

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи розрахунку ливникових систем»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Харків 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи розрахунку ливникових систем»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Затверджено
редакційно-методичною
радою університету,
протокол № 2 від 26.06.2025

Харків 2025

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Сучасні методи розрахунку ливникових систем», для студентів спеціальності G10 Металургія / Укл. Дьомін Д. О. – Харків, НТУ «ХП», 2025. – 20 с.

Укладачі: Д. О. Дьомін

Рецензент проф. Акімов О.В.

Кафедра ливарного виробництва

Харків 2025

Робота №1

ТИПИ ЛИВНИКОВИХ СИСТЕМ

Мета роботи

Навчитися визначати тип ливникової системи та обирати раціональний варіант в залежності від деталі, для якої розробляється виливок.

Теоретичні відомості

Існує багато типів ливникових систем. Вибір конкретного типу залежить від конструкції майбутнього виливку та технології, доступної в конкретному виробництві. На рис. 1.1 наведено основні типи ливникових систем.

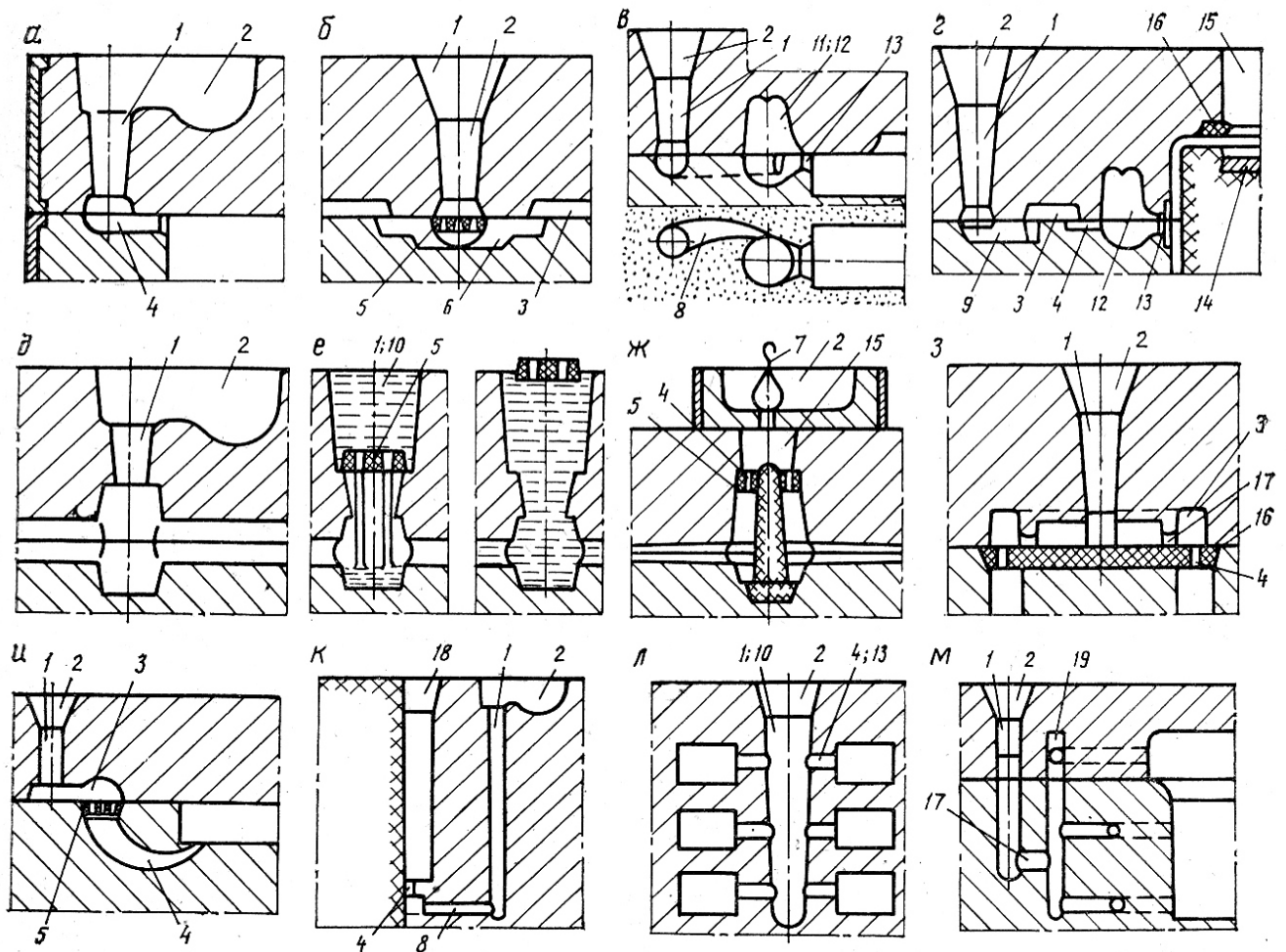


Рис. 1.1. Ливникові системи з підводними та живильними елементами.

На рис. 1.1 прийняті такі позначення:
а – спрощена горизонтальна;

- б* – горизонтальна з сіткою по роз'єму;
- в* – горизонтальна з живильною бобишкою, що виконує роль бічного надлишку і шлакоуловлювача;
- г* – повна горизонтальна з підвідними і живильними елементами;
- д* – верхня спрощена, що складається з підводячих елементів;
- е* – верхня дощова з сіткою;
- ж* – верхня дощова з чашею і легковиділеним прибутком;
- з* – верхня дощова для втулок з кільцевим шлаковиком та радіальними дроселями;
- и* – сифонна ріжкова;
- к* – сифонна з кільцевим ливниковим ходом і щілинними живильниками;
- л* – поверхова з вільним рівнем у стояку, утвореним падаючим струменем;
- м* – ярусна з вільним рівнем у стояку, утвореним висхідним потоком.
- 1* – стояк;
- 2* – ливникова чаша (воронка);
- 3* – шлаковик;
- 4* – живильник;
- 5* – фільтрувальна сітка;
- 6* – металоприймач сітки;
- 7* – пробка;
- 8* – ливниковий хід;
- 9* – вертикальний одноходовий дросель;
- 10* – відкритий надлишок;
- 11* – відцентровий шлакоуловлювач;
- 12* – бічний проточний надлишок;
- 13* – шийка надлишку;
- 14* – зовнішній холодильник;
- 15* – верхній легковидаляємий надлишок;
- 16* – розділовий стрижень;
- 17* – горизонтальний дросель;
- 18* – кільцевий надлишок;
- 19* – розподільний стояк

Постановка задачі

Визначити раціональний варіант ливникової системи по заданій конструкції деталі, для якої розробляється технологія виливку.

Вихідні дані:

Загальна конструкція та матеріал деталі

Матеріал виливку – чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019.

Технологія виготовлення: разові піщані форми.

Обладнання для ущільнення суміші: струшуючо-пресові машини.

Конструкція наведена на рис. 1.2.

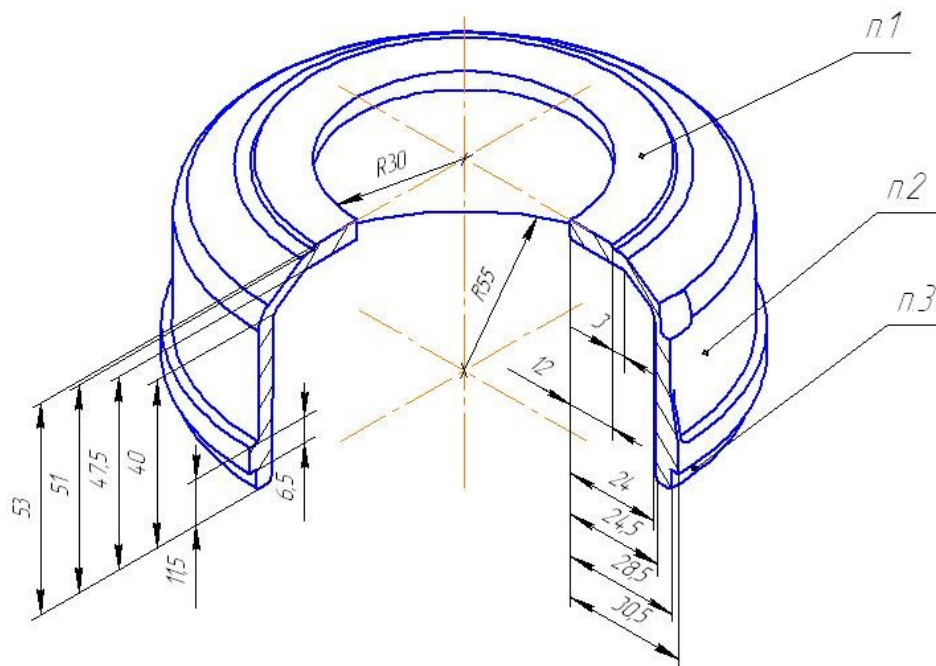


Рис. 1.2. Конструкція деталі

Порядок виконання роботи

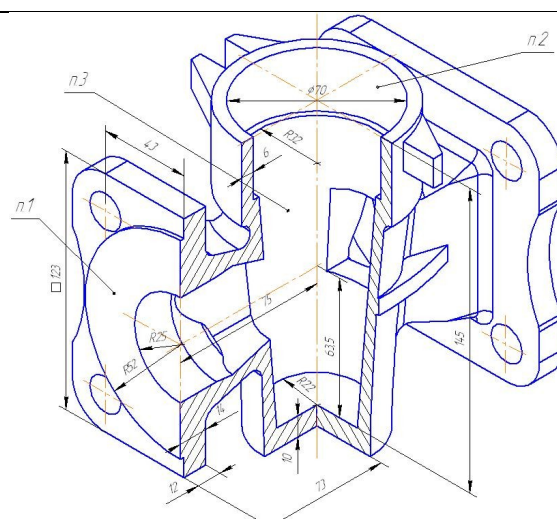
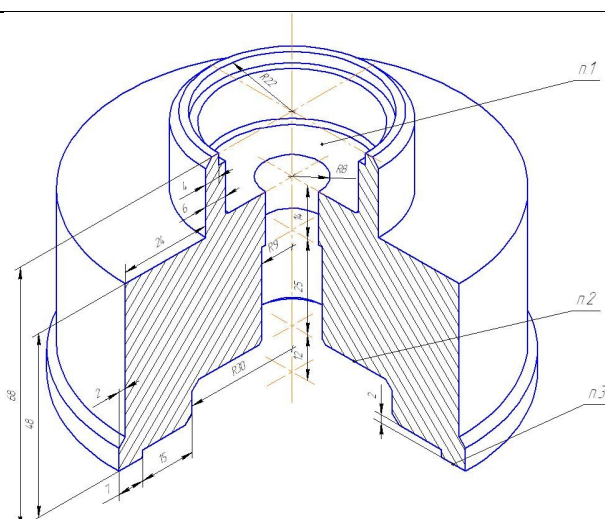
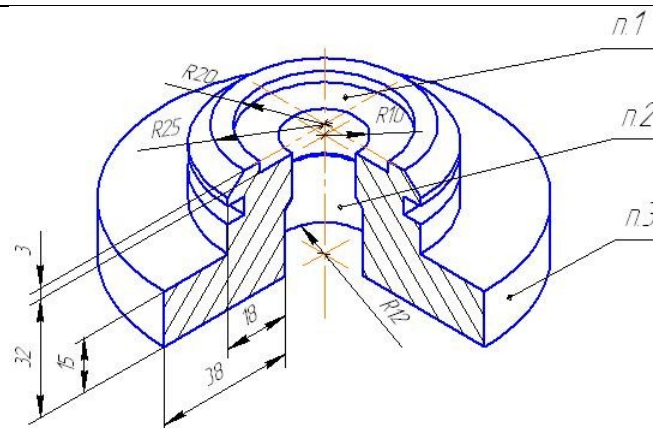
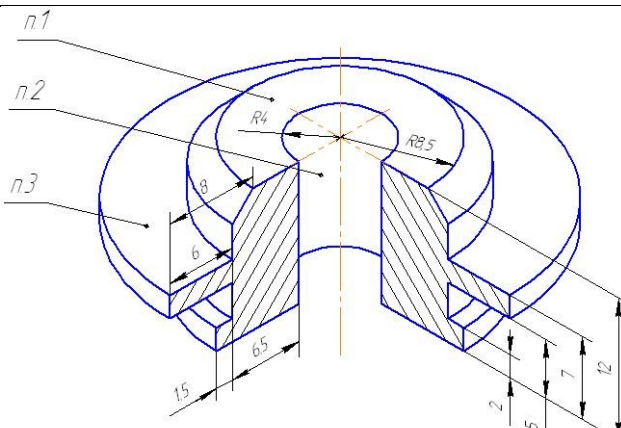
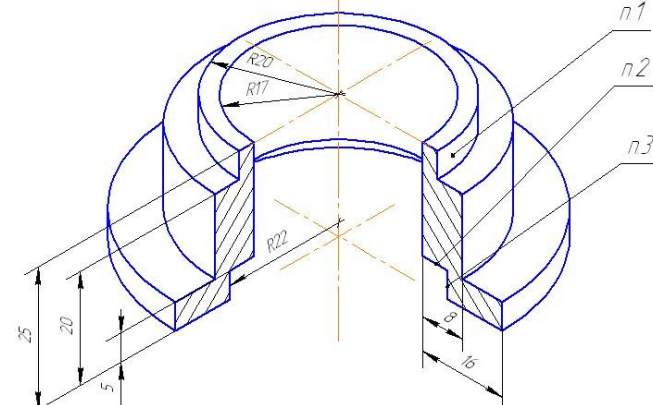
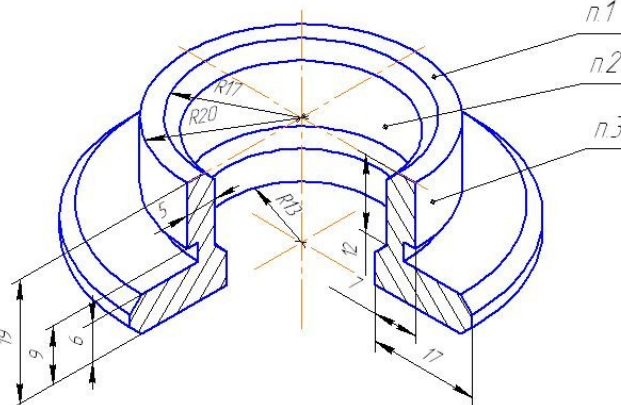
1. Ознайомитися із існуючими типами ливникових систем.
2. Обрати тип ливникової системи.

Оформлення звіту

Звіт має містити:

1. Стислий опис типів ливникових систем.
2. Принцип вибору типу ливникової системи.
3. Висновки.

Завдання для самостійної роботи по варіантам:

<p style="text-align: center;">1</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5</p>	<p style="text-align: center;">2</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ250 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5</p>
<p style="text-align: center;">3</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ300 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5</p>	<p style="text-align: center;">4</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5</p>
<p style="text-align: center;">5</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019</p>	<p style="text-align: center;">6</p>  <p>Матеріал: чавун СЧ250 ДСТУ 8833:2019</p>

Масштаб: 1:5	Масштаб: 1:5
7	8
Матеріал: чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5	Матеріал: чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019 Масштаб: 1:5
9	10
Конструкція – варіант 1 Матеріал: Сталь 20Л	Конструкція – варіант 2 Матеріал: Сталь 25Л
11	12
Конструкція – варіант 1 Матеріал: Сталь 30Л	Конструкція – варіант 2 Матеріал: Сталь 35Л

Література

1. Дьомін Д. О. Ресурсозберігаючі технології у ливарному виробництві / Д. О. Дьомін, О. Б. Дьоміна, О. В. Акімов та ін. під ред. Дьомін Д. О. – ХАРКІВ: Видавництво «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР», 2012. – 320 р.

Робота №2

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЛИВНИКОВИХ СИСТЕМ

Мета роботи

Ознайомитися з принципами розрахунку основних елементів ливникових систем.

Теоретичні відомості

Ливникова система складається з стояка, шлаковловлювача (шлаковик) та живильників. Ливниковий стояк – вертикальний канал, що примикає верхнім кінцем до ливникової воронки або ливникової чаші, а нижнім – до інших каналів ливникової системи (шлаковловлювачів або живильників).

Ливниковий стояк виконується зазвичай круглого перерізу.

Шлаковик – ливниковий канал, що підводить метал до живильників, сповільнює перебіг струменя металу і змінює її напрям. Шлаковловлювач служить для кращого відділення шлаків та інших неметалевих включень, що захоплюються рідким металом на шляху до форми.

Живильник – ливниковий канал плоского або трапецеїдального профілю, що служить для безпосереднього підведення металу до порожнини форми. Він повинен бути розташований по відношенню до порожнини форми таким чином, щоб виключити або звести до мінімуму дію струменя металу, що розмиває форму, на матеріал форми.

Розрахунок ливникової системи зводиться до визначення сумарної площі перерізу живильників, визначення площі перерізу шлакоуловлювача, площі перерізу стояка, вибору кількості живильників та розрахунку площі перерізу кожного живильника.

Розрахунок проводиться за формулою Озана-Діттерта:

$$\Sigma F_{жсис} = \frac{\Sigma G}{\gamma t \mu \sqrt{2gH_p}}, \quad (2.1)$$

де ΣG – вага металу, що заливається у форму, включає масу всіх виливків, розміщених у формі, і масу ливникової системи;

γ – густина сплаву, кг/м³,

μ – коефіцієнт, що залежить від опору форми і приймається рівним 0,25–0,5, залежно від способу заливання і опору форми: при заливці всуху $\mu = 0,3-0,5$ (0,3 – високий опір – два повороти струменя на 90°, 0,38 – середній опір – один поворот, 0,5 – малий опір; всирую $\mu = 0,25-0,42$ (0,25 – високий опір – два повороти струменя на 90°, 0,32 – середній опір – один поворот, 0,42 – малий опір)

g – прискорення вільного падіння, м/с²,

t – тривалість заливання, с, яка визначається за формулою:

$$t = S\sqrt[3]{\delta G}, \quad (2.2)$$

або

$$t = S\sqrt{\delta G}, \quad (2.3)$$

залежно від типу сплаву – сталь чи чавун, відповідно,

де S – коефіцієнт, що залежить від рідинної плинності металу (нормальна або підвищена) і способу підведення металу (знизу сифоном в товстостінні частини виливки $S = 1.3$ при нормальній рідкотекучості, $S = 1,4-1,45$ при підвищеній рідкотекучості, $S=1,5-1,6$ при підвищеній рідкотекучості; зверху рівномірне підведення в тонкостінні частини виливки $S=1,5-1,6$ при нормальній рідкотекучості, $S=1,6-1,8$ при підвищеній рідкотекучості

δ – переважна або середня товщина стінки виливки, см

Статичний натиск визначається за такою формулою:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C}, \quad (2.4)$$

де H – висота стояка від місця підведення металу у форму, що відповідає висоті верхньої опоки, мм,

C – висота виливку, мм,

P – висота від лінії роз'єму до верхньої точки на виливку, мм.

Площі решти елементів ливникової системи визначаються з різних співвідношень $\Sigma F_{\text{пит}}:F_{\text{шл}}:F_{\text{ст}}$ з емпіричних міркувань.

Після розрахунку площ перерізів всіх елементів ливникової системи вибираються їх геометричні розміри.

Постановка задачі

Розрахувати основні елементи ливникової системи (площа перетину живильників, площа перетину шлаковика, площа перетину стояка) по заданій технології виливку.

Вихідні дані:

Технологія виливка

Матеріал виливку – чавун СЧ200 ДСТУ 8833:2019.

Технологія виготовлення: разові піщані форми.

Обладнання для ущільнення суміші: струшуючо-пресові машини.

Конструкція наведена на рис. 2.1.

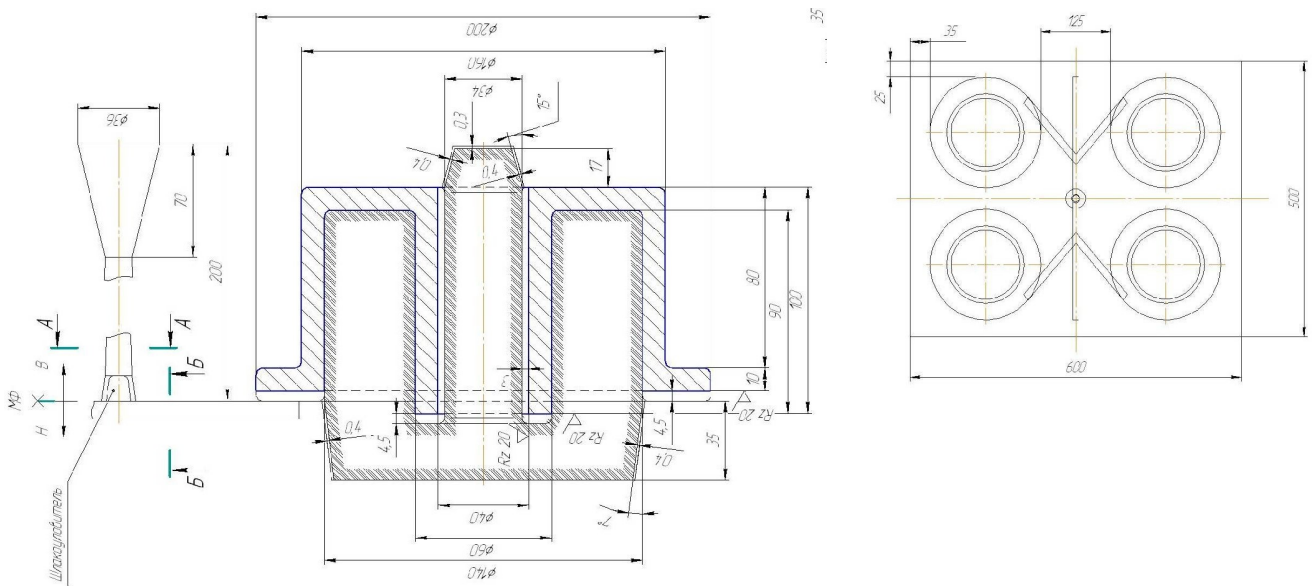


Рис. 2.1 Технологія вилівка

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з розрахунковими формулами для кожного елементу ливникової системи.
2. Розрахувати площу перетину живильників.
3. Розрахувати площу перетину шлаковика
4. Розрахувати площу перетину стояка

Оформлення звіту

Звіт має містити:

1. Стислий опис процедури розрахунку ливникової системи.
2. Схема розрахунку
3. Результати розрахунку елементів ливникової системи.
4. Висновки.

Робота №3

ВИБІР ТА УСТАНОВКА НАДЛИШКІВ

Мета роботи

Ознайомитися з принципами вибору та установки надлишків.

Теоретичні відомості

Надлишки – це технологічні припливи до виливків, в яких зосереджуються усадкові раковини. У практиці застосовують відкриті та закриті надлишки. Закриті надлишки застосовують через менші теплові втрати зверху. У закритих надлишках, як правило, роблять вентиляційні канали для вільного видалення газів з форми в процесі заливки. Розміри надлишків та їх кількість визначаються для правильного живлення виливки рідким металом. Існує дві групи способів розрахунку надлишків:

– способи, засновані на прямому та непрямому визначенні часу затвердіння надлишку та виливку;

– способи, засновані на визначенні висоти усадкової раковини у надлишку.

У будь-якому випадку, розрахунок надлишку зводиться до визначення його розмірів в залежності від характеристики виливка (вузла, що живиться надлишком).

Схеми надлишків показано на рис.3.1.

Діаметр надлишку D може бути визначений за формулами:

– для рівностінних виливків, що мають відношення переважних товщин у межах 1,5 – 2,5:

$$D = (0,4 \dots 0,45) \sqrt{V_{ж.м}} + \delta, \quad (3.1)$$

де $V_{ж.м}$ – об'єм рідкого металу вузла, що живиться, дм^3

δ – товщина тіла виливку, дм

– для виливків, що мають масивний вузол:

$$D = T + (0,1 \dots 0,2) \sqrt[3]{G_y}, \quad (3.2)$$

де T – діаметр вписаного кола в вузол, що живиться, дм ,

G_y – маса вузла, що живиться, кг .

Еліпсоподібні відкрита і закрита, прямокутна відкрита надлишки (рис.3.1, б, в, е) застосовуються при отриманні середніх і великих виливків.

Розміри закритих бічних надлишків (рис.3.1, з) повинні відповідати співвідношенням:

$$d = (1,3\dots1,7)T; D = T + (1,8\dots2,5)T; d = \frac{D+T}{2}, \quad (3.3)$$

Число надлишків залежно від довжини вузла, що живиться, визначається за формулою:

$$n = \frac{L}{(0,8\dots1,2)T+D}, \quad (3.4)$$

де L – довжина вузла, що живиться, дм.

Бічні надлишки з верхнім живленням (рис.3.1, і, д, л) застосовують для невисоких виливків, що розташовані в нижній опоці. Їх розраховують як і надлишки з шийкою та закриті (рис.3.1, а, г, д).

При закритих надлишках особливу увагу необхідно приділяти наявності контакту усадкової порожнини з атмосферою. Для цього використовують спеціальні стриженьки, довжина та діаметр яких залежать від діаметра надлишку (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1. Розміри стрижень при використанні закритих надлишків

Діаметр надлишку, мм	Діаметр стриженька, мм	Довжина стриженька, мм	
		загальна	знаку
70–120	12–15	90	45
121–200	15	120	50
201–300	15–25	140	60–70
Більш ніж 300	25–50	180–250	80–150

При виготовленні виливків зі сталей аустенітного класу і сталей, схильних до тріщиноутворення, використовують надлишки, що легко відокремлюються, що з'єднуються з виливком перемичками (рис.3.2).

Ефективним технологічним прийомом при використанні закритих надлишків є створення підвищеного тиску в порожнині усадкової раковини. Цього досягають теоретично, як правило, двома основними способами:

– подачею в надлишок газу, що перебуває під тиском, із спеціальної компресорної установки через сталеву трубку, що з'єднує цю установку з надлишком;

– введенням у порожнину форми твердої речовини, що утворює газ під дією теплоти залитого у форму рідкого металу

Перший спосіб має недоліки, пов'язані зі складністю реалізації та громіздкістю обладнання, другий – більш доступний у практиці. Найбільш підходящим газом під час використання другого способу є вуглекислий газ (CO_2). Твердою речовиною, здатною виділяти вуглекислий газ, є карбонат кальцію (CaCO_3). Дана сполука має досить високу температуру початку дисоціації (порядку 650°C), що забезпечує поступове наростання тиску в

надлишку, а також широко доступне. Дисоціація протікає по реакції $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 - 42470$ кал.

Застосування газоподібної речовини безпосереднім приміщенням його в метал не є можливим, так як в цьому випадку розкладання речовини починається негайно при його зіткненні з рідким металом. Тому для створення газового тиску в надлишку необхідно, щоб до початку дисоціації CaCO_3 на поверхні надлишку утворилася досить товста скоринка затверділого металу, яка могла б витримати тиск газу, що утворюється всередині надлишку. З цією метою газотворна речовина (газотворний заряд) покривають шаром теплоізоляційного матеріалу.

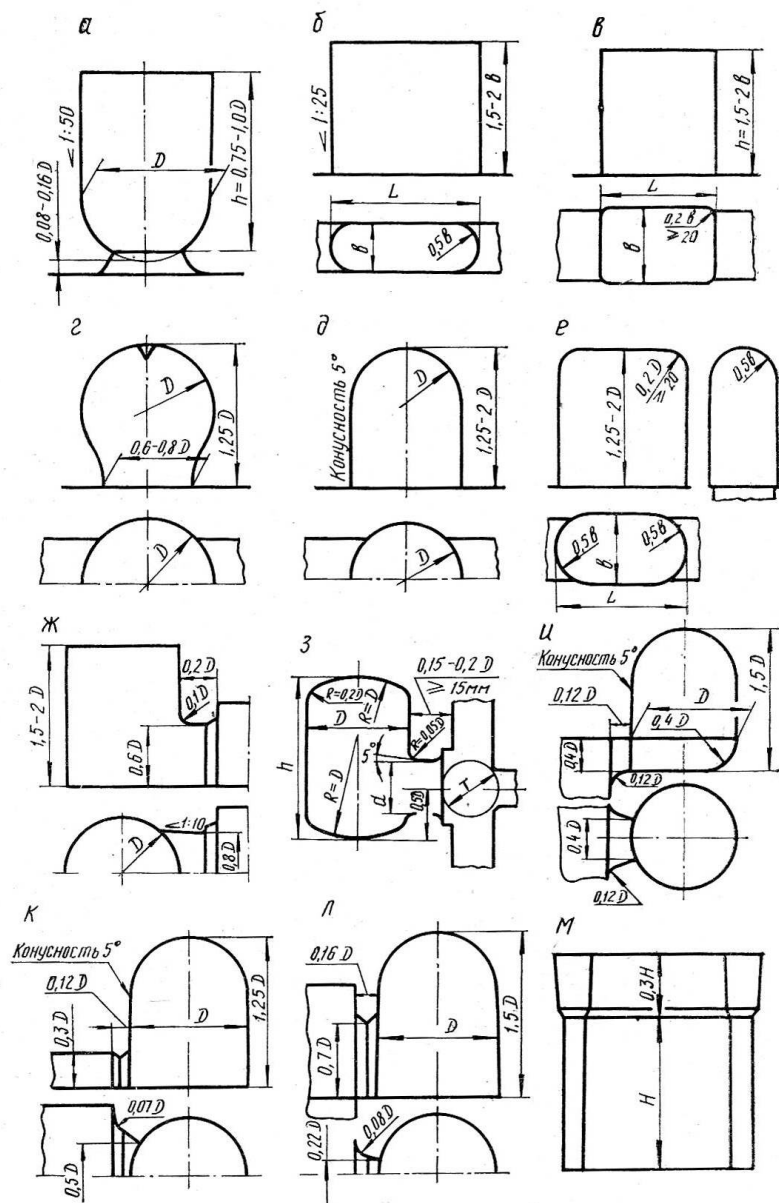


Рис. 3.1. Типи надлишків для сталевих виливків

а – циліндрична відкрита з шийкою, *б* – еліпсоподібна відкрита, *в* – прямокутна відкрита, *г* – сферична закрита, *д* – циліндрична закрита, *е* – еліпсовидна закрита, *ж* – бічна відкрита, *з* – бічна закрита, *и* – бічна закрита з верхнім

живленням, κ – бічна закрита для живлення плоских виливків, $л$ – бічна закрита, розташована у верхній напівформі, $м$ – кільцева відкрита

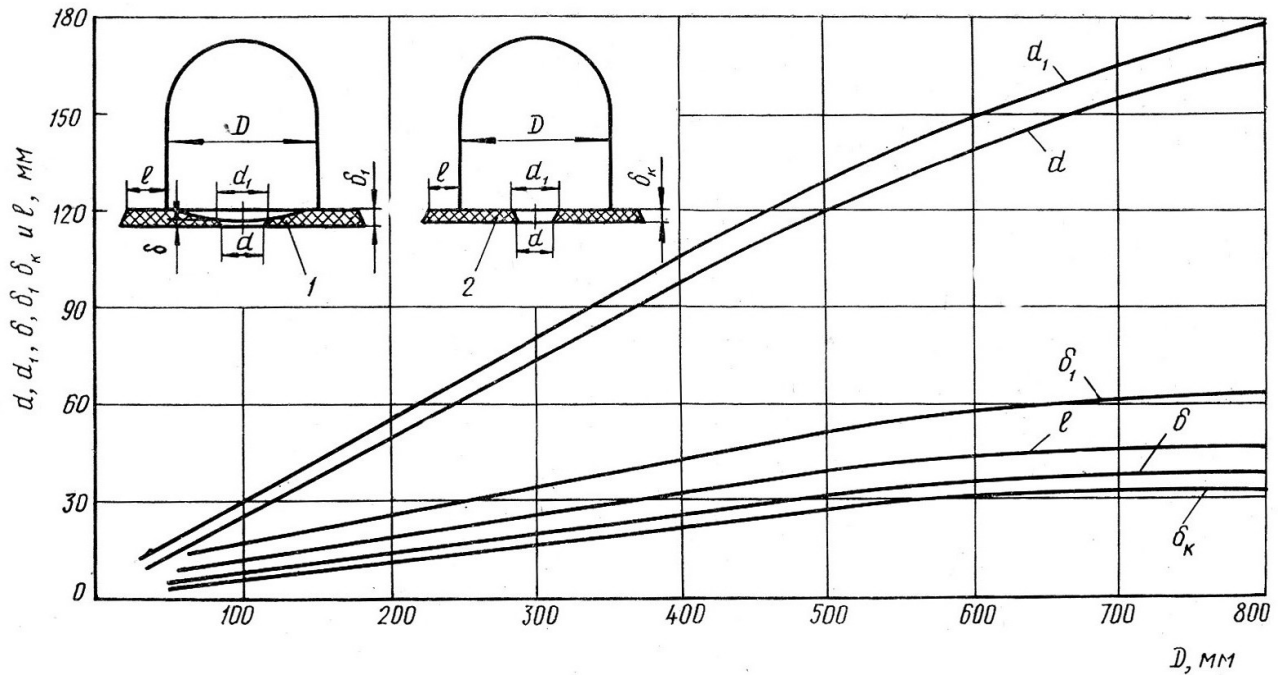


Рис.3.2. Номограма для розрахунку діафрагм надлишків, що легко відокремлюються.

1 – зі стрижневих сумішей, 2 – з вогнетривких матеріалів

Постановка задачі

Обрати тип та варіант установки надлишків по заданій конструкції деталі.

Вихідні дані:

Матеріал виливку – сталь.

Конструкція наведена на рис. 3.3. Масштаб 1:10

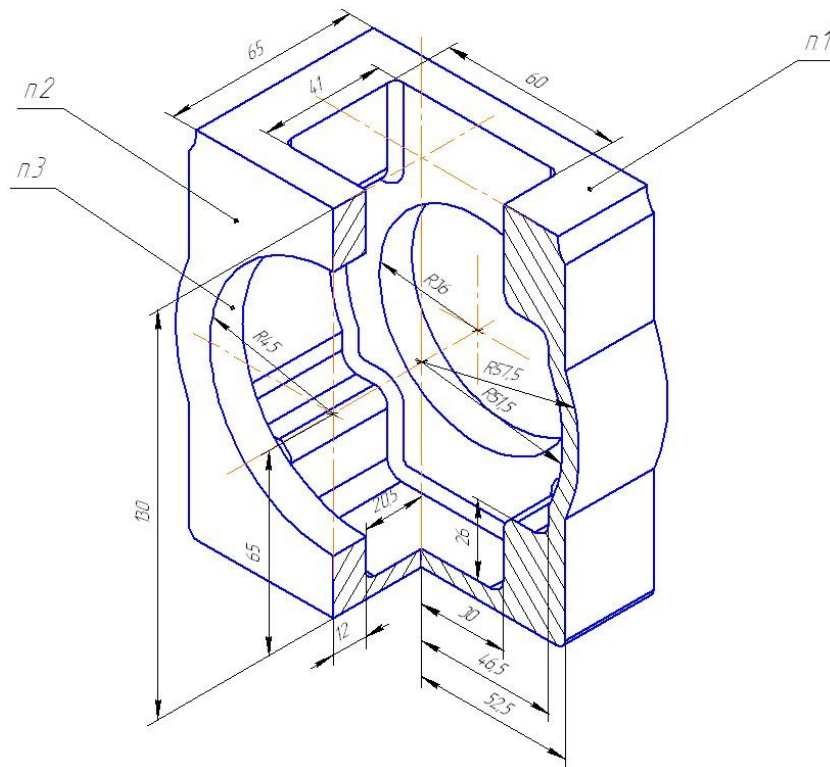


Рис. 3.3. Конструкція деталі

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з типами надлишків.
2. Обрати раціональний тип надлишку.
3. Розмістити надлишок при проектуванні технології

Оформлення звіту

Звіт має містити:

1. Стислий опис типів надлишків, що використовуються на практиці.
2. Обраний тип надлишку
3. Установка надлишку.
4. Висновки.

Завдання для самостійної роботи

Конструкції виливків відповідно до варіантів, наведених в роботі 1, матеріал виливків сталь, масштаб 1:10

Література

1. Дьомін Д. О. Ресурсозберігаючі технології у ливарному виробництві / Д. О. Дьомін, О. Б. Дьоміна, О. В. Акімов та ін. під ред. Дьомін Д. О. – ХАРКІВ: Видавництво «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР», 2012. – 320 р.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи розрахунку ливникових систем»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Укладачі: ДЬОМІН Дмитро Олександрович

Відповідальний за випуск О. В. Акімов

Роботу до видання рекомендує О. І. Пономаренко

За авторською редакцією

План 2025р., поз. 678

Підп. до друку 2025 р. Гарнітура Times New Roman

Видавничий центр НТУ «ХП»,

вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія