

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)
«___» _____ 2026__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Розробка технологічного процесу виготовлення
відливка «Корпус НР90.4-003.02» методом лиття в
піщано-глинисту форму»**

**«Development of a technological process for
manufacturing a casting "НР90.4-003.02 Housing" by
casting in a sand-clay mold»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ-22з-1
Максим Таран
(прізвище та ініціали)

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності G9 Прикладна механіка
Керівник роботи:

к.т.н., доц.
Олександр СКРИПНИК
(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	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G9 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри М та ЛВ
Олександр КУЗИК
«___» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Таран Максим Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.02» методом лиття в піщано-глинисту форму
2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр СКРИПНИК
затверджені наказом вищого навчального закладу від "13" 03 2026 року № 168-02
3. Строк подання роботи до захисту 15.06.2026
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: Розробити технологічний процес виготовлення виливка «Корпус НП90.4-003.02» 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

Перелік графічного матеріалу:

1. Корпус НП90.4-003.02
2. Форма в зборі

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Процес виготовлення виливка	Скрипник О. В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей	25.03.2026	
2	Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	1.04.2026	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	9.04.2026	
4	Розрахунок і конструювання ливникової системи	15.04.2026	
5	Опис технологічного процесу виготовлення виливка	21.04.2026	
6	Опис процесу проектування ливарної оснастки	7.05.2026	
7	Оформлення пояснювальної записки	17.05.2026	
8	Оформлення презентації роботи	25.05.2026	

Дата видачі завдання

«_____» _____ 2026__ р.

Керівник роботи

(Олександр СКРИПНИК)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання «_____» _____ 2026__ р.

Здобувач вищої

(Максим ТАРАН)

освіти

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка викладений на 35 с., містить 8 рис., 15 табл., 17 джерел.

В пояснювальній записці приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на відливки. Розроблена технологія виготовлення відливка і вибране технологічне обладнання. Виконано розрахунок ливниково-живильної системи. Описано технологію виготовлення форми, наведено характеристику матеріалів, вказані параметри та способи технічного контролю якості відливок.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження - виявлення переваг та недоліків технології виготовлення відливка методом лиття в піщано-глинисту форму.

Предмет розробки - технологія виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.02» для аксіально-поршневого насоса методом лиття в піщано-глинисту форму.

Результати проектування - розроблено технологію виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.02» методом лиття в піщано-глинисту форму з використанням прогресивного обладнання.

Результати розробки можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві чавунних виливків середньої складності в умовах серійного та масового виробництва.

**ВИЛИВОК, ОПОКА, ЖИВИЛЬНИК, ПРИПУСК, ОСНАСТКА,
МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ, СТЕРЖЕНЬ**

ABSTRACTS

The explanatory note is presented on 35 pages and contains 8 figures, 15 tables, and 17 sources.

The explanatory note provides an analysis of the part design and the technical specifications developed for the casting. The casting manufacturing technology and the selected technological equipment have been developed. The calculation of the gating and feeding system has been performed. The mold manufacturing technology is described, the characteristics of the materials are given, and the parameters and methods of technical quality control of castings are specified.

Predictive assumptions regarding the development of the research object - identification of the advantages and disadvantages of the technology for manufacturing castings by sand-clay molding.

Subject of development - technology for manufacturing the «NP90.4-003.02» housing casting for an axial piston pump by sand-clay molding.

Design results: a technology for manufacturing a casting body using sand-clay molding with advanced equipment has been developed.

The results of the development can be recommended for implementation in the production of medium-complexity cast iron castings in serial and mass production.

**VILIVOK, OPOK, ZHIVILNIK, ALLOWANCE, TOOLING,
MODELING KIT, ROD**

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей.....	7
2 Аналіз конструкції деталі і технічних умов на відливок.....	9
3 Розробка технологічного процесу виготовлення відливка.....	9
3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм і стержнів.....	9
3.2 Визначення положення відливка у формі.....	15
3.3 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних уклонів, розміри стержнів та стержневих знаків.....	15
4 Розрахунок і конструювання ливникової системи.....	16
4.1 Визначення габаритних розмірів опоки.....	16
4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки.....	17
4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи.....	18
5 Описання технологічного процесу виготовлення відливка.....	21
5.1 Вибір плавильного агрегату та складу шихти.....	21
5.2 Вибір формувальної та стержньової суміші.....	24
5.3 Формовка.....	25
5.4 Збирання форм.....	26
5.5 Заливка форм.....	26
5.6 Вибивка і обрубка.....	26
6 Опис процесу проектування ливарної оснастки.....	27
7 Охорона праці.....	29
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	32
ЛІТЕРАТУРА.....	33
ДОДАТКИ.....	35

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із основних заготівельних баз машинобудування. Майже всі машини та прилади мають ливарні деталі.

Основними процесами ливарного виробництва є: плавка металу, виготовлення форм, заливка металу і охолодження, вибивка, очищення, обрубка відливків, термічна обробка та контроль якості обробки.

Основний спосіб виготовлення виливків - лиття в піщані форми, в яких отримують близько 80 % відливків. Однак точність і шорсткість поверхні відливків, отриманих у піщаних формах, у багатьох випадках не задовольняють вимогам сучасного машинобудування [1].

Основним напрямком удосконалення та розвитку виробництва є використання відомих та створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалів та енергії, підвищити продуктивність та покращити умови праці, усунути шкідливий вплив на навколишнє середовище і, як результат, підвищити якість та ефективність виробництва.

Ливарне виробництво дозволяє отримати заготовки складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням і з високими механічними властивостями. Технологічний процес виготовлення механізований і автоматизований, що знижує вартість литих заготовок. Таким чином використання сучасних технологій і автоматизації дозволяє підвищувати якість відливків.

Глибоке розуміння теоретичних основ і технологічних принципів лиття, а також здатність організовувати виробничі процеси з використанням сучасного обладнання, є основними кваліфікаційними вимогами до дипломованого фахівця-ливарника

1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей

Вибір матеріалу є критичним етапом, що безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики та якість виробу. Для виготовлення деталі «Корпус НП90.4-003.02» обрано сірий чавун марки СЧ 20 (ДСТУ 8833:2019) [2]. Доцільність застосування цього сплаву обґрунтована його фізико-механічними властивостями та хімічним складом, детальні показники яких наведено в табл. 1.1–1.3

Таблиця 1.1 - Фізичні властивості чавуну марки СЧ 20 ДСТУ 8833:2019

Марка чавуну	Густина, ρ , кг/м ³	Лінійна усадка, ϵ , %	Ливарна усадка, β , %	Модуль пружності під час розтягування, $E \times 10^{-5}$ МПа	Питома теплоємність, c , в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С включно, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт лінійного розширення, α , в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С включно, $\alpha \times 10^{-6}/K$	Коефіцієнт теплопровідності, λ , за 20 °С, Вт/(м·К)
СЧ 20	7100	0,9 – 1,3	0,8 – 1,0	850 - 1100	480	9,5	54

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сплаву СЧ20 ДСТУ 8833:2019

Сплав	Межа міцності на розрив σ_r , МПа, не менше ніж	Відносне подовження, %	Твердість по Брінеллю, НВ, не більше ніж
СЧ 20	200	0,40 - 0,70	143 - 255

Таблиця 1.3 - Хімічний склад сплаву СЧ20 за ДСТУ 8833:2019

Елементи	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
В межах	3,30 - 3,50	1,40 - 2,40	0,70 - 1,00	< 0,15	< 0,20
Середнє	3,40	2,30	0,70	0,15	0,20

Незважаючи на низький опір відриву та обмежену пластичність, сірий чавун залишається одним із найзатребуваніших матеріалів у ливарному виробництві. Його схильність до крихкого руйнування обмежує застосування в деталях, що працюють на розтяг, проте раціональний вибір методів обробки дозволяє повною мірою реалізувати його переваги [3].

На кінцеві характеристики виливків впливають декілька ключових чинників:

1. графітизація та хімічний склад. Пластинчастий графіт визначає механічні властивості чавуну. Процес його виділення стимулюється графітуючими елементами: кремнієм (Si), нікелем (Ni) та міддю (Cu). При цьому кремній та марганець мають вирішальний вплив на цей процес;
2. швидкість охолодження. Уповільнене охолодження (за рахунок масивності стінок вилівка або низької теплопровідності форми) сприяє повноті графітизації, що безпосередньо впливає на структуру металевої основи;
3. тип металевої основи. Залежно від кількості зв'язаного вуглецю (цементиту) формується феритна, ферито-перлітна або перлітна основа. Кожна з них забезпечує специфічний набір експлуатаційних характеристик;
4. модифікування як засіб оптимізації. Введення модифікаторів (феросиліцію, силікокальцію) дозволяє подрібнити графітові включення та зробити їх розподіл однорідним. Це забезпечує:
 - а. зростання міцності. Дрібнодисперсна структура краще чинить опір механічним навантаженням;
 - б. підвищення зносостійкості. Однорідність структури подовжує термін експлуатації деталей у вузлах тертя.

Популярність сірого чавуну зумовлена унікальним комплексом властивостей, а саме [4]:

- демпфувальна здатність - ефективно поглинає вібрації, що є критичним для станин верстатів та корпусів механізмів;
- висока зносостійкість - ідеально підходить для деталей, що працюють в умовах тертя (гальмівні барабани, гільзи циліндрів);
- опір стисненню - матеріал демонструє чудові показники під високим статичним навантаженням;
- технологічність - відмінна оброблюваність різанням та високі ливарні властивості дозволяють виготовляти деталі складної конфігурації;
- корозійна стійкість - у багатьох середовищах перевершує за цим показником конструкційні сталі.

Тому завдяки балансу механічних та технологічних характеристик, сірий чавун залишається незамінним матеріалом для сучасного машинобудування.

2 Аналіз конструкції деталі і технічних умов на відливок

Відливок має точність 11Т-0-0-10 група 2 за ДСТУ 8981:2020 [5], виготовляється із чавуну СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019 [2]. Різностінність не більше 0,8 мм. Зміщення по лінії роз'єму більше 2 мм не допускається.

Відливок має два отвори, поверхня яких в подальшому обробляється. Ці отвори отримуємо за допомогою стержнів (2 шт.) У місцях спряження стержня і форми допускається присутність кільцевих заусениць довжиною до 1,5 мм.

Деталь «Корпус НП90.4-003.02» призначена для аксіально-поршневого насосу. Конструкція даної деталі простої конфігурації, її маса і габаритні розміри невеликі. Це дозволяє виконати її суцільною. Роз'ємних частин немає, роз'єм моделі і форми один.

Маса деталі 9,96 кг, твердість СЧ 20 143 - 255НВ за ДСТУ 8833:2019.

Даний відливок є технологічним. Для виготовлення відливка приймаємо опоку з габаритами $900 \times 600 \times 125$ мм.

3 Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для виготовлення даного відливка застосовуємо автоматичну ливарну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу „Авто-Літмаш” (рис. 3.1.). На цій лінії весь процес отримання відливка, від операції формовки до вибивки готової форми, автоматизовано. Розмір опоки в світлі 900×600 мм. Висота верхньої опоки рівна висоті частини моделі для оформлення низу форми, на іншій - для верху.

Процес формовки починається з виготовлення напівформи низу на формувальному пресі В-440М [6]. Виготовлена напівформа по рольгангам

направляється на обдув стисненим повітрям для видалення частинок формувальної суміші, що потрапили у порожнину форми.

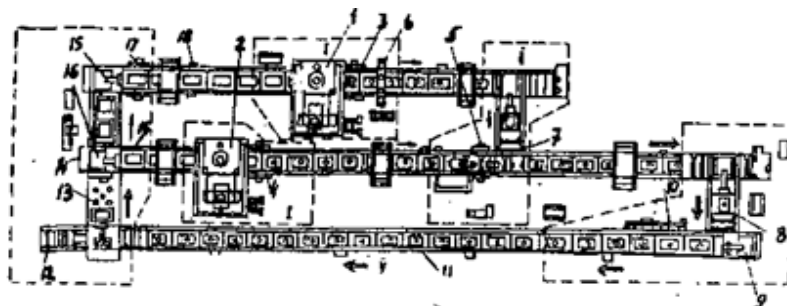


Рисунок 3.1 - Автоматична лінія ІЛ 225

Напівформа верху також виготовляється на формувальному пресі В-440М. З ділянки виготовлення стержнів готові стержні транспортуються до місця збирання напівформ. Стержні проставляються вручну у напівформі низу, потім за допомогою розпаровщика опок ІС-10-001 напівформа верху з'єднується з напівформою низу. Зібрана форма направляється по рольгангам на ділянку заливки. Заливка форми виконується автоматичним заливщиком з ковшем, ємність якого 250 кг. Перед заливкою чавун повинен бути очищений від шлаку [1].

Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225 наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ

225

Назва характеристики	Числове значення
Розміри опок (внутрішні), мм	900 × 600 × 125
Продуктивність, форм /год	240
Маса відливки, кг	60
Кількість пар опок	100
Витрати повітря, м³/год	110
Потужність, кВт	115
Маса, кг	220000
Габаритні розміри, мм	65200 × 9300 × 6855

Оскільки маса стержнів не перевищує 6 кг, то для їх виготовлення використовуємо універсальний стержневий автомат моделі 4509А (табл. 3.2).

Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидкотвердіючих термореактивних сумішей на піскострільному автоматі моделі 4509А, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність відливків [7].

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика піскострільного автомату моделі 4509А

Назва характеристики	Числове значення
Найбільша маса стержня, кг	10
Продуктивність, земів/год.	120...140
Розміри стержневого ящика, мм	600 × 400 × 200
Тривалість цикла, с	25
Ємність робочого резервуара, л	25
Потужність електродвигуна, кВт	140
Габарити, мм	4700 × 3900 × 3000
Маса, кг	13000

Втрати температури чавуну при випуску із плавильної печі, транспортуванні і переливі із ковша в ківш повинні бути враховані при встановленні температури заливки форм. При випуску чавуну з плавильної печі втрати температури складають від 20 до 40 °С, а при переливі з ковша в ківш - 30...50 °С. Рекомендована температура заливки чавуну СЧ20 при середній товщині стінки відливки 7 мм і з врахуванням втрат тепла складають 1350...1420 °С.

Під час заливки форми необхідно слідкувати за рухом розплаву з ковша у форму. У початковий момент заливки необхідно повертати ківш плавно, без ривків, однак достатньо швидко, щоб заповнити ливникову систему і чашу. Після заливки форми, відливки охолоджуються і твердіють, разом з формою пересуваючись по рольгангам з ділянки заливки до ділянки вибивки. За час руху у відливків закінчуються усі перетворення. Чавунні відливки необхідно вибивати при температурі 200 °С. Форми, що охололи, направляються на ділянку вибивки. Форма видавлюється на спеціальній установці, на якій суміш і відливки видавлюються пресом на вібраційну решітку із нерухомої форми. Опки автоматично зіштовхуються з плити ливарного конвеєра штовхачем і форма видавлюється пресом на вібраційну решітку, де руйнуються спресовані грудки суміші, які запеклися. Потім суміш поступає по лотку на транспортер.

Відливки потрапляють в барабан для остаточного відділення від суміші. Із барабанів відливки направляються на пластинчатий транспортер і подаються ним у очисне відділення для очищення, обрубки і обробки.

Перед очищенням відливки попередньо оглядаються, брак видаляється і не надходить на очистку.

Технологічний процес очищення відливка складається із наступних операцій:

- видалення стержнів із відливків;
- відділення ливників, випорів;
- очищення відливків від механічного пригару та прилиплої формувальної суміші в дробометних барабанах;
- остаточного контролю якості відливків після очищення і обрубки.

Відливки зачищаються абразивними кругами з метою видалення заливів, заусениць, перекосів і нерівностей поверхонь.

Контроль якості відливків здійснюється зовнішнім оглядом БТК цеху. Після виправлення знайдених недоліків знову контроль якості - БТК цеху. Грунтовка відливків здійснюється для захисту від корозії при зберіганні на складі і в процесі механічної обробки.

Відливки перед фарбуванням промиваються в двокамерній машині і потім сушаться теплим повітрям. Далі виконується грунтовка відливків з зануренням у ванну і просушуванням у камері при 60 °С на протязі 10 хв. Після фарбування відливки направляються на склад готових виробів.

Для приготування формівної суміші вибираємо ливарні бігуни моделі 15204 безперервної дії (табл. 3.3) [8].

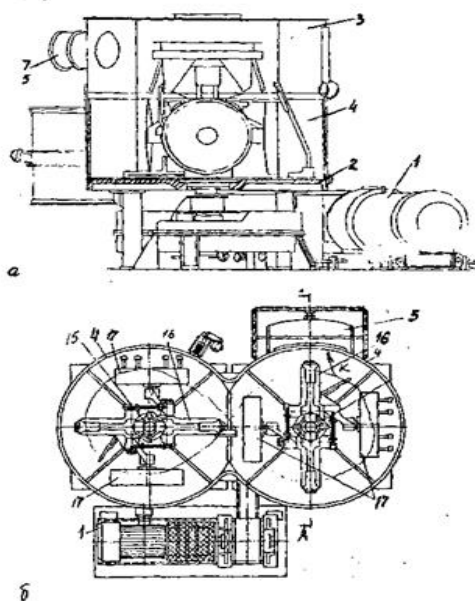
Таблиця 3.3 - Технічна характеристика ливарних бігунів моделі 15204

Назва характеристики	Числове значення
Об'єм замісу, м ³	1 × 2
Тривалість циклу, хв	2...4
Продуктивність, м3/год	30...60
Потужність електродвигуна, кВт	200
Габарити, мм	13000 × 8050 × 74000
Маса, кг	23000

Змішувач (рис. 3.2) складається з привода 1, основи 2, ковпака 3, обичайки 4, розвантажувального пристрою 5, патрубків 6 для відведення повітря від вентилятора, патрубка 7 для приєднання до вентиляційної системи, стрічкового конвеєра 8, бункерів 9, 10, 11 для зворотної формівної суміші, порошкових, добавок і свіжого піску та відповідних дозаторів - коробчастих 12, 14 і секторного 13. Конструкція має два вертикальних вали 15, дві траверси 16 з розсувними пристроями і чотири катки 17.

Над лівою чашею змонтовано розподільник формівних матеріалів (рис. 3.2 не показано). Конструкція вертикального вала 15, траверси 16, катків 17, основи 2, ободу 4 і ковпака 3 аналогічна описаним раніше. Дозатор для порошкових домішок 13 - це два секторних барабани з власними приводами [8].

Загальний вигляд змішувача показано на рис. 3.2, а, вид зверху при знятому ковпаку - на рис. 3.2, б.



а - загальний вигляд; б - горизонтальна проекція при знятому ковпаку

1 - електричний двигун марки АІ355М643 потужністю 200 кВт і частотою обертання 1000 об/хв.; 2, 3 - швидкохідні вали лівого й правого обертання; 4, 5 - правий і лівий редуктори; 6, 7 - тихохідні вертикальні вали; 8, 9 - траверси; 10 - катки

Рисунок 3.2 - Схема змішувача типу бігунів безперервної дії І5204

Принципова електрична схема керування змішувачем значно простіша, оскільки завантажування і розвантажування змішувачів такого типу проходить

безперервно. На рис. 3.2, б стрілками К показано траєкторію руху матеріалу. Матеріал завантажується в ліву чашу і завдяки обертанню плужків і катків частково передається в праву чашу. В момент часу показаний на рис. 3.2, б, плужок лівої чаші переміщає матеріал у праву чашу, але каток правої чаші заважає цьому процесу, тому тільки частина матеріалу перейде з лівої чаші в праву. Крім того, плужок правої чаші повертає частину матеріалу з правої чаші в ліву. Матеріал рухається по траєкторії, яка нагадує цифру 8, тому і конструкцію бігунів називають „по типу вісімки”, або просто „вісімка”. Змінюючи положення траверс лівої та правої чаш відносно валів, можна змінювати взаємне положення плужків і катків обох чаш, змінюючи тим самим швидкість переміщення формівної суміші (продуктивність) і її якість.

Для приготування стержневої суміші вибираємо ливарні бігуни моделі 15104М періодичної дії (табл. 3.4) [9].

Таблиця 3.4 - Технічна характеристика ливарних бігунів моделі 15104М

Назва характеристики	Числове значення
Об'єм замісу, м ³	1,1
Тривалість циклу, хв	2...10
Продуктивність, м ³ /год	4,8...30
Потужність електродвигуна, кВт	140
Габарити, мм	3720 × 3650 × 5250
Маса, кг	13000

Первинна очистка лиття проходить в галтувальному барабані моделі 41114, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.5 [10].

Таблиця 3.5 - Технічна характеристика галтувального барабана моделі 41114

Назва характеристики	Числове значення
Продуктивність, т/год	2,4
Найбільша маса очищаних виливків, кг	40
Габаритні розміри, мм	3930 × 1214 × 1635
Маса кг	15200
Потужність електродвигуна кВт	24,2

Для остаточної очистки виливок застосовується дробометний барабан моделі 42213М, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.6 [10].

Таблиця 3.6 - Технічна характеристика дробометного барабану моделі 42213М

Назва характеристики	Числове значення
Об'єм завантаження, м ³	0,3
Діагональ зачищеного відливка, мм	470

Маса зачищаємого відливка, кг	80
Найбільша маса завантаження, кг	800
Продуктивність зачистки, т/год	5,1
Число дробометних апаратів, шт	1
Продуктивність апарату по дробу, кг/хв	300
Кількість відсмотуваного повітря, м ³ /год	12200
Встановлена потужність, кВт	36,9
Габаритні розміри: довжина × ширина × висота, мм	4500 × 4500 × 6050
Маса кг	11700

Виливки зачищаються абразивними кругами з метою видалення заливів, заусениць, перекосів, нерівностей поверхонь і здійснюється на стаціонарних зачисних верстатах ЗМ636, технічна характеристика яких наведено в табл. 3.7 [10].

Таблиця 3.6 - Технічна характеристика зачисного верстата ЗМ636

Назва характеристики	Числове значення
Зернистість	80...125
Продуктивність, т/год	0,25...0,30
Маса зачищаємих виливків, кг	до 30
Діаметр абразивного круга, мм	600 × 75
Габаритні розміри, мм	1300 × 800 × 1400

3.2 Визначення положення відливка у формі

Положення відливка у формі в період заливки вибираємо горизонтальним. Поверхня роз'єму моделі і форми при цьому займає горизонтальне положення і являється єдиною для даного відливка, що полегшує застосування машинної формовки. Поверхня роз'єму розташовується так, що модель не має з'ємних частин. Роз'єм моделі і форми розташовується таким чином, що відливки знаходяться в нижній і верхній напівформах. Такий роз'єм забезпечує хорошу набивку форми, її складання, надійність встановлення стержнів, зручність контролю розмірів форми, вільне вилучення моделі із форми.

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

Деталь «Корпус НП90.4-003.02» має два отвори які в подальшому обробляються. Припуск на механічну обробку приймаю 5 мм відповідно до вимог ДСТУ 8981:2020.

Припуск на ливарну усадку виражається в процентах від розміру відливка.

Значення величини ливарної усадки для чавуну СЧ 20 складає 1 %.

Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середнього арифметичного товщини спряжених стінок. Для відливка Корпус НП90.4-003.01 не вказані радіуси складають 3...4 мм.

Формувальні уклони назначаємо в залежності від ливарних розмірів відливка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ДСТУ 3212-92. Величина уклону складає $1^{\circ}30'$.

Розміри стержня вибираємо з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку. Розміри стержневих знаків вибираємо у відповідності з ДСТУ 3212-92 [11]. В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру, вибираємо знаки стержня 1 довжиною 40 мм та для стержня 2 довжина нижнього знака - 35 мм, та верхнього 15 мм.

Величини уклонів знакових частин вибираємо із [11], які складають при висоті знаку від 144 мм - 2° . Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від максимального розміру стержня. Для знака стержня Ст. 1 ($D = 42$ мм): бокові зазори рівні 0,25 мм, торцевий зазор 0,15 мм. Для знака стержня Ст. 2 ($D = 24$ мм): бокові зазори рівні 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм.

4 Розрахунок і конструювання ливникової системи

4.1 Визначення габаритних розмірів опоки

Габарити опок визначаються габаритами відливка, кількістю відливків в одній опоці, розмірами ливникової системи, правильністю розміщення моделей на підмодельній плиті.

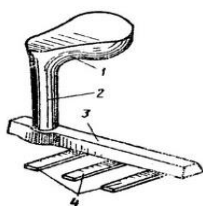
Правильність розміщення моделей на підмодельній плиті для даного розміру опок визначається коефіцієнтом металоємності, тобто співвідношенням загальної ваги металу у формі до ваги формівної та стержневої маси опоки. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів відливка і знаходиться у межах 0,25...1,2.

Відстань між окремими моделями дорівнює $(0,3 \dots 0,5) h$, де h - висота моделі у верхній та нижній напівформах, відстань від моделі до верху форми та від моделі до низу форми. При формуванні в одній опоці декількох відливків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними повинна бути $\leq 20 \dots 25$ мм. Відстань від тіла відливка до стінок опок складає 50...100 мм, від стержневого знаку до бокової стінки опоки 0...50 мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини дорівнює 100 мм. Враховуючи, що для виготовлення відливка застосовуємо автоматичну лінію ІЛ 225, з розмірами опоки $900 \times 600 \times 125$ мм кількість відливків в одній опоці приймаємо 6 шт.

4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки

Ливниково-живильна система служить для забезпечення заповнення ливарної форми металом з оптимальною швидкістю, що виключає утворення у відливку недоливів і неметалічних включень, і об'ємної усадки в період затвердіння відливка [12]. Ливникова система - це поєднання каналів, які служать для заливки розплаву в форму і для затримання шлаку. На рис. 4.1. показана найчастіше вживана при виробництві відливків з сірого чавуну ливниково-живильна система.



1 - чаша, 2 - стояк, 3 - шлаковловлювач, 4 - живильники

Рисунок 4.1 - Горизонтальна ливникова система

Знаходимо масу металу, необхідного для заливання форми:

$$G_{\text{металу}} = 6 \cdot G + (0,3 \cdot G) \cdot 6, \quad (4.1)$$

де G - маса відливка, $G = 9975$ г.

$$G_{\text{металу}} = 6 \cdot 9975 + (0,3 \cdot 9975) \cdot 6 = 77805 \text{ г} = 78 \text{ кг}$$

Час заливки форми:

$$\tau = s \sqrt[3]{Q} \delta, \quad (4.2)$$

де τ - час заливання форми, с;

s - коефіцієнт, який залежить від марки сплаву, товщини перерізу стінки та конфігурації вилівка (для сплавів: чавунних $s = 1,7 \dots 2,0$; сталевих $s = 0,91 \dots 1,70$; мідних $s = 2,0 \dots 2,1$; алюмінієвих $s = 1,7 \dots 3,0$; магнієвих $s = 2,3 \dots 4,5$) [12];

Q - маса металу, яка проходить крізь живильники, кг;

δ - переважаюча товщина перерізу стінок вилівка, мм.

$$t = 1,8 \cdot \sqrt[3]{78 \cdot 40} = 26,3 \approx 26 \text{ с}$$

4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Сумарна площа живильників [12]:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{металу}}}{\rho \cdot t \cdot v} = \frac{G_{\text{металу}}}{\rho \cdot t \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}}, \quad (4.3)$$

де μ - коефіцієнт витрати. Приймаємо $\mu = 0,5$ [12];

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

H_p - розрахунковий статичний напір, м.

Так як обрано заливку металу по роз'єму форми, то статичний напір розраховується за формулою:

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

де c - висота відливка, мм;

H - висота стояка від місця підведення розплаву в форму, мм:

$$H_p = 125 - \frac{90}{8} = 113,75 \approx 114 \text{ мм} = 0,114 \text{ м}$$

$$\sum F_{жс} = \frac{78}{7000 \cdot 26 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,114}} = 0,000573 \text{ м}^2 = 5,7 \text{ см}^2$$

$$F_{жс} = \sum F_{жс} / n, \quad (4.5)$$

де n - кількість живильників, $n = 12$

$$F_{жс} = 5,7/12 = 0,475 \text{ см}^2$$

Приймаємо $F_{жс} = 0,5 \text{ см}^2$, $\sum F_{жс} = 12 \cdot 0,5 = 6 \text{ см}^2$

За знайденою величиною $\sum F_{жс}$ знаходимо площу шлаковловлювачів і стояка за таким співвідношенням:

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

$$\sum F_{шл} = \sum F_{жс} \cdot 1,1 = 6 \cdot 1,1 = 6,6 \text{ см}^2$$

Приймаємо $\sum F_{\text{шл}} = 6,6 \text{ см}^2$, $F_{\text{шл}} = 6,6:2 = 3,3 \text{ см}^2$

Сумарна площа стояка:

$$\sum F_{\text{ст}} = \sum F_{\text{жс}} \cdot 1,15 = 6 \cdot 1,15 = 6,9 \text{ см}^2$$

Діаметр стояка $D_{\text{ст}} = 2,964 \text{ см}$, приймаємо $3 \text{ см} = 30 \text{ мм}$

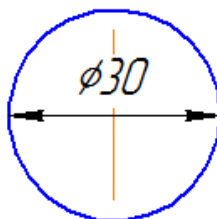


Рисунок 4.2 - Переріз стояка

Розрахунок ливникової воронки:

$$D_6 = (2,7 \dots 3) D_{\text{ст}} = 2,7 \cdot 30 = 81 \text{ мм}$$

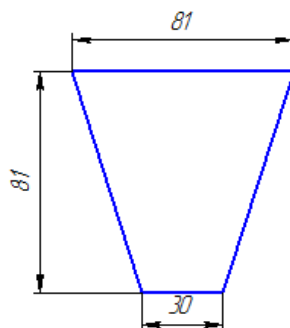


Рисунок 4.3 - Переріз воронки

В зв'язку з технологічною необхідністю приймаємо переріз шлаковловлювача площею $3,32 \text{ см}^2$, з розмірами:

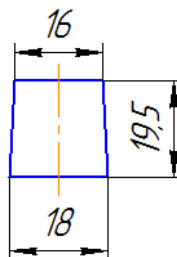


Рисунок 4.4 - Переріз шлаковловлювача

А переріз живильника площею 2 см^2

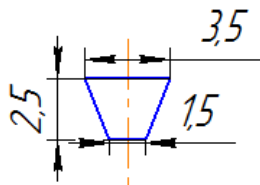
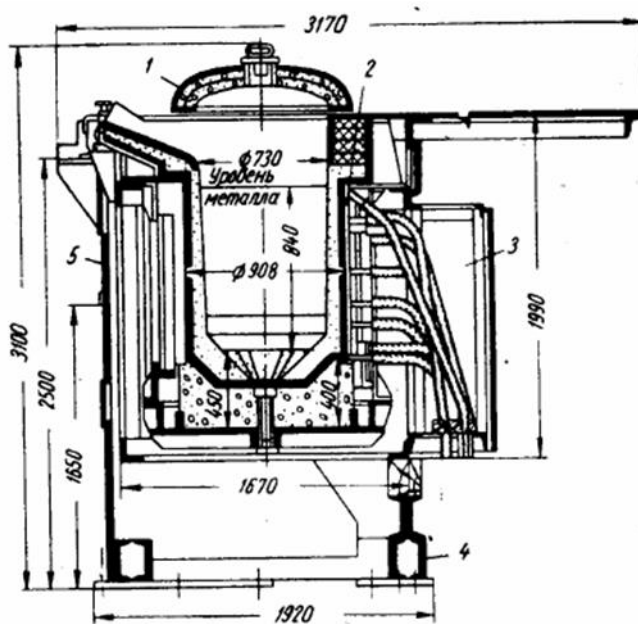


Рисунок 4.5. - Переріз живильника

5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка

5.1 Вибір плавильного агрегату та склад шихти

Для плавки чавуну СЧ 20 вибираємо індукційну тигельну піч типу ІЛТ-2,5 з кислою футеровкою (рис. 5.1), технічна характеристика якої наведена в табл. 5.1.



1 - кришка; 2 - установка індуктора; 3 - кожух; 4 - рама оснований; 5 - каркас печі

Рисунок 5.1 - Індукційна тигельна піч типу ІЛТ-2,5

Електропіч індукційна ІЛТ-2,5 працює за принципом трансформатора, у якого первинною обмоткою є водоохолоджувальна котушка-індуктор, вторинною обмоткою та одночасно навантаженням – метал, що знаходиться в тиглі [13]. Нагрівання і розплав металу відбувається за рахунок протікання у ньому струмів, які виникають під дією електромагнітного поля, створюваного

індуктором. При цьому виникають також електродинамічні сили, які створюють інтенсивне перемішування металу, що забезпечує рівномірність температури і однорідність розплавленого металу [13].

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика індукційної тигельної печі типу ІЛТ-2,5

Назва характеристики	Числове значення
Потужність, встановлена кВт	1000
Потужність споживча, кВт	990
Ємність номінальна, т	2,5
Частота струму, Гц	50
Число фаз мережі	1
Номінальна напруга, В:	
- живлячої мережі	6000 або 10000
- на індукторі	1000
Температура перегріву металу, °С:	
- номінальна	1400
- максимальна	1550
Продуктивність по розплавленню і перегріву, т/год.	2,0
Питома витрата електроенергії на розплавлення і перегрів, кВт · год/т.	510
Маса металоконструкцій електропечі, т	12,1

Марці сірого чавуну СЧ 20 відповідає хімічний склад елементів, %, табл.

5.2.

Таблиця 5.2 - Вміст хімічних елементів в чавуні СЧ 20

Елемент	Хімічний склад %	Середній склад %
C	3,3 - 3,5	3,4
Si	1,4 - 2,4	1,9
Mn	0,7 - 1,0	0,85
P	до 0,2	0,1
S	до 0,15	0,07
C + Si	4,9 - 5,7	5,3

Визначаємо хімічний склад шихти, %.

Беремо ΔK_i для $Si_{угар} = 15 \%$; $Mn_{угар} = 25 \%$;

$C_{угар} = 5 \%$; $P_{угар} = 0 \%$; $S_{угар} = 50 \%$.

Масову долю $i^{го}$ елемента в шихті (для всіх видів плавки) під час плавлення в індукційній печі:

$$K_{ish} = K_{ip} \cdot \frac{B}{100 \pm \Delta K_i}$$

де K_{ip} - масова доля i^{ro} елемента в розплавленому чавуні, %, що відповідає вмісту елемента в відливках;

B - кількість отриманого рідкого металу в % від маси металу завалки, $B = 91$ %;

ΔK_i – угар або пригар i^{ro} елемента.

$$C_{\text{ш}} = 3,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 2,03$$

$$Si_{\text{ш}} = 1,9 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,26$$

$$Mn_{\text{ш}} = 0,85 \cdot 91 / (100 - 25) = 1,03$$

$$P_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 91 / (100 - 0) = 0,18$$

$$S_{\text{ш}} = 0,07 \cdot 91 / (100 - 50) = 0,13$$

$$C_{\text{ш}} = 3,3 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,16;$$

$$C_{\text{ш}} = 3,5 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,35$$

$$Si_{\text{ш}} = 1,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 1,50;$$

$$Si_{\text{ш}} = 2,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 2,57$$

$$Mn_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 91 / (100 - 25) = 0,85;$$

$$Mn_{\text{ш}} = 1,0 \cdot 91 / (100 - 25) = 1,21$$

$$P_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 91 / (100 - 0) = 0,1$$

$$S_{\text{ш}} = 0,07 \cdot 91 / (100 - 50) = 0,13$$

$$3,16 \leq C_{\text{ш}} \leq 3,35$$

$$1,5 \leq Si_{\text{ш}} \leq 2,57$$

$$0,85 \leq Mn_{\text{ш}} \leq 1,21$$

$$P_{\text{ш}} \leq 0,2$$

$$S_{\text{ш}} \leq 0,13$$

Знаходимо зміну вмісту елементів під час плавки:

$$\Delta C = 100 \cdot \frac{C_{\text{ш}} - C_p}{C_{\text{ш}}} = 100 \cdot \frac{3,26 - 3,4}{3,26} = -4,3 \%$$

Отже, маємо пригар вуглецю, на що показує знак „-”.

$$\Delta Si = 100 \cdot \frac{Si_{\text{ш}} - Si_p}{Si_{\text{ш}}} = 100 \cdot \frac{2,03 - 1,9}{2,03} = 6,4 \%$$

$$\Delta Mn = 100 \cdot \frac{Mn_{ш} - Mn_p}{Mn_{ш}} = 100 \cdot \frac{1,03 - 0,85}{1,03} = 17,5 \%$$

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{P_{ш} - P_p}{P_{ш}} = 100 \cdot \frac{0,18 - 0,1}{0,18} = 44,4 \%$$

$$\Delta S = 100 \cdot \frac{S_{ш} - S_p}{S_{ш}} = 100 \cdot \frac{0,13 - 0,07}{0,13} = 0,5 \%$$

Таблиця 5.3 - Необхідний хімічний склад чавуну марки СЧ 20 і шихти для його плавки

Марка	Масова доля елементів, %:				
	Вуглець С	Кремній Si	Марганець Mn	Фосфор Р	Сірка S
				не більше	
СЧ 20	3,16 - 3,35	1,50 - 2,57	0,85 - 1,21	0,1	0,13
Середнє	3,26	2,04	1,03	0,1	0,13

Для визначення вмісту компонентів у шихті проводимо розрахунок шихти методом підбору. Результати зводимо до табл. 5.4.

5.2 Вибір формувальної та стержневої суміші

У масовому і серійному виробництві рекомендується використовувати єдину формівну суміш. На автоматичній лінії ІЛ 225 використовується формівна суміш з підвищеною рідинотекучістю. Склад та механічні властивості стержневої та формувальної суміші приведені у таблицях 5.5, 5.6 [14].

Таблиця 5.5 - Склад і фізико-механічні властивості формувальної суміші

Складова суміші і параметри	Значення параметру
Оборотна суміш, %	96
Пісок кварцовий K02, K016, %	3
Вугілля гранульоване, %	0,15
Бентоніт, %	0,15
Вода, %	до вологості 3,0 - 4,0
Вміст глиняної складової, %	11
Вміст активного бентоніту, %	8
Втрати при прожарюванні %	3
Вологість, %	3,5
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,12 - 0,15
Газопроникність, одиниць	80
Плинність, одиниць	80

Таблиця 5.4 - Розрахунок шихти методом підбору

№ п/п складової шихти	Компонент шихти	Марка	Марка компонента в шихті	Масова доля елементів, %:									
				C		Si		Mn		P		S	
				в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті
1	Ливарний чавун	Л1	10,0	3,65	0,365	3,4	0,340	1,3	0,130	0,08	0,008	0,05	0,005
2	Ливарний чавун	Л2	10,0	3,75	0,375	3,0	0,300	1,2	0,120	0,05	0,005	0,03	0,003
3	Ливарний чавун	Л4	16,0	3,95	0,632	2,2	0,352	0,7	0,112	0,07	0,011	0,04	0,006
4	Переробний чавун	ПЛ1	14,0	4,0	0,560	0,7	0,098	0,75	0,105	0,1	0,014	0,03	0,004
5	Чавунний лом	СЧ30	10,0	3,1	0,310	1,6	0,16	0,085	0,009	0,15	0,002	0,10	0,001
6	Відходи свого виробництва	СЧ20	25,0	3,5	0,875	1,9	0,475	0,85	0,213	0,2	0,005	0,15	0,038
7	Сталевий лом		15,0	0,3	0,045	0,2	0,030	0,6	0,090	0,05	0,008	0,05	0,008
8	Феросиліцій	ФС75	-	3,0	-	77,0	-	0,4	-	0,05	-	0,02	-
9	Феромарганець	ФМn1,5	0,5	1,5	0,008	2,5	0,013	85,0	0,425	0,3	0,002	0,03	0,0002
Всього у шихті			100,5		3,170		1,768		1,204		0,1		0,1
Необхідний склад шихти					3,16 – 3,35		1,50 – 2,57		0,85 – 1,21		0,1		0,1

Таблиця 5.6 - Склад стержневої суміші і її фізико-хімічні властивості

Складові суміші і властивості	Значення параметра
Пісок кварцовий, %	95,24
Смола СФ, %	3,54
Каталізатори МІ, %	0,7
Гас, %	0,52
Газопроникність, одиниць	80
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,005 - 0,01
Вологість, %	1,8 - 2,8

5.3 Формовка

Основну частину форми одержують машинною формовкою. За допомогою машин механізовано дві основні операції - ущільнення, видалення моделі з форми. Процес виготовлення форм в перших опоках іде таким шляхом:

1. Формувальна суміш подається в бункери встановлені над машиною.
2. Порожні опоки подаються за допомогою рольгангів.
3. Нижню і верхню напівформи виготовляють на різних машинах.
4. Потім за допомогою дозатора заповнюють опоки формівною сумішшю з бункера.
5. Далі суміш ущільнюють, готову напівформу кантують, знімають надлишок

суміші і виконують обдуб форми.

6. Потім напівформи транспортують на збирання.

5.4 Збирання форм

Точність збирання в значній мірі визначає точність геометричних розмірів відливка. В об'єм робіт по збиранню форми входять такі операції:

- 1) збирання форми;
- 2) спарювання верхньої та нижньої опок.

5.5 Заливка форм

Заливка може виконуватись з рухомою і нерухомою формою. Розплавлений метал з міксера потрапляє у попередньо нагрітий ківш барабанного типу ємністю 1т, який транспортується краном. Цей ківш встановлюють на спеціальному стенді для подальшої роздачі металу в розливні ковші [13].

Для заливки металу використовують ковші чайникового типу ємністю 250 кг. Перед заливкою металу, потрібно видалити шлак з розливного ковша. Підводимо ківш і встановлюємо носок ковша над ливниковою чашею на відстані 150...200 мм. При заливці необхідно швидко заповнити металом ливникову чашу і тримати її заповненою до кінця заливки форми. Забороняється переливати чашу, недолив чаші дозволяється - 20 мм. Заливка повинна бути безперервною. Після заливки залишки металу повинні зливатись у спеціальні форми. Тип плавильного агрегату вибирають в залежності від роду металу, а також вимог, які висуваються до якості відливки.

5.6 Вибивка і обрубка

Залиті та охолоджені форми подаються на вибивний пристрій. Коливання

решітки передається суміші і відливкам. В цих умовах суміш інтенсивно розсипається і проходить в отвори решітки, та поступає на подальшу переробку. Відливки ковзають на пластинчатий конвеєр рухаючись по якому вони зовсім охолоджуються, подаються в галтувальний барабан в якому відділяється ливникова система.

Потім відливки поступають в прохідну дробометну камеру де вони очищуються від пригару. Після цієї операції відливки проходять зачистку від заусениць на наждачних верстатах [8].

Далі вони поступають на дільницю контролю де проходять проміжний контроль (по всіх стадіях технологічного процесу) і кінцевий. Перевіряють хімічний склад, структуру, геометричні розміри. Поверхневі дефекти визначають візуально.

6 Опис процесу проектування ливарної оснастки

При крупносерійному і масовому виробництві для збільшення строку служби моделей, їх необхідно виготовляти металевими. Заготовки металевих моделей отримують литтям у піщані форми по дерев'яним моделям (промоделям). Промоделі виготовляються з припуском на механічну обробку моделі і відливка, а також з урахуванням усадки сплаву моделі. Модель виготовляється із сірого чавуна марки СЧ 20. Обробляються моделі вручну, припуск на механічну обробку - 3,5 мм. Товщину тіла моделі визначають із номограми в залежності від габаритів моделі. З урахуванням малих габаритних розмірів відливка модель відливається суцільною. Після механічної обробки моделі монтуються на раніше підготовані промодельні плити. При монтажі напівмоделей на плити необхідно враховувати розміри опок. Контур опоки в світлі 900 × 600 мм. Таким чином обидві промоделі розташовуються на плиті так, щоб відстань від напівмоделей до країв складала не менше 300 мм. Ливникова система монтується у відповідності з кресленням ливникової системи. Кріплення моделей і ливникової виконується гвинтами.

Монтаж моделей на плитах виконується за допомогою монтажного шаблону, виготовленого з листової сталі товщиною 2...5 мм [15].

Модельні плити виготовляються із чавуна. Товщина плит складає 50 мм, так як вони повинні витримувати навантаження при формовці. Робоча поверхня плит повинна бути оброблена. На підготовлені плити накладається монтажний шаблон, встановлюються напівмоделі і просвердлюються отвори для кріплення. Напівмоделі являються кондукторами, отвори свердяться одночасно і в плиті і в моделі. Потім плита з отворами накладається на іншу плиту і в останній просвердлюються отвори. На плиту встановлюються напівмоделі і кріпляться гвинтами. Після кріплення моделей установлюється ливникова система. До плити для нижньої напівформи кріпляться моделі живильників, а на плиту верха - моделі шлаковловлювачів. Підмодельні плити повинні мати елементи спарювання з опоками. На одній плиті повинні бути: з однієї сторони - центруючий, з іншої - направляючий штирі. На другій плиті необхідно мати відповідно центруючий і направляючий отвори. Модельні плити на формувальній машині кріпляться за допомогою болтів.

Для виготовлення стержнів піскострільним способом застосовується алюмінієвий стержневий ящик. Заготовку ящика отримуємо литтям у піщані форми по дерев'яним моделям.

При виготовленні моделі ящика необхідно врахувати усадку алюмінієвого сплаву, яка складає 1,25%. Також враховуємо припуск на механічну обробку ящика, який при зачистці складає 0,4 мм. Для визначення товщини тіла стержневого ящика необхідно знати габаритні розміри. Товщину стінок ящика визначаємо із номограми [16]. Для стержневих ящиків із алюмінієвих сплавів товщина стінок складає 10 мм. По таблицям [16] визначаємо товщину ребер жорсткості і радіус галтелей. При товщині стінок стержневого ящика 10 мм товщина ребер жорсткості складає 10 мм, а радіус галтелей рівний 5 мм. Стержневий ящик відливається у відповідності з розмірами і піддається механічній обробці. Площина роз'єму ящика шліфується для якісного прилягання обох половин ящика одна до одної. Половини ящика з'єднуються за допомогою штирів.

Для видалення повітря із ящика при виготовленні стержня, встановлюються венті.

Площа однієї венті при діаметрі 6 мм дорівнює 28 мм². Звідси для забезпечення щільної набивки стержня необхідно на один вдувний отвір діаметром 31 мм мати 8 вент. Застосовуємо щільовидні прорізи у вентах.

7 Охорона праці

Шкідливими та небезпечними факторами в ливарному виробництві є [17]:

- рухомі машини та механізми (кран-балки, електрокари);
- рухомі частини виробничого обладнання (кокільні машини, обрізні машини обрізні та шліфувальні верстати);
- підвищена температура обладнання та металу (у плавильному відділенні та на дільниці заливки металу у форми);
- підвищений рівень шуму на робочому місці (від очисних верстатів);
- недостатня освітленість робочої зони;
- небезпечна дія електричного струму (у випадку несправностей в електричному обладнанні, відсутність заземлення, оголення проводів);
- електромагнітні поля (у ливарних цехах генеруються електротермічними установками для плавки і нагріву металу).

Безпека ливарних процесів. Безпека технологічних процесів у ливарному виробництві досягається дотриманням вимог ГОСТ 12.3.027-81 „ССБТ. Работы литейные. Требования безопасности”.

До числа важливих факторів безпеки відносять:

- усунення контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, виробами, відходами, що чинять шкідливі дії;
- комплексна механізація, автоматизація, застосування дистанційного керування технологічними процесами;
- герметизація обладнання;
- застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих;

- раціональна організація праці і відпочинку працюючих;
- своєчасне отримання інформації про виникнення виробничих небезпек;
- система контролю і управління технологічного процесу.

Ливарне виробництво вимагає переробки великої кількості різних вихідних матеріалів.

Для забезпечення безпеки операцій по переробці вихідних матеріалів шихтові матеріали зберігають в складах, при цьому дотримуються граничної висоти їх зберігання.

Шихтові матеріали, які поступають в ливарний цех, повинні мати токсологічну характеристику. Нові матеріали можуть застосовуватися тільки після затвердження органами державного санітарного контролю.

Заходи безпеки при литті в форми. Безпека робіт при заливці форм досягається шляхом механізації транспортування розплавленого металу, обмеження маси металу, що переноситься вручну (не більше 15 кг на одного працюючого); заповнення ковшів і тиглів металом не більше ніж на 0,88 їх внутрішньої висоти. Для розливки металу дозволяється використовувати ковші ретельно просушені і підігріті, розливають метал при відключеному струмі. Шлак і залишки металу із ковшів зливають в сухі виливниці.

При литті в піщані форми перед заливкою перевіряють цілісність напівформ, очищують напівформи від сторонніх домішок, встановлюють стержні за допомогою пристроїв, що виключають присутність рук в небезпечній зоні, встановлюють апаратуру, що забезпечує технологічну витримку відливків при охолодженні [17].

Заходи безпеки при литті. Напівформи перед кожною заливкою металу повинні бути очищені від сторонніх включень. Для очищення напівформи повинні використовуватися пристосування, які виключають нахождение рук робочого в зоні напівформ.

Реле часу на охолоджувальному конвеєрі повинно бути налаштовано на достатній час для затвердіння відливків.

При необхідності огляду і обслуговування напівформи зі сторони протилежній робочому місцю оператора, машина повинна бути вимкнена.

Для дозування подачі розплавленого сплаву повинні застосовуватись пристрої, які виключають його пролив чи розбризкування під час видачі доз. Між ливарною лінією і розливочною машиною повинна бути відстань не менше 2 м.

Заливочна машина повинна бути надійно екранована металевим щитом, від проїзду по якому транспортується ківш з розплавленим металом. На період поповнення дозуючих ковшів металом гідравлічний привод машини відключають. Приміщення, в якому експлуатуються автоматичні лінії мають 2 виходи. Складування біля автоматичних ліній гарячих відливків не допускається.

Пожежна безпека. Пожежна безпека в ливарному виробництві досягається дотриманням нормативних актів ДНАОП 0.01-1.01-95 „Правила пожежної безпеки в Україні”.

Для запобігання пожежі в ливарному цеху виконуються наступні правила:

- куріння дозволяється тільки в спеціально відведених місцях;
- кожне приміщення обладнане автоматичною сигналізацією на випадок появи пожежі;
- забороняється залишати біля плавильних і нагрівальних печей легко займистих матеріалів та балони з газом;
- основні виробничі приміщення цеху повинні бути оснащені пожежними щитами з інструментом та інвентарем для гасіння пожежі (багор, лопата, відро, вогнегасник, сокира);
- дуже важливо, щоб проходи і проїзди завжди були вільними для евакуації та прибуття пожежної команди.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В бакалаврській роботі розроблено технологію виготовлення відливка Корпус НП90.4-003 для аксіально-поршневого насосу.

Визначено положення відливка в формі, поверхню роз'єму та місце підводу металу, що забезпечує рівномірне заповнення форми розплавом.

Розраховано ливниково-живильну систему, правильна конфігурація якої дозволяє отримати якісний відливок. Отримані площі перерізів каналів ливникової системи забезпечують заповнення ливарної форми металом з оптимальною швидкістю, що виключає утворення у відливку недоливів, неметалічних включень і об'ємної усадки в період затвердіння відливка. Визначено оптимальну тривалість заливки.

Плавка чавуну марки СЧ 20 відбувається в індукційній печі, так як головною її перевагою є можливість отримання металу будь-якого складу, навіть з застосуванням елементів, що здатні сильно вигоряти, а також велика екологічність, простота технології, високий ККД при нагріванні.

Застосування автоматичної ливарної лінії ІЛ 225 з габаритами опок 900 × 600 дозволяє збільшити продуктивність праці та підвищити ефективність виробництва.

Для виготовлення стержнів використано універсальний стержневий автомат моделі 4509А. Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидкотвердіючих термореактивних сумішей, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність відливків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хричиков В. Е., Меньяло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с.
2. 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.
3. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лонатько К. Г. Матеріалознавство: Підручник / Є.Г. Афтанділянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. - Херсон: Олді-плюс, Київ: Видавництво Ліра-К, 2013. – 612 с..
4. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатько. – К: Либідь, 2002. – 327 с.
5. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. – Введ. 2021–01–05. – К.: Технічний комітет стандартизації «Ливарне виробництво» (ТК 177), 2020. – 7 с.
6. Матвієнко І. В. Формовочне та стержневе обладнання ливарних цехів / І.В. Матвієнко., А.З. Ісагулов. – Караганда: Вид-во КарДТУ, 2004. – 215 с.
7. Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів / Сумцов В.П. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.
8. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с
9. Голофаєв А. М., Гутько Ю. І., Тараненко Н. О. Технологічна оснастка ливарного виробництва: навч. посіб. Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2006. – 304 с.
10. І. Б. Зайгеров. Обладнання ливарних цехів. – Мінськ: Вища школа, 1980. – 368 с.
11. ДСТУ 3212-92. Комплекти модельні. Ухили формувальні, стрижневі знаки, допуски розмірів. – Введ. 2019–01–01. – К.: Міждержавний технічний комітет МТК 224 «Технологічне оснащення», 2019. – 8 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. Сабірзянов Т.Г. Печі ливарних цехів: Навчальний посібник для студентів спеціальності 8.090205 – Обладнання ливарного виробництва. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 281 с.
14. Формувальні матеріали [Текст]: підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р. В. Лютий, І. М. Гурія; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 257 с.
15. Приходько О.В. Методичний посібник до практичних і самостійних робіт по дисциплінах «Проектування і виробництво оснастки» для студентів спеціальності 7.05040201 і «Конструювання оснастки ливарних цехів» для студентів спеціальності 7.05050202 всіх форм навчання. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – 116 с.
16. Ісагулов А.З. Проектування ливарного оснащення: Навчальний посібник / Ісагулов А.З., Кузембаєв С.Б., Канунікова С.Г. – Караганда: КарДТУ, 2003. – 138 с.
17. Полетаєв В. П. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів»): навчальний посібник / В. П. Полетаєв, О. А. Крюковська / під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. – 363 с.

ДОДАТКИ