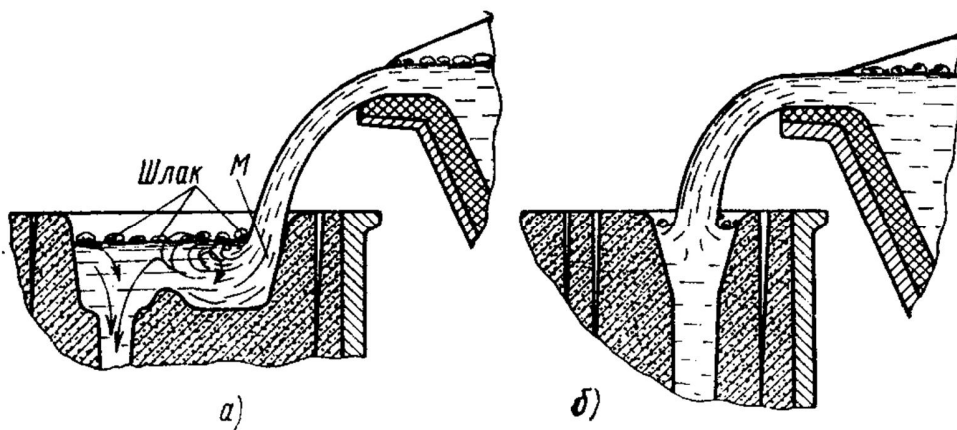


Рис.35.2.Заливка металу в ливникову чашу (а), та воронку(б).

Під час заливки ливникова чаша повинна бути заповненою, тому що при недостатній глибині розплаву в чаші над стояком утворюється воронка, через яку повітря і шлак, що плаває на поверхні, можуть потрапити в стояк і у виливок (рис.35.3.а).

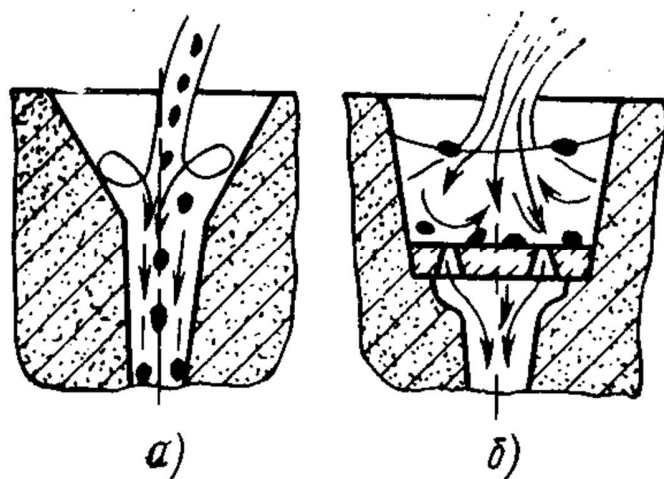


Рис.35.3. Схема руху розплаву в ливникових чашах.

Для мілких виливків шлак в чаші затримують фільтрувальними сітками, які виготовляють з стержневої суміші (рис.35.3.б).

До складу елементів ливникової системи, які забезпечують живлення розплавом при затвердінні, входять живильні випори та додатки, їх застосовують для виготовлення відливків з білого, легованого, високоміцного чавунів, товстостінних відливків із сірого чавуну. Але найчастіше додатки використовують при виготовленні виливків із сталі і кольорових сплавів. Вони компенсують усадку стовщених місць відливка. Звичайно додатки розміщують над масивними частинами відливка; їх розміри й конфігурація мають бути такими, щоб розплав у них остигав останнім. Товщина додатку має бути більшою за товщину того місця відливка, над яким його встановлюють. Додатки великих розмірів неекономічні, оскільки збільшують витрати металу та собівартість відливків.

Проектування ливникової системи є важливим етапом технологічного процесу і значно впливає на якість та властивості одержуваних відливків. Вибором підведення металу та регулюванням його потоків під час заповнення форми можна забезпечити необхідний режим охолодження відливка та деякою мірою регулювати його структуру та експлуатаційні властивості.

Ливникова система має відповідати таким вимогам:

- заповнювати форму металом за певний час;
- досягти мінімальної кількості неметалевих і газових включень у металі, а також раціонального режиму затвердіння й охолодження відливка;
- мати невелику масу;
- займати мало місця у формі й забезпечувати зручність формування.

Визначення часу заповнювання форми - найважливіша частина розрахунків ливникової системи, оскільки він найбільше впливав на якість відливків. Тривале заповнення спричинює появу у відливків недоливів, незлиття в результаті передчасного охолодження або затвердіння розплаву, а також усадок і засмічень через розмивання форми металом.

Затримання шлакових включень, які можуть бути занесені разом з металом, що заливають, забезпечується правильною конструкцією ливникових чаш і шлаковловлювачів.

Режим затвердіння й охолодження відливка можна регулювати за допомогою ливникової системи. Щоб забезпечити напрямлене затвердіння від тонких до масивніших частин відливка і далі до додатка, який твердне останнім, живильники необхідно підвести до масивних частин або безпосередньо до додатка. Одночасне затвердіння й зниження напружень досягається підведенням живильників до тонких стінок відливка. Направлене затвердіння застосовують для сталей, алюмінієвих, магнієвих та інших сплавів, у яких значна об'ємна усадка і є схильність до утворення усадочних раковин. Одночасне затвердіння доцільне для сплавів з малою об'ємною усадкою, які не дають концентрованих усадочних раковин (сірого чавуну, олов'яних бронз).

Ливникові системи поділяють за гідродинамічною ознакою на ті, що звужуються, і ті, що розширюються; за напрямом течії розплаву в порожнину форми - на верхні, бічні й нижні (сифонні). Якщо позначити площу перерізу стояка $F_{ст}$, шлаковловлювача $F_{ш}$, а живильника або живильників, якщо їх кілька, $F_{ж}$, то в

ливникової системи, що звужується, $F_{ст} > F_{ш} > F_{ж}$, а у тієї, що розширюється, $F_{ст} < F_{ш} < F_{ж}$. Отже, найменшою площею поперечного перерізу, яку визначають для систем, що звужуються, є $F_{ж}$, а для тих, що розширюються, - $F_{ст}$ (найвужча нижня частина стояка). Вибір типу ливникової системи значною мірою залежить від типу ливарного сплаву. Для чавуну часто використовують ливникову систему, що звужується і швидко заповнюється розплавом, оскільки створюються найсприятливіші умови для вловлювання в ній шлаку. Для литва легко окислюваних алюмінієвих сплавів придатнішою є ливникова система, що розширюється, з більшою сумарною площею $F_{ж}$, яка забезпечує спокійне (без перемішування) затікання розплаву в порожнину форми, з меншим розбризкуванням. Системи, що розширюються, застосовують також при виготовленні відливків із сталі, магнієвих та інших легкоокислюваних сплавів, а останнім часом - і для чавунних відливків.

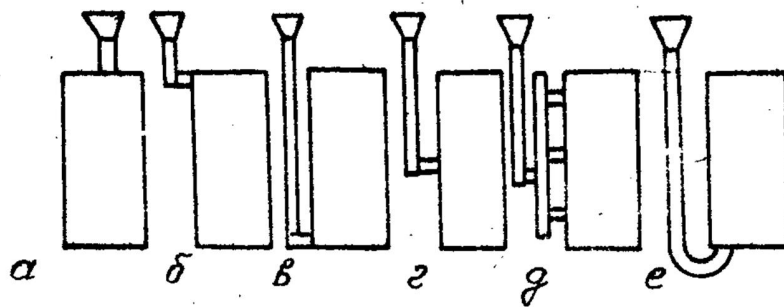


Рис.35.4.

На рис.35.2 зображені ливникові системи з верхнім (рис.35.2, а), боковим (рис.23, б-д) та нижнім (рис.23, е) підведенням металу.

Перші дві системи (рис.35.2, а, б) забезпечують упродовж усього заливання гаряче дзеркало розплаву, що сприяє напрямленому знизу вгору затвердінню й запобіганню дефектів відливків, пов'язаних з охолодженням і передчасним затвердінням головної частини потоку металу. Ці системи не застосовують для легкоокислюваних сплавів. Системи на рис.35.2, б-г зручні у формуванні (наприклад, - система на рис.23, г для машинного формування). Системи, зображені на рис.23, в, е, застосовують для легкоокислюваних сплавів, оскільки в них метал

подається під затоплений рівень без розбризкування, окислення і спінення. Ярусні ливникові системи (рис.23,д) характеризуються послідовною дією живильників, починаючи з нижніх, тобто в тій послідовності, в якій піднімається рівень металу в порожнині форми. Ці системи застосовують при виготовленні великих і тонкостінних відливків із чорних і кольорових сплавів.

Розрахунок ливникової системи

Для одержання якісного відливка не менш важливим, ніж правильний вибір місця підведення та конструкції ливниково-живильної системи, є визначення її розмірів і співвідношення площ перерізів основних елементів стояка, шлаковловлювача, живильників.

Розміри елементів ливникової системи розраховують різними методами, які базуються як на теоретичних положеннях, так і на дослідних (емпіричних) даних. Розрахунки виконують за допомогою таблиць, формул і номограм. За одним із поширених методів розрахунки зводяться до визначення площі перерізу вузького місця ливникової системи з наступним обчисленням площі перерізів інших елементів системи.

Площа перерізу вузького місця

$$F = M / (\rho t \mu \sqrt{2gH}),$$

де M - маса усіх виливків у формі; ρ - густина рідкого металу;

t - час заповнення форми; μ - коефіцієнт витрат металу; g - прискорення вільного падіння; H - розрахунковий статичний напір.

Маса відливка у формі втулки

$$M = [\pi l \rho (D^2 - d^2) / 4] + 20\% M,$$

це D, d, l - розміри втулки, $20\% M$ - маса ливникової системи.

Час заповнення форми

$$t = s \sqrt[3]{M \delta}$$

де s - коефіцієнт, який враховує товщину стінок виливка, $s =$

$= 0,4...3,4$.

Час заливання форми тонкостінних відливків товщиною 2,5...15 мм і масою до 450 кг

$$t = s\sqrt{M},$$

де $s \approx 1,9$.

Розрахунковий статичний напір

$$H_p = H_{cm} - h_b^2/(2h_0),$$

де H_{cm} - висота стояка від рівня чаші до живильника; h_b - висота частини відливка від живильника до його найвищої точки; h_0 - загальна висота відливка.

За умов підведення металу по роз'єму, коли $h_b = 0,5h_0$,

$$H_p = H_{cm} - h_0/8.$$

Площі перерізів живильників, шлаковловлювача $F_{ш}$ і стояка P_{cm} знаходять із співвідношення $F_{ж} : F_{ш} : F_{cm}$ (табл.35.1).

Після розрахунків площ перерізів визначають розміри всіх елементів ливникової системи. Для прямого круглого стояка визначають його діаметр. Трапецоїдні шлаковловлювачі, які найчастіше використовують, мають такі співвідношення розмірів:

$$b_{шв} = 0,8b_{шн}; h_{ш} = 1,4b_{шн},$$

де $b_{шв}$, $b_{шн}$ - відповідно верхня (менша) і нижня основа; $h_{ш}$ - висота шлаковловлювача.

Перерізи живильників звичайно мають прямокутну форму. Висота живильника не може перевищувати товщину відливка в місці підведення металу.

Випори виконують як круглого, так і прямокутного перерізу. Нижній переріз випору визначають залежно від перерізу стояка із заданого співвідношення. За наявності кількох випорів на одному відливку їх сумарний переріз може бути навіть більшим.

Таблиця 35.1

Рекомендовані	Область застосування
1:1,1:1,5	Для дрібних і середніх відливків
1:1,2:1,4	Для крупних відливків із сірого
1:1,1:1,2	Для дрібних сталевих відливків
1,0...1,5:1:1	Для середніх і крупних сталевих
3:2:1	Для відливків із алюмінієвих
4:2:1	Для відливків із магнієвих сплавів

Обладнання і матеріали

Відливки з ливниковими системами та моделі елементів ливникових систем.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову, призначення і методику розрахунків ливниково-живильної системи.
2. Обчислити розміри елементів ливникової системи за власним завданням (табл.35.2) і занести до табл.35.3.

Таблиця 35.2

Номер завдан D, мм	d, мм	l, мм	$\rho \cdot 10^3$, кг/м ³	s	μ	g, м/с	$F_{ж} \cdot F_{ш}$	$F_{ш} \cdot F_{ст}$
1	50	30	100	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
2	100	80	150	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
3	150	135	200	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
4	200	180	300	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
5	200	100	400	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
6	250	150	300	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
7	250	200	400	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
8	250	200	500	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
9	300	50	250	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
10	300	150	300	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
11	300	25	500	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
12	300	25	800	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
13	400	25	100	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2
14	400	50	100	7,0/7,5	2/1	0,5/0,4	9,8	1, 1,5/1,2

У чисельнику наведені дані для чавуну, у знаменнику - для сталі.

Таблиця 35.3

Сплав	Габаритні розміри відливка $D \times d \times l, \text{мм}$	Площа перерізу, мм^2				Розміри перерізів елементів ливникової системи, мм	Час заливання форми, с	Маса відливка, кг
		$F_{жс}$	$F_{ш}$	$F_{ст}$	F_v			
						Живильник		
						Шлаковловлювач		
						Стояк		
						Випор		

Контрольні запитання

1. Що називають ливниковою системою?
2. Із яких основних елементів складається ливникова система?
3. В якій послідовності встановлюють моделі елементів ливникової системи при ручному виготовленні піщаної форми в двох опоках?
4. Яке призначення випорів і де вони встановлюються?
5. Призначення і будова ливникових чаш і воронок.

Складання звіту

1. Короткий опис будови і методики розрахунків ливниково-живильної системи.
2. Ескізи ливникових систем (рис.35.1, 35.4).
3. Таблиця з результатами розрахунків.

Вимоги

безпеки при проведенні лабораторних і практичних робіт

Вимоги безпеки розроблено на основі ДНАОП 1.1 10-04-01. “Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями”

1. Перед початком проведення лабораторних робіт і практичних занять в лабораторії інженер з навчального процесу проводить інструктаж. Результати інструктажу заносяться в журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

В журналі після проходження інструктажу повинен бути підпис особи, яка інструктує та студентів.

2. Під час виконання лабораторної та практичної роботи забороняється:

- близько нахилитися до шпинделя ріжучого інструменту;
- утримувати виріб руками під час роботи обладнання;
- перевіряти рукою гостроту кромки інструмента, глибину отвору та вихід інструмента із отвору;
- охолоджувати інструменти та деталь мокрою ганчіркою;
- брати в руки стружку;
- не доторкатися оголеними частинами тіла до обладнання, яке знаходиться під струмом.

3. Виконувати всі вказівки викладача та інженера з навчального процесу.

Література

1. Технологія конструкційних матеріалів / Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. та ін., Київ “Вища школа”, 2002. 425 с. Підручник.
2. Технологія ливарного виробництва: Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Технологія конструкційних матеріалів» для студентів машинобудівних спеціальностей / Ю.В.Ключников та ін. - К.:КПІ,1995. - 60с.
3. Технология литейного производства / Титов Н.Д., Степанов, А.Ю. – М.: Машиностроение, 1985.— 400 с.
4. Основы литейного производства / В.А. Озеров, А.С. Муркина, М.Н. Сосненко. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
5. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник. К., Либідь, 2002 с. 326.
6. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие / Под ред. М.А.Шатерина.- СПб.: Политехника, 2005.- 597с.