

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра Матеріалознавства та ливарного виробництва

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри М та ЛВ

к.т.н., доц. Олександр КУЗИК

(прізвище та ініціали)

«_____» _____ 202__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка Корпус PVC 1.63
методом лиття в піщано-глинисту форму»**

**«Development of the casting manufacturing technology for the PVC
1.63 housing by sand-clay mold casting method»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу

групи ПМ(ОЛ)-22мб

Шевченко О.А.

(прізвище та ініціали)

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк _____»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Керівник роботи:

к.т.н., доц.

Сергій Конончук

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доц.

(прізвище та ініціали)

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Матеріалознавства та ливарного виробництва
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М та ЛВ

_____ Олександр КУЗИК
« ____ » _____ 202 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
Шевченко Олександр Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології виготовлення виливка «Корпус PVC 1.63» методом лиття в піщано-глинисту форму

2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Сергій Конончук

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:

Розробити технологічний процес виготовлення виливка Корпус методом лиття в піщано-глинисту форму

Завдання:

1. Обґрунтувати вибір матеріалу виливка та описати його властивості

2. Привести характеристику деталі та розробити технічні умови на виливок

3. Розробити технологічний процес виготовлення виливка

4. Розрахувати і сконструювати ливникову систему

5. Описати технологічний процес виготовлення виливка

6. Описати процес проектування ливарної оснастки

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Корпус PVC 1.63 з модельно-ливарними вказівками

2. Форма в зборі

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Оглядовий	Конончук С.В.		
Технологічний	Конончук С.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей	04.03	
2	Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	15.03	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	25.03	
4	Розрахунок і конструювання ливникової системи	10.04	
5	Опис технологічного процесу виготовлення виливка	21.04	
6	Опис процесу проектування ливарної оснастки	02.05	
7	Оформлення пояснювальної записки	23.05	
8	Оформлення презентації роботи	01.06	
9	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	16.06	

Дата видачі завдання «_____» _____ 202__ р.

Керівник роботи _____ (Сергій Конончук)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання «_____» _____ 202__ р.

Здобувач вищої освіти _____ (Шевченко Олександр)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

ШЕВЧЕНКО Олександр Андрійович. Розробка технології виготовлення виливка Корпус PVC 1.63 методом лиття в піщано-глинисту форму. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2025, 40 ст.

У роботі проведено аналіз конструкції деталі «Корпус PVC 1.63», визначено її функціональне призначення та вимоги до експлуатаційних характеристик. Обґрунтовано вибір лиття в піщано-глинисту форму як оптимального методу виробництва, враховуючи його економічність та можливість отримання виливків складної конфігурації.

Розроблено технологічну схему виготовлення виливка, включаючи проектування ливникової системи, опок, модельної оснастки та стержнів. Проведено розрахунки параметрів ливарної форми з метою забезпечення якісного заповнення форми металом та мінімізації дефектів. Визначено оптимальний склад формувальної суміші та параметри її підготовки.

Особливу увагу приділено питанням контролю якості виготовленого виливка, включаючи аналіз можливих дефектів лиття та пропозиції щодо їх запобігання.

Ключові слова: виливок, стержень, лиття в піщано-глинисту форму, технологія, ливникова система, формувальна суміш, контроль якості.

ANNOTATION

SHEVCHENKO Oleksandr Andriyovych. «Development of the casting manufacturing technology for the PVC 1.63 housing by sand-clay mold casting method». Qualification Thesis for the First (Bachelor's) Level of Higher Education: Central Ukrainian National Technical University, 2025, 40 pages.

The paper analyzes the design of the "PVC 1.63 Housing" part, determines its functional purpose and requirements for operational characteristics. The choice of sand-clay mold casting as the optimal production method is substantiated, considering its cost-effectiveness and the possibility of obtaining castings of complex configuration.

A technological scheme for manufacturing the casting has been developed, including the design of the gating system, flasks, pattern equipment, and cores. Calculations of the casting mold parameters have been performed to ensure high-quality metal filling of the mold and minimize defects. The optimal composition of the molding mixture and its preparation parameters have been determined.

Particular attention is paid to the issues of quality control of the manufactured casting, including the analysis of possible casting defects and proposals for their prevention.

Keywords: casting, core, sand-clay mold casting, technology, gating system, molding mixture, quality control.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей.....	8
2. Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	10
3. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	11
3.1 Вибір та характеристика обладнання для реалізації технологічного процесу	11
3.2 Вибір формувальної та стержневої суміші.....	17
3.3 Визначення положення виливка у формі.....	19
3.4 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків	20
4. Розрахунок і конструювання ливникової системи	22
4.1 Визначення габаритних розмірів опоки.....	22
4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки	23
4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи.....	25
5. Опис технологічного процесу виготовлення виливка.....	29
5.1 Плавка.....	29
5.2 Формовка.....	29
5.3 Збирання форм.....	30
5.4 Заливка форм	30
5.5 Вибивка і обрубка	31
6. Опис процесу проектування ливарного оснащення	32
7. Контроль якості.....	34
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	38
ДОДАТКИ.....	40

ВСТУП

Актуальність роботи. Лиття являє собою технологічний процес формування виробів (випливів) шляхом заливання розплавленого матеріалу, такого як метали, гірські породи, шлаки, скло, полімерні матеріали тощо, у спеціальну форму з подальшим його затвердінням [1].

Завдяки своїй економічності, лиття є провідним способом обробки металів, що дає змогу виготовляти деталі будь-якої складності майже з усіх відомих металів. У багатьох ситуаціях, зокрема коли потрібні вироби зі складною конфігурацією, лиття стає незамінним, оскільки альтернативні методи обробки, як-от кування, штампування та зварювання, є значно складнішими або не можуть забезпечити бажаний результат [2].

У сучасному світі лиття залишається надзвичайно важливим і економічно вигідним методом виробництва деталей та заготовок для широкого спектра галузей, включаючи машинобудування, металургію, будівництво, сільськогосподарське машинобудування, автомобільну, прокатну, авіаційну та космічну промисловість. Значення лиття ілюструє високий відсоток литих компонентів у різноманітній техніці: близько 60% у тракторах, 70-80% у турбінах, приблизно 80% в екскаваторах і дизельних двигунах, та 80-90% у верстатах. Окрім того, особливі технологічні підходи застосовуються у виготовленні литих стоматологічних та ортопедичних протезів, а також у художньому та ювелірному литті.

Модернізація та розвиток виробництва ключовим чином залежать від впровадження та розробки прогресивних технологічних процесів. Їхня мета – економія ресурсів (матеріалів, енергії), зростання продуктивності, поліпшення умов праці, мінімізація екологічних ризиків та, у підсумку, підвищення якості й ефективності виробництва.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології виготовлення виливка Корпус PVC 1.63 методом лиття в піщано-глинисту форму,

яка забезпечує необхідну якість готового виробу при мінімальних технологічних витратах та відповідність конструктивним і експлуатаційним вимогам.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- Проаналізувати технічні вимоги до виливка Корпус PVC 1.63 та обґрунтувати вибір матеріалу для його виготовлення.
- Визначити оптимальне положення виливка у формі та розробити ливникову систему.
- Обрати відповідні формувальні та стержневі суміші з урахуванням властивостей матеріалу.
- Розрахувати геометричні параметри ливникових каналів і тривалість заливки.
- Визначити тип та конструкцію ливарного оснащення, необхідного для виготовлення виливка.
- Запропонувати заходи контролю якості готового виробу та оцінити технологічну ефективність обраного процесу.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення виливка Корпус PVC 1.63 у умовах ливарного виробництва з використанням піщано-глинистої форми.

Предметом дослідження виступає технологія лиття, конструкція ливникової системи, підбір формувальних сумішей, методи розрахунку, а також система контролю якості, застосовувана для виявлення та попередження дефектів виливка.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування розробленої технології в умовах серійного виробництва корпусних виливків. Запропоновані рішення сприяють підвищенню точності лиття, зниженню браку та оптимізації витрат на виробництво.

Особистий внесок полягає в аналізі вихідних даних, обґрунтуванні вибору матеріалів і конструктивних рішень, вибору обладнання, проведенні техніко-технологічних розрахунків, формуванні висновків щодо ефективності технології та оформленні графічної та текстової частин роботи.

1. Обґрунтування вибору матеріалу вилівка та опис його властивостей

Для виготовлення корпусу «PVC 163» було обрано сірий чавун марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019 [3]. Цей вибір обумовлений вимогами до експлуатації виробу. Детальні характеристики сплаву, включаючи хімічний склад і механічні властивості, наведені у табл. 1.1, 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.1 - Фізичні властивості чавуну марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019

Параметр	Значення
Марка чавуну	СЧ200
Густина, ρ , кг/м ³	7100
Лінійна усадка, ε , %	0,9...1,3
Ливарна усадка, β , %	0,8...1,0
Модуль пружності $E \times 10^{-5}$ МПа	850...1100
Питома теплоємність, c , Дж/(кг·К)	480
Коеф. лінійного розширення, $\times 10^{-6}/K$	9,5
Коеф. теплопровідності, λ , Вт/(м·К)	54

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву СЧ200 ДСТУ 8833:2019

Сплав	Межа міцності на розрив σ_0 , МПа, не менше ніж	Відносне подовження, δ , %	Твердість по Брінеллю, НВ, не більше ніж
СЧ200	200	0,40 – 0,70	245

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сплаву СЧ200 за ДСТУ 8833:2019

Елементи	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
В межах	2,80 – 3,40	1,20 – 2,40	0,40 – 1,00	$\leq 0,15$	$\leq 0,30$
Середнє	3,10	2,30	0,70	0,10	0,20

Глибоке розуміння властивостей сірого чавуну є абсолютно необхідним для досягнення високої якості ливарних виробів. Обмежена пластичність сірого чавуну, що проявляється в низькому опорі відриву та практичній відсутності подовження, робить його вразливим до руйнування під навантаженням.

Графітові включення пластинчастої форми в структурі сірого чавуну призводять до зниження його механічних властивостей, зокрема міцності та пластичності. Однак вони сприяють покращенню оброблюваності різанням, зносостійкості та ливарних характеристик.

Кремній в чавуні сприяє графітизації в чавуні, що призводить до збільшення розміру графітових включень. Це, в свою чергу, покращує механічні властивості матеріалу, хоча при вмісті вище 3% може знижувати його пластичність. Також цей процес позитивно впливає на ливарні властивості чавуну.

Магній усуває негативний вплив сірки, сповільнює утворення графіту, збільшує схильність матеріалу до відбілювання, подрібнює перлітну структуру та підвищує міцність, але при цьому негативно впливає на ливарні властивості.

Сірка значно обмежує графітизацію, викликаючи появу гарячих тріщин, і негативно впливає на механічні та ливарні якості. Фосфор має незначний вплив на графітизацію, але він сприяє підвищенню міцності, твердості, зносостійкості та рідинотекучості. При цьому, він знижує ударну в'язкість та холодостійкість матеріалу.

Сірий чавун є одним з найбільш поширених матеріалів для виготовлення виливків завдяки своїй відносній дешевизні, хорошим ливарним властивостям та оброблюваності.

Чавун СЧ200 широко застосовується для виготовлення різноманітних деталей у машинобудуванні, автомобілебудуванні, енергетиці, будівництві та інших галузях. Він використовується для виробництва корпусних деталей, станин верстатів, труб, радіаторів, деталей насосів та компресорів, а також інших елементів, що працюють при статичних та динамічних навантаженнях, а також в умовах тертя.

2. Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок

Задана деталь «Корпус PVC 1.63» повинна мати твердість 180...230 НВ. Точність виливки визначається по ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів [5].

Даний виливок має ступінь точності 9-0-0-9 по ДСТУ 8981:2020

Розшифрування точності виливки відповідає: класу 9 розмірної точності, ступеня жолоблення 0, ступеня точності поверхні 0, класу точності маси 9.

Мікроструктура чавуну марки П70(Ф30)-П92(Ф8) характеризується наявністю зернистого перліту як основної структурної складової. Розміри пластинчастих графітних включень у цій структурі не повинні перевищувати 220 мікрометрів.

На поверхнях, що підлягають механічній обробці, наявність ливарних дефектів допускається в межах 2/3 від запланованого припуску механічної обробки матеріалу.

На необроблюваних поверхнях допускаються невеликі заглиблення (раковини) ливарного походження, якщо їхня глибина не перевищує 1,5 мм, а поперечний розмір – 2,5 мм. При цьому вони не повинні знаходитися на крайках деталі та не повинні погіршувати її функціональність.

До інших технічних умов на виливок відносяться:

- Не вказані ливарні ухили - $1,3^\circ$, радіуси 1...5 мм;
- Деталь не повинна мати слідів корозії;
- Вилиті деталі мають бути повністю очищені від формувальної суміші та пригару до стану, що демонструє металевий блиск. Крім того, необхідно видалити всі елементи живильної системи;
- На базових поверхнях не допускаються жодні напливи чи нарости, вони повинні бути чистими.

Дана деталь є складовою частиною аксіально-поршневого насосу. Її маса становить 10,66 кг, а габаритні розміри – 172x172x192 мм.

3. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка

3.1 Вибір та характеристика обладнання для реалізації технологічного процесу

Для плавки чавуну СЧ200 ДСТУ 8833:2019 обираємо індукційну тигельну піч ІЧТ-6/2.5 [6]. Технічна характеристика наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика печі ІЧТ-16/2,5

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Продуктивність	т/год	2,75
Установлена потужність	кВт	2500
Витрати електроенергії	кВт· год / тон	650...700
Угар і безповоротні втрати	%	2...4
Робоча температура плавки	°С	1400..1550

Піч індукційного нагріву тигельна піч моделі ІЧТ-6/2.5 являє собою герметичну конструкцію, що забезпечує підвищену безпеку та енергоефективність процесу плавки. Особливістю даної печі є використання магнітопроводів для передачі магнітного потоку від зовнішнього індуктора безпосередньо до розплаву в тиглі. Таке інженерне рішення не лише мінімізує втрати енергії, підвищуючи ефективність нагріву, але й значно збільшує механічну жорсткість конструкції печі, що є важливим для тривалої та надійної експлуатації в промислових умовах. Завдяки оптимізованій передачі енергії, піч ІЧТ-6/2.5 демонструє високу продуктивність плавки, скорочуючи час технологічного циклу.

Для створення формувальної та стержневої суміші використовується змішувач періодичної дії турбінний моделі S1310. Технічні характеристики зведені до табл. 3.2 [8].

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика змішувача турбінного періодичної дії S1310

Параметри	Одиниці виміру	Числове значення
Маса	т	55
Тривалість циклу	хв	2,5...3,5
Продуктивність	т/год	1,25
Габаритні розміри в плані	мм	Ø1000

Змішувач модель періодичної дії є критично важливим обладнанням для підготовки піщано-глинистих сумішей, що використовуються у формуванні ливарної форми. Його робота включає інтенсивне перемішування компонентів суміші та її розпушення з одночасною аерацією. Це забезпечує оптимальну плинність суміші, її здатність до якісного заповнення дрібних деталей моделі та, як наслідок, високу точність відбитка.

Для виготовлення стержня використовуємо стержневий автомат SINTO LHL30 [6].

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика стержневого автомату SINTO LHL30

Характеристика	LHL30
Об'єм піскострільної головки, л	30-50
Зусилля притиску, daN	30.000
Макс. робоча площа стержневого ящика, мм	720×800
Машинний час – повний хід, с	18
Машинний час – середній хід, с	15
Висота стержневого ящика, мм	900
Ширина стержневого ящика, мм	1.200
Глибина стержневого ящика, мм	1.000
Макс. вага стержневого ящика, кг	4.000
Заміна комплекту модельної оснастки – ззаду/спереду	так
Станція очистки модельної оснастки	так

У ливарному виробництві стержні є ключовими елементами, призначеними для формування внутрішніх порожнин та складної геометрії виливків, що неможливо досягти лише за допомогою ливарної форми. Розміщуючись всередині форми, вони займають простір майбутніх отворів, каналів або внутрішніх конфігурацій, а після застигання металу видаляються, залишаючи порожнини потрібної форми та розміру.

Завдяки стержням стає можливим виробництво широкого спектру складних деталей, починаючи від блоків циліндрів двигунів і закінчуючи арматурою трубопроводів, значно розширюючи функціональні можливості кінцевих виробів. На рис. 3.1 зображено стержневий автомат SINTO LHL30.



Рисунок 3.1 - Стержневий автомат SINTO LHL30

Для виготовлення вилівка корпус PVC 1.63 використовуємо автоматизовану формувальну лінію SINTO ZFA-S. Технічна характеристика зведена до табл. 3.2 [7].

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика автоматизованої формувальної лінії SINTO ZFA-S

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Значення
Модель	-	ZFA-S
Ширина форми	мм	500
Довжина форми	мм	400
Висота форми	мм	150...400
Середня швидкість формування	форм/год	250

Представлена автоматизована лінія охоплює повний цикл виготовлення виливків, починаючи від формування і закінчуючи вибивкою готових форм. Її впровадження суттєво збільшує продуктивність та покращує якість виробництва. Висота верхньої та нижньої опок на лінії визначається конфігурацією та габаритами майбутнього виливка. Розміри опок, що складають 400 × 500 мм, забезпечують достатню робочу площу для формування як великогабаритних деталей, так і одночасного виготовлення кількох дрібніших виробів. На рис. 3.1 зображено автоматизовану формувальну лінію SINTO ZFA-S.



Рисунок 3.2 - Автоматизована формувальна лінія SINTO ZFA-S

Для очищення виливків від ливникової системи використовується галтувальний барабан. Технічна характеристика наведена в табл. 3.3 [8].

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика барабану очисного галтувального 41114

Назва	Модель	Найбільша маса виливки, що очищається, кг	Продуктивність, т/год	Габаритні розміри, мм	Маса, т
Барабан очисний галтувальний періодичної дії	41114	50	2,4	3930 х 1214	6,9

Галтувальний барабан періодичної дії моделі 41114, який застосовується для очищення дрібних і середніх виливків та інших заготовок у масовому та

серійному виробництвах, має циліндричну обичайку з привареними з обох боків конусами для завантаження та вивантаження. Його вісь встановлюється з регульованим нахилом від 4 до 10 градусів до горизонталі. Завдяки цьому нахилу, під час обертання барабана, виливки переміщуються вздовж нього та очищаються шляхом тертя одна об одну. На рис. 3.2 наведено зображення Галтувальний барабану 41114.



Рисунок 3.3 - Галтувальний барабан періодичної дії 41114

Для остаточного очищення виливків застосовують дробометальні барабани та камери, а також дробоструминні апарати. В обох випадках очищення відбувається за рахунок направленою потоку чавунного або сталевого дробу на поверхню виливка. У дробоструминних апаратах цей потік дробу створюється стиснутим повітрям під тиском 0,5-0,6 МПа, що викидає його через спеціальне сопло.

У нашому випадку прийнято дробоструминний двокамерний апарат 334М. технічні характеристики зведені в табл. 3.4 [6].

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика дробострумінного двокамерного апарата 334М

Параметр	Значення
Продуктивність за викиданням дробу одним соплом, кг/хв	25
Радіус дії, м	3
Об'єм камери, м ³	0,14
Маса дробу, що завантажується в апарат, кг	375
Кількість сопел, шт	2
Діаметр сопел, мм	6...12
Витрати стиснутого повітря на одне сопло діаметром 8 мм, м ³ /хв	4,2
Діаметр підвідного трубопроводу, мм	>50
Габаритні розміри, мм: довжина x ширина x висота	1650 x 840 x 2170
Маса, кг	750



Рисунок 3.4 - Дробострумінний двокамерний апарат 334М

Шліфувальна обробка необхідна для усунення типових поверхневих дефектів вилівка, що виникають внаслідок процесу лиття. Ці дефекти, включаючи залишки ливникової системи, окалину, пригар, нерівності та інші

нещільності, можуть погіршити механічну міцність, герметичність та довговічність деталі, тому їхнє ефективне видалення є важливим етапом.

Для покращення поверхні виливків використовуємо шліфувально-зачисний верстат 3М363. Технічна характеристика наведена в табл. 3.5 [8].

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика шліфувально-зачисного верстата 3М363

Параметри	Одиниці виміру	Числове значення
Зернистість		80...125
Продуктивність	т/год	0,5...0,6
Частота обертання шпинделя	об/хв	955...1425
Потужність електродвигуна	кВт	7,5

3.2 Вибір формувальної та стержневої суміші

Автоматичні формувальні лінії мають високу продуктивність, що призводить до значного збільшення кратності використання суміші за одиницю часу. Це означає, що суміш працює в інтенсивному та напруженому режимі. Усі ці фактори вимагають використання в автоматичному формуванні сумішей з високими та стабільними технологічними властивостями, такими як текучість, міцність та газопроникність.

Для виготовлення виливка використовуємо технологію виготовлення виливка в сирій формі. Цей метод є доцільним та економічним. Проте, він має суттєвий недолік – низьку міцність сирої форми, що обмежує масу виливків, які можна отримати таким способом, до 3000 кг.

При виготовленні виливка використовується сира формувальна суміш. Хімічний склад та характеристика наведена в табл. 3.8 [15].

Таблиця 3.8 – Хімічний склад та характеристика формувальної суміші

Масова частка компонентів		
Пісок 1K02, 1K016	%	2,5...5,4
Бентоніто-вугільна суспензія (Склад суспензії: Бентоніт: 18 – 25%. Гранульований вугілля: 11,6 – 12,5%, решта вода	%	1,2...3,0
Крохмалит	%	0,015...0,05
Відпрацьована суміш	%	91,0...96,3
Властивості суміші		
Вологість	%	2,9...3,3
Газопроникність	од	140...180
Границя міцності при стиску в вологому стані	кПа	157...186

Стержні у процесі заливки металу стикаються зі значно більшими термічними та механічними навантаженнями, ніж сама форма. Це пов'язано з тим, що вони зазвичай повністю оточені розплавленим металом, що робить їх більш вразливими до високих температур і тиску. Саме тому суміші повинні мати особливі властивості.

Для створення якісних виливків стержневі суміші мусять бути високовогнетривкими й піддатливими. Важливо, щоб вони мали низьку гігроскопічність (особливо при формуванні по-сирому), добре пропускали газу, мало їх утворювали та легко вибивалися з готового виробу.

Піщано-смоляні суміші використовуються для виготовлення стержнів I–V класів. Ці стержні призначені для виробництва тонкостінних невеликих виливків (масою до 200 кг) з чавуну, сталі та кольорових сплавів.

Ці суміші готують із застосуванням синтетичних смол як сполучні компоненти. Особливість цих смол полягає в їхній здатності швидко тверднути за температури 230–250 °С.

Щоб прискорити процес затвердіння, до складу суміші можуть додавати каталізатори, які бувають як органічними, так і неорганічними кислотами.

Стержнева суміш твердне безпосередньо в металевому стержневому ящику, який нагрівається за допомогою газу або електричного струму. Цей процес затвердіння відбувається завдяки поліконденсації смоли.

Завдяки цьому стержень набуває високої міцності та гарної газопроникності. Важливо зазначити, що низька міцність у вологому стані дає піщано-смоляним сумішам відмінну текучість, дозволяючи їм легко та повноцінно заповнювати навіть найскладніші порожнини ящиків.

При виготовленні виливка використовуємо Стержень III класу, (середньої складності). Основне їх завдання — формувати порожнини у виливках, до якості поверхні яких висуваються підвищені вимоги.

Для виготовлення стержня використовується суміш, хімічний склад та властивості якої наведено в табл. 3.9 [15].

Таблиця 3.9 - Хімічний склад та характеристика стержневої суміші

Масова частка компонентів		
Пісок 1K02, 1K016	%	97...93
Глина	%	0...3,0
Відпрацьована суміш	%	0...1,0
Зв'язуючі Клас Б-2 (СП, СБ)	%	3,0...6,0
Зв'язуючі Клас Б-3 (сульфитная барда)	%	1,0...3,0
Властивості суміші		
Вологість	%	3,0...4,0
Газопроникність	од	100..120
Границя міцності при стиску в вологому стані	кПа	9,8...15,7
Границя міцності при розриві в сухому стані	кПа	342,0... 588,0

3.3 Визначення положення виливка у формі

Вибір горизонтального розташування виливка під час заливання є оптимальним рішенням. Завдяки цьому, поверхня роз'єднання форми стає рівною по всій площині, що суттєво спрощує та оптимізує використання машинного

формування. Розміщення моделі між верхньою та нижньою частинами форми не лише забезпечує якісне заповнення металом, полегшує складання та надійну фіксацію внутрішніх елементів, але й робить зручнішим контроль розмірів готового виливка та його безпроблемне вилучення після формування. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу та зниженню ймовірності виникнення дефектів. У додатку Б наведено креслення форми в зборі.

3.4 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків

Розміри виливка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для сірого чавуну вибираємо по ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Механічні припуски на обробку торцевих поверхонь деталі складають 8,0 мм та 4,5 мм. На кресленні припуски позначаються тонкою червоною лінією (додаток А).

Для сірого чавуну враховується припуск на ливарну усадку в розмірі 1%.

Для полегшення виймання виливка «Корпус PVC 1.63» з ливарної форми, її стінки виконані з кутом нахилу 3° . Величина цього нахилу регламентується державним стандартом ДСТУ 8981:2020 та залежить від габаритів виливка і способу формування.

На поверхнях, що підлягають механічній обробці, допускаються ливарні дефекти, розмір яких не перевищує $2/3$ припуску на цю обробку. На необроблюваних поверхнях допускаються невеликі ливарні раковини: їхня глибина не повинна перевищувати 1,5 мм, а діаметр – 2,5 мм. При цьому вони не повинні розташовуватися на краях деталі та не повинні погіршувати її працездатність. Невказані ливарні радіуси приймаємо 1...5 мм.

Довжина знаку стержня, призначеного для виготовлення деталі «Корпус PVC 1.63», визначається його ступінчастими діаметрами та загальною довжиною стержня. Загальна довжина стержня 172мм. На кресленні контур стержня показано тонкою синьою лінією (додаток А). Приймаємо форму виготовлення

виливка, як сиру. Внаслідок різних значень діаметрів знаку стержня, отримуємо наступні розміри:

При діаметрі 114мм приймаємо довжину знаку 45 мм.

При діаметрі 34мм рекомендована довжина знаку 35 мм.

При висоті знаку 45 мм приймаємо: $\alpha = 7^\circ$, $\beta = 10^\circ$ $S_1 = 0,6$, $S_2 = 0,8$

При висоті знаку 35 мм приймаємо: $\alpha = 7^\circ$, $\beta = 10^\circ$ $S_1 = 0,6$, $S_2 = 0,8$

[10].

Розміри стержневих знаків визначаються європейськими стандартами, що діють в Україні згідно з наказом № 285 від 28.12.2022. Їх довжина залежить від розміру отвору та його співвідношення з довжиною [11].

4. Розрахунок і конструювання ливникової системи

4.1 Визначення габаритних розмірів опоки

У процесі виробництва литих заготовок, етап подачі рідкого сплаву в порожнину ливарної форми, відомий як заливання, є вирішальним фактором, що визначає їхню якість. Порушення технології заливання, навіть при використанні високоякісних ливарних форм та сплавів, спричиняє виникнення ливарних дефектів.

Конструкція ливникової системи в першу чергу орієнтована на формування бездефектного виливка. Водночас, розрахунок геометричних параметрів її елементів враховує не лише умови якісного лиття, а й техніко-економічну доцільність щодо раціонального використання металу.

Ключовими розрахунковими параметрами ливникових систем є поперечні перерізи каналів, які визначаються на основі гідродинамічних та теплофізичних закономірностей [12].

При виборі опоки та розташування виливків в опоці будемо орієнтуватись на наступні пункти:

- Габаритні розміри виливка. Вони безпосередньо задаються конфігурацією конкретного виробу чи деталі. Для коректного розрахунку необхідно враховувати довжину, ширину та висоту виливка.

- У нашому випадку габаритні розміри виливка: 172x172x192 мм.

- Кількість виливків на одній опоці. У нашому випадку приймаємо дві виливка на форму.

- Розміри ливникової системи. Ці параметри мають вирішальне значення, оскільки вони безпосередньо впливають на необхідні габарити опок.

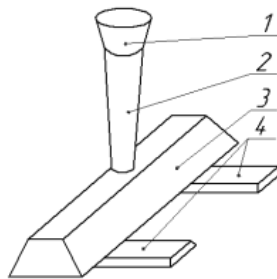
- Відстань між моделями. Ця відстань повинна відповідати діапазону $(0,3...0,5) \cdot h$, де h — висота моделі у верхній та нижній полу формах.

- Мінімальні відстані від тіла виливка до стінок опоки (як до торцевих, так і до бічних). Ці інтервали також повинні відповідати встановленим технологічним вимогам: Мінімальна відстань від тіла виливка до стінок опоки становить 50...100 мм. Відстань від стержньового знаку до бічної стінки опоки приймається в діапазоні 0...50 мм.

Отже, враховуючи перераховані фактори, ми приймаємо опоку висотою 150 мм. Габаритні розміри якої 500 x 400 мм. У якій розміщено два виливка.

4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки

Ливникова система — це сукупність каналів і порожнин у ливарній формі, призначених для ламінарного подавання розплаву, забезпечення повного заповнення форми та живлення виливка під час його кристалізації. На кресленні позначаємо ливникову систему тонкою червоною лінією (додаток А). Типова ливникова система (рис. 4.1).



1 - ливникова чаша; 2 - стояк; 3 - шлаковловлювач; 4 - живильник.

Рисунок 4.1 – Зображення типової ливникової системи

Ливникова-живильна система складається з наступних функціональних елементів:

Ливникова воронка (або чаша) призначена для первинного приймання порції розплавленого металу з ливарного ковша. Вона забезпечує подачу розплаву в стояк, а також виконує функцію початкового затримування шлакових включень, що можуть потрапити разом з сплавом.

Стояк — це вертикальний канал, що транспортує розплавлений метал від ливникової воронки до інших складових ливникової системи або безпосередньо до робочої порожнини ливарної форми.

Шлаковловлювач слугує для фінального видалення неметалевих включень (таких як шлак, частинки формувальної суміші тощо) з розплаву та подачі очищеного металу від стояка до живильників.

Живильники — це канали, які безпосередньо підводять розплавлений метал до робочої порожнини ливарної форми. Як правило, живильники мають трапецієподібний поперечний переріз і розташовуються в нижній полу форми, безпосередньо під шлаковловлювачем.

Для розрахунку оптимального часу заливки необхідно врахувати масу металу, використовуючи таку формулу:

$$G_{\text{мет}} = N(G_0 + G_{\text{лс}}), \quad (4.1)$$

де, G_0 – маса одного виливка, 10,66 кг;

$G_{\text{лс}}$ - маса ливникової системи (прийнято 30% від маси виливка), кг;

N - кількість виливків, 2 шт.

Визначаємо масу металу при заливанні, згідно формули 4.1.

$$G_{\text{мет}} = 2 \cdot (10,66 + 10,66 \cdot 30\%) = 27,72 \text{ кг.}$$

Для визначення оптимального часу заливки використовують наступну формулу:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{G\delta}, \quad (4.2)$$

де, δ - Типова товщина стінок виливки, 20 мм;

S - Коефіцієнт тривалості заливки, що є критичним параметром у процесі лиття, що залежить від температури рідкого металу, типу сплаву, способу його підведення.

Для стандартного чавунного лиття S зазвичай дорівнює 1,35.

$$\tau_{\text{опт}} = 1,35 \cdot \sqrt[3]{20 \cdot 27,72} = 11,09 \text{ с} \approx 11 \text{ с}$$

Для подальших розрахунків прийнято оптимальний час заливки 11 с.

4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Розрахунок площі живильників у ливарній системі є критично важливим етапом, оскільки від цього залежить якість виливка та ефективність усього ливарного процесу.

Для розрахунку площі використовуємо формулу:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{мет}}}{\rho \tau \nu} = \frac{G_{\text{мет}}}{\rho \tau \mu \sqrt{2gH_p}} \quad (4.3)$$

де, μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,5$;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H_p - статичний напір, м.

Заливка металу відбувається по роз'єму форми, визначення статичного напору за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{c}{8}, \quad (4.4)$$

де, H_0 - висота металу в чаші, мм;

c - габаритна висота виливка, мм.

$$H_p = 150 - \frac{172}{8} = 128,5 \text{ мм} = 0,129 \text{ м.}$$

Розраховуємо сумарну площу живильників згідно формули 4.3:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{27,72}{7000 \cdot 11 \cdot 0,5\sqrt{2} \cdot 9,81 \cdot 0,129} = 0,000453 \text{ м}^2 = 4,53 \text{ см}^2.$$

Визначаємо площу одного живильника за формулою:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\sum F_{\text{ж}}}{n}, \quad (4.5)$$

$$F_{\text{ж}} = \frac{4,53}{2} = 2,27 \text{ см}^2.$$

Для живильника приймаємо площу перерізу становить $2,3 \text{ см}^2$, тоді $\sum F_{\text{ж}} = 2,3 \cdot 2 = 4,6 \text{ см}^2$. Розміри, що прийняті для живильника, представлені на рис. 4.2.

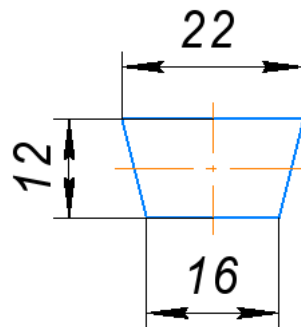


Рисунок 4.2 – Ескіз переріза живильника

Згідно розрахованої величини загальної площі живильників знаходимо площу шлаковловлювачів і стояка за співвідношенням, що представлено в наступній формулі:

$$\sum F_{ж}: \sum F_{шл}: \sum F_{ст} = 1: 1,1: 1,15. \quad (4.6)$$

Розраховуємо загальну площу шлаковловлювача згідно формули 4.5:

$$\sum F_{шл} = \sum F_{ж} \cdot 1,1 = 4,6 \cdot 1,1 = 5,06 \text{ см}^2.$$

Прийнятою є площа перерізу $5,2 \text{ см}^2$. Так як маємо кількість шлаковловлювачів $n = 2$, то площа перерізу одного – $2,6 \text{ см}^2$. Розміри перерізу вказані на рис. 4.3.

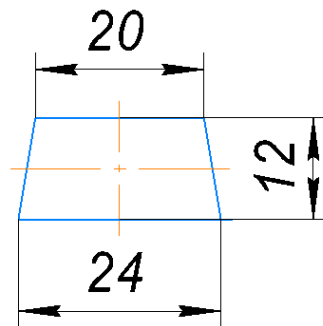


Рисунок 4.3 – Ескіз переріза шлаковлювача

Визначаємо площу стояка згідно формули (4.5):

$$\sum F_{ст} = \sum F_{ж} \cdot 1,15 = 4,6 \cdot 1,15 = 5,29 \text{ см}^2.$$

З отриманого результату вираховуємо діаметр стояка згідно формули:

$$d = \sqrt{\frac{4F_{ст}}{\pi}}, \quad (4.7)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,29}{3,14}} = 2,59 \text{ см.}$$

Згідно технологічної необхідності діаметр стояка приймаємо рівним 2,6 см з площею переріза стояка $5,29 \text{ см}^2$.

Визначаємо діаметр воронки:

$$d_{\text{в}} = (2,7 \dots 3)d, \quad (4.8)$$

$$d_{\text{в}} = (2,7 \dots 3) \cdot 2,6 = 3 \cdot 2,6 = 7,8 \text{ см.}$$

Зображення перерізу стояка та воронки вказано на рис. 4.4 та рис. 4.5

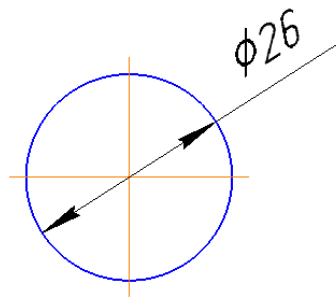


Рисунок 4.4 – Ескіз перерізу стояка

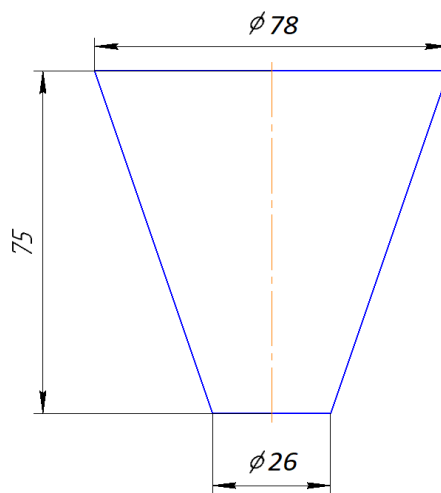


Рисунок 4.5 – Ескіз воронки стояка

5. Опис технологічного процесу виготовлення виливка

5.1 Плавка

Для виготовлення виливка «Корпус PVC 1.63» використовується сірий чавун марки СЧ200, що характеризується хорошими ливарними властивостями, стабільною структурою та достатньою міцністю для подальшої механічної обробки. Плавлення здійснюється в індукційній тигельній печі ІЧТ-6/2.5. Температура плавлення підтримується в межах 1450–1500 °С. Контроль температури проводиться з використанням занурюваних термопар.

Перед заливкою з розплаву обов'язково видаляється шлак за допомогою шлаковловлювачів або скребоків. Після цього чавун заливається у форму плавно, з дотриманням рекомендованої тривалості заливки. Це забезпечує високу якість виливка та мінімізує утворення внутрішніх дефектів.

5.2 Формовка

Завдяки автоматичній формувальній лінії, більшість робіт зі створення ливарної форми виконується автоматизовано. Це дозволяє машинам самостійно контролювати такі критичні операції, як пресування формувальної суміші та вилучення моделі, забезпечуючи високу ефективність процесу

Точність збирання ливарної форми має вирішальне значення для геометричних розмірів готового виливка. Ключовими елементами збирання форми є:

- Безпосереднє збирання всіх елементів форми.
- Точне з'єднання верхньої та нижньої опок.

5.3 Збирання форм

Збирання форми для виготовлення виливка типу "Корпус" із чавуну СЧ200 здійснюється на автоматизованій формувальній лінії SINTO ZFA-S із застосуванням опок розміром 500×400 мм, що відповідає габаритам майбутнього виробу. Формувальний процес починається з установки нижньої половини модельної оснастки в опоку. Формувальний процес починається з установки нижньої половини модельної оснастки в опоку. На цьому етапі проводиться засипка формувальної суміші, яка рівномірно розподіляється по всій площі, після чого здійснюється пресування для забезпечення щільності форми. Далі проводиться переверт опоки і встановлення верхньої частини модельної оснастки.

5.4 Заливка форм

Після збирання форми вона транспортується до заливальної ділянки, де здійснюється подача розплавленого чавуну марки СЧ200. З урахуванням втрат тепла під час транспортування від індукційної тигельної печі, температура металу на момент заливки повинна становити близько 1380–1460 °С, що є оптимальним для досягнення потрібної рідинотекучості та заповнення складних контурів форми.

Для заливки металу застосовуються ковші чайникового типу об'ємом 250 кг. Перед початком процесу з ковша обов'язково видаляють шлак, щоб запобігти попаданню неметалевих включень у форму. Після цього ківш підводять до форми та розміщують його край на висоті 150–200 мм над ливниковою чашею.

Заливання здійснюється швидко — необхідно оперативно заповнити ливникову чашу та підтримувати її повною до завершення заливки. При цьому допускається недолив на рівні не більше ніж 20 мм, однак переповнення чаші не дозволяється. Заливка повинна виконуватись безперервно, без зупинок, щоб

уникнути утворення холодних швів і дефектів. Після завершення процесу залишки металу з ковша зливають у спеціально підготовлені форми для утилізації.

5.5 Вибивка і обрубка

Охолоджені форми надходять на вибивний пристрій. Там вібрація решітки змушує суміш і виливки рухатися. Суміш при цьому інтенсивно розсипається, проходячи крізь отвори решітки, і відправляється на подальшу переробку.

Вибиті виливки спочатку переміщуються пластинчастим конвеєром, а потім потрапляють до галтувального барабана. Саме там відбувається важливий етап — відділення ливникової системи від готових деталей.

Після відділення ливникової системи, виливки спрямовуються у дробометну камеру для видалення пригару.

Завершальним етапом - є зачистка від задирок на шліфувальних верстатах.

Після всіх попередніх операцій виливки надходять на дільницю контролю. Тут здійснюється як проміжний контроль. Перевірці підлягають хімічний склад, структура та геометричні розміри. Поверхневі дефекти виявляють візуально.

6. Опис процесу проектування ливарного оснащення

Для підвищення зносостійкості та довговічності при серійному та масовому виробництві продукції доцільно використовувати металеві модельні комплекти. Це забезпечує стабільність якості та знижує витрати на заміну оснастки, що є ключовим фактором ефективності виробництва.

Форми для лиття, як правило, виготовляють із сірого чавуну, сталі, а також алюмінієвих та магнієвих сплавів. Важливо зазначити, що останні два матеріали здебільшого застосовують лише для ручного формування, що обмежує їх використання у автоматизованих процесах.

Опоки зазвичай виготовляються суцільними. Для забезпечення ефективного відведення газів під час лиття, в стінках формують вентиляційні отвори, що сприяє підвищенню газопроникності формувальної суміші та запобігає дефектам виливка.

Для виготовлення промоделей використовується чавун СЧ200. При їх виробництві обов'язково враховується припуск на механічну обробку, який становить 3,5 мм. Після механічної обробки промоделі кріпляться до модельних плит. При монтажі формувальної оснастки необхідно враховувати габаритні розміри жакета, забезпечуючи необхідний зазор між напівмоделями та краями формувальної порожнини. Це забезпечує правильне та якісне формування ливарних форм.

Модельні плити необхідні для надійного кріплення модельного комплекту під час формування. Вони забезпечують правильне встановлення та фіксацію моделей на столі формувальної машини. Для збільшення терміну служби плити виготовляють із чавуну, зазвичай товщиною 50 мм, що гарантує їхню міцність. Робочу поверхню плит ретельно обробляють, щоб забезпечити її рівність та гладкість, що сприяє точному розміщенню моделей.

Ливникова система формується згідно з конструкторською документацією. Для кріплення модельних елементів та самої ливникової системи

використовуються різьбові з'єднання. Точне позиціонування моделей на плитах забезпечується монтажним шаблоном, виготовленим із листової сталі певної товщини.

Стержневий ящик — це технологічне оснащення, яке використовується для формування стержнів з формувальної суміші. Ці стержні, своєю чергою, необхідні для створення внутрішніх порожнин та певних геометричних контурів у виливці [15].

Виробництво стержнів вимагає використання стержневих ящиків. Заготовка для такого ящика формується методом лиття алюмінієвого сплаву. Процес лиття відбувається у піщаних ливарних формах, які попередньо створюються за допомогою дерев'яних модельних комплектів.

Враховуємо, що товщина стінок стержневого ящика буде дорівнювати 20 мм. Висота виливка більша ніж 100 мм. Взявши до уваги дані значення приймаємо лінійну усадку для алюмінієвого сплаву – 1,2 % [10].

Згідно з технічними нормативами, товщина ребра жорсткості має відповідати 0,8...0,9 від товщини стінки ящика. Товщина бортів ящика повинна бути в межах 1,25...1,3 від товщини стінок. Стандартний радіус галтелей приймається 3...5 мм. На механічну обробку передбачається припуск 0,5 мм. Формувальні ухили для ребра та стінок ящика повинні знаходитись у діапазоні від $1,0^\circ$ до $1,5^\circ$. [15].

Форма, призначена для виготовлення стержнів, виливається з точним дотриманням заданих розмірів, після чого проходить обов'язкову механічну обробку. Щоб забезпечити максимально щільне прилягання двох частин форми, поверхня їхнього з'єднання піддається ретельному шліфуванню. З'єднання та фіксація обох половин форми здійснюється за допомогою штифтів.

7. Контроль якості

Контроль якості виливка, виготовленого методом лиття в піщано-глинисту форму, є критичним етапом, що забезпечує відповідність готового виробу технічним вимогам та експлуатаційним характеристикам. Цей процес включає комплекс заходів, спрямованих на виявлення та запобігання дефектам, забезпечення стабільності виробництва та підвищення надійності продукції. Важливою умовою забезпечення якості є контроль не лише готової продукції, а й сировини, формувальних сумішей, а також дотримання технологічних режимів на кожному етапі виготовлення. Контроль якості можна поділити на низку важливих етапів:

- Контроль вхідних матеріалів. Якість виливки значною мірою залежить від властивостей використовуваних матеріалів. Піщано-глиниста суміш повинна відповідати вимогам щодо зернистості, вологості, міцності та газопроникності. Використання стандартних методів випробування ливарних пісків дозволяє оцінити ці параметри та забезпечити стабільність формувальної суміші.

- Контроль технологічного процесу. На етапі виготовлення форм та заливання розплаву необхідно дотримуватися технологічних параметрів, таких як температура заливання, швидкість заповнення форми та час охолодження. Недотримання цих параметрів може призвести до дефектів, таких як недоливи, тріщини або пористість. Контроль технологічного процесу лиття передбачає обов'язкову перевірку температури розплаву перед кожною заливкою, а також регулярну перевірку режимів заповнення форми, витримки та охолодження – щозміни. Щоденно здійснюється технічний огляд обладнання та калібрування вимірювальних приладів.

- Контроль якості розплаву здійснюється безпосередньо перед випуском його з плавильної печі за допомогою термопари. Перед заливкою проводиться візуальна оцінка однорідності розплаву та видаляється шлак, що утворюється на поверхні. У разі потреби здійснюється контроль хімічного складу методом

спектрального аналізу або за допомогою проби, один раз на плавку партії. Основна мета такого контролю — переконатися у відповідності вмісту вуглецю, кремнію, марганцю та інших легуючих елементів вимогам до марки СЧ200. За результатами аналізу можуть вноситись коригувальні добавки (наприклад, графітізатори або фероелементи) до розплаву перед заливкою. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільну структуру та властивості виливки ще на стадії плавки

- Візуальний та вимірювальний контроль. Після вилучення виливки з форми проводиться візуальний огляд на предмет виявлення поверхневих дефектів: тріщин, пригару, шлакових включень. Далі здійснюється вимірювання геометричних параметрів для перевірки відповідності кресленням та допускам. Використання координатно-вимірювальних машин (СММ) дозволяє забезпечити високу точність вимірювань. Візуальний контроль виливка проводиться для кожного виробу одразу після витягання з форми з метою виявлення тріщин, пригару, пористості або недоливу. Вимірювальний контроль здійснюється вибірково – в середньому 5–10 виливків із партії з використанням вимірювального інструменту або координатно-вимірювальних машин, а шаблони й калібри перевіряються щозміни.

- Неруйнівний контроль. Для виявлення внутрішніх дефектів застосовуються методи неруйнівного контролю, такі як ультразвукове дослідження, рентгенографія та капілярний контроль. Ці методи дозволяють виявити пори, тріщини та інші внутрішні дефекти без пошкодження виливка. Неруйнівний контроль, залежно від вимог до виробу, проводиться вибірково 1-5 виливків зроблених за зміну. Обладнання для ультразвукової або капілярної діагностики підлягає перевірці щозміни чи щотижня.

- Механічні випробування. Для оцінки механічних властивостей виливка проводяться випробування на твердість, міцність на розтяг та ударну в'язкість. Ці випробування дозволяють переконатися у відповідності матеріалу вимогам експлуатації та стандартам якості. Перевірка міцності на розтяг виконується на

універсальній випробувальній машині типу Р-5 або ІР-50, на трьох зразках, відібраних із кожної партії. Випробування на ударну в'язкість проводиться на маятниковому копрі типу КСУ-2. Твердість перевіряється методом Брінелля або Роквелла на твердомірах ТБ-500 або ТРС-2. Механічні випробування виконуються щонайменше для однієї виливки з кожної партії, а додатково — раз на квартал, для оцінки стабільності механічних властивостей серійної продукції.

- Аналіз та усунення дефектів. У разі виявлення дефектів проводиться аналіз причин їх виникнення. Наприклад, газові раковини можуть бути спричинені високою вологістю форми або недостатньою газопроникністю піску. Усадкові дефекти можуть виникати через неправильну конструкцію ливникової системи або надмірну температуру заливання. Виявлені дефекти усуваються шляхом коригування технологічного процесу або конструкції форми. Аналіз виявлених дефектів проводиться після кожного випадку браку з обов'язковим внесенням інформації в технічну документацію [16].

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти вирішено важливе технічне завдання – розроблено технологію виготовлення виливка Корпус PVC 1.63 методом лиття в піщано-глинисту форму.

У процесі виконання роботи було вирішено такі основні задачі:

- обґрунтовано вибір матеріалу та обладнання для виготовлення виливка;
- розглянуто технічні вимоги до виливка та його конструкцію;
- розраховано та сконструйовано ливникову систему;
- описано технологічний процес виготовлення відливка;
- розроблено ливарне оснащення для реалізації обраної технології;
- описано заходи з контролю якості на кожному етапі виробництва.

У першому розділі обґрунтовано вибір матеріалу — сірого чавуну СЧ200 з урахуванням його хімічного складу, механічних властивостей і придатності до лиття в піщано-глинисті форми.

У другому розділі проаналізовано конструкцію деталі Корпус PVC 1.63, визначено її геометричні характеристики, функціональні вимоги та розроблено модельно-ливарні вказівки.

У третьому розділі описано технологічну схему виготовлення виливка та підібрано відповідне обладнання: індукційну тигельну піч, формувальні й очищувальні машини, допоміжні пристрої.

Четвертий розділ присвячено проектуванню ливниково-живильної системи: визначено параметри заливки, площі перерізів каналів та конструкцію опоки.

У п'ятому розділі подано послідовність дій — від плавки до вибивки. Наведено режим плавлення, порядок заливки, охолодження та вилучення виливка.

У шостому розділі описано проектування ливарного оснащення: моделі, стержні, ящики та знаки. Враховано усадки, припуски й технічні допуски.

У сьомому розділі розглянуто систему контролю якості. Також розроблено комплект креслень, необхідний для впровадження технології у виробництво.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хричиков В. Е., Меньяло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с
2. Власенко А. М. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – К.: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
3. ДСТУ 8833:2019. Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови. – Введ. 2020–01–01. – К.: Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України, 2019. – 10 с
4. Конструкційні матеріали і технології : навчальний посібник / Будяк Р. В., Посвятенко Е. К., Швець Л. В., Жученко Г. А. - Вінниця : ФОП Т. П. Барановська, 2020. - 240 с.
5. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення – 54 с.
6. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с.
7. Каталог та технічна характеристика обладнання SINTO. Електронний ресурс. – Режим доступу: URL: <https://sintoamerica.com/product/zfa-s/>
8. Проектування ливарних цехів / О. В. Приходько, М. А. Турчанин. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – 60 с.
9. В.П. Сумцов. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.
10. Довідник ливарника. Могильов В.К., О. І Лев. – М.: Машинобудування 1988 – 268 с
11. Наказ від 28.12.2022 № 285 Про пакетне прийняття європейських нормативних документів CEN/CENELEC. – Введ. 2024–19–03. – К.: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2022. – 5 с.

12. Іванова Л. Х. Литникові системи та їх розрахунки: Навч. посібник з грифом МОНУ/ Л. Х. Іванова, В. Є. Хричиков. – Дніпропетровськ: «Дніпро-VAL», 2011.– 504 с.
13. Проектування та розрахунок ливникових систем для разових форм. «Машини та технологія ливарного виробництва»/В. А. Скворцов, Ю. А. Ніколайчик. - Мінськ: БНТУ, 2019. - 109 с.
14. Гуцин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О. В. Гуцин. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – 159 с.
15. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технологія ливарного виробництва. М., «Машинобудування», 1974, 472 с.
16. Контроль якості продукції в машинобудуванні: Навч. посіб. – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2008. – 352 с.

ДОДАТКИ