

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)
« ____ » _____ 2025 __р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на
тему:

**«Розробка технологічного процесу виготовлення
відливка «Корпус НР90.4-003.01» методом лиття в
піщано-глинисту форму»**

**«Development of a technological process for
manufacturing a casting "Housing NR90.4-003.01" by
sand-clay mild casting method»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ОЛ)-22мб
Бельченков Є.В
(прізвище та ініціали)

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк _____»
спеціальності 131 «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	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
« _____ » _____ 2025 р.

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

Бельченков Єгор Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.01» методом лиття в піщано-глинисту форму
2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр СКРИПНИК
затверджені наказом вищого навчального закладу від “2” 01 2025 року № 9-02
3. Строк подання роботи до захисту 15.06.2025
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

Перелік графічного матеріалу:

1. Корпус
2. Моделльний комплект верху
3. 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 роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей	23.03.2025	
2	Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	1.04.2025	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	8.04.2025	
4	Розрахунок і конструювання ливникової системи	13.04.2025	
5	Опис технологічного процесу виготовлення виливка	23.04.2025	
6	Опис процесу проектування ливарної оснастки	26.04.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	8.05.2025	
8	Оформлення презентації роботи	19.05.2025	
9	Здача роботи на кафедрі та перевірка наявності запозичень	26.05.2025	

Дата видачі завдання «_____» _____ 2025 р.

Керівник роботи _____ (Олександр СКРИПНИК)
(підпис)

Завдання прийнято до виконання «_____» _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ (Єгор БЄЛЬЧЕНКОВ)
(підпис)

Анотація

Бельченков Єгор Володимирович. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.01» методом лиття в піщано-глинисту форму. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2025. Пояснювальна записка викладена на 36 стор. друкованого тексту і містить 5 рис., 14 табл., і 18 літературних посилань.

В рамках бакалаврської роботи було виконано широкий спектр досліджень, що включають в себе детальний аналіз, планування та реалізацію різних етапів виробництва виливків, а саме:

- Описано хімічний склад матеріалу відливка «Корпус НП90.4-003.01», механічні та ливарні властивості сплаву ВЧ 600-3.

- Розроблено технічні умови, які встановлюють критерії якості та вимоги до виготовлення продукції, включаючи матеріали, обладнання та технологічні процеси виготовлення відливка «Корпус НП90.4-003.01».

- Запропоновано технологію виготовлення виливка.

- Проведено розрахунок конструкції ливниково-живильної системи.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення чавунного виливка "Корпус НП 90.4-003.01" для аксіально-поршневого насосу, масою 19,03кг, литтям в піщано-глинисту форму.

Предметом дослідження – визначення технологічних параметрів та складання опису з виробництва та формування виливка.

Результати проектування – розроблена технологія виготовлення чавунного виливка "Корпус НП 90.4-003.01" для аксіально-поршневого насосу.

ВИСОКОМІЦНИЙ ЧАВУН, ВИЛИВОК, ПРИПУСК, ФОРМА, МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ СТЕРЖЕНЬ.

Annotation

Belchenkov Yegor Volodymyrovych. Development of a technological process for manufacturing a casting "Housing NP90.4-003.01" by the method of casting in a sand-clay mold. Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education: TsNTU, 2025. The explanatory note is set out on 36 pages of printed text and contains 5 figure, 14 tables, and 18 literary references.

As part of the bachelor's thesis, a wide range of research was carried out, including detailed analysis, planning and implementation of various stages of casting production, namely:

- The chemical composition of the casting material "Housing NP90.4-003.01", the mechanical and casting properties of the HF 600-3 alloy are described.

- Development of technical conditions that establish quality criteria and requirements for product manufacturing, including materials, equipment and technological processes for manufacturing the casting "Housing NP90.4-003.01".

- Designing a casting technology includes choosing the best casting method.

- An optimal casting process was developed. The design of the sprue-feeding system was calculated.

The object of the study is the process of manufacturing a cast iron casting "Housing NP 90.4-003.01" for an axial piston pump, weighing 19.03 kg, by casting in a sand-clay mold.

The subject of the study is the determination of technological parameters and the preparation of a description of the production and formation of the casting.

The design resulted in the development of a technology for manufacturing a cast iron casting "Housing NP 90.4-003.01" for an axial piston pump.

HIGH-STRENGTH CAST IRON, CASTING, ALLOWANCE, MOLD, MODEL SET OF RODS.

Зміст

	Стор
Вступ.....	6
1. Обґрунтування вибору матеріалу вилівка та опис його властивостей...7	7
2. Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок.....9	9
3. Розробка технологічного процесу виготовлення вилівка	10
3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів...10	10
3.2 Визначення положення вилівка у формі.....16	16
3.3 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків.....16	16
4. Розрахунок і конструювання ливникової системи.....17	17
4.1 Визначення габаритних розмірів опоки.....17	17
4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки.....18	18
4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи.....21	21
5. Опис технологічного процесу виготовлення вилівка.....24	24
5.1 Вибір формувальної та стержневої суміші.....24	24
5.2 Формовка.....26	26
5.3 Збирання форм.....27	27
5.4 Заливка форм.....27	27
5.5 Вибивка і обрубка.....28	28
6. Опис процесу проектування ливарного оснащення.....29	29
7. Техніка безпеки.....30	30
Висновки.....33	33
Література.....34	34
Додатки.....36	36

Вступ

Лиття - це найвигідніший спосіб виготовлення металевих виробів. За допомогою лиття можна зробити деталі будь-якої форми з майже будь-якого металу. Іноді тільки лиття дозволяє виготовити потрібні деталі, особливо якщо вони мають складну форму, яку важко або неможливо отримати іншими способами, такими як кування, штампування або зварювання [1].

Ливарне виробництво є ключовим постачальником заготовок для машинобудівної галузі. Усі сфери машинобудування використовують литі деталі різноманітної конфігурації, які мають мінімальні допуски на механічну обробку та високі експлуатаційні характеристики.

Лідерство у виробництві виливків належить литтю в піщані форми, на яке припадає близько 80% продукції. Однак, слід зазначити, що точність та шорсткість поверхні таких виливків часто не відповідають вимогам сучасного машинобудування. [2].

Ключовим напрямком модернізації та розвитку ливарного виробництва є впровадження існуючих та розробка нових технологічних процесів, спрямованих на скорочення витрат ресурсів (матеріалів та енергії), підвищення продуктивності праці, поліпшення умов роботи, мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище та, як наслідок, підвищення якості та ефективності виробництва.

1. Обґрунтування вибору матеріалу вилівка та опис його властивостей

Вибір матеріалу для вилівка ґрунтувався на аналізі умов його роботи та пред'явлених до нього вимог. Для виготовлення вилівка «Корпус НП90.4-003.01» було обрано сплав ВЧ 600-3 ДСТУ 3925-99 [4]. Характеристики цього сплаву, зокрема механічні властивості, а також хімічний склад, детально описані в табл. 1.1, 1.2, 1.3

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву ВЧ 600-3 ДСТУ 3925-99

Марка чавуну	Масова частка елементів					
	С %	Si %	Mn %	P %, не більше	S %, не більше	Cr %, не більше
ВЧ 600-3	3,2-3,6	1,9-2,9	0,4-0,7	0,1	0,01	0,15

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ВЧ 600-3 ДСТУ 3925-99

Марка чавуну	Тимчасовий опір під час розтягання $\sigma_{0.2}$, МПа (кгс/мм ²)	Умовна границя плинності $a_{0.2}$, МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Твердість НВ
ВЧ 600-3	600 (60)	390 (90)	3	192-277

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості сплаву ВЧ 600-3

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Густина	г/см ³	7,1
Температура плавлення	°С	1200...1500
Коефіцієнт теплового розширення (20...100 °С)	мкм/(м·К)	11...12
Теплопровідність	Вт/(м·К)	30...40
Модуль пружності (Юнга)	ГПа	160 ... 170
Модуль зсуву	ГПа	65 ... 75
Коефіцієнт Пуассона	-	0,27 ... 0,30

Розуміння приведених характеристик матеріалу має вирішальне значення для виробництва високоякісних вилівоків. Завдяки кулястій формі графіту високоміцний чавун має широкий діапазон експлуатації. Куляста форма графіту в

рази зменшує напруження в сплаві, завдяки чому підвищується міцність. Металева основа зазвичай феритно-перлітна. На відміну від сірого чавуну, міцність чавуну з кулястим графітом визначається переважно структурою металевої основи, а не формою та кількістю графітових включень. Цей матеріал, на відміну від ковкого чавуну і сталі, має меншу схильність до утворення усадкових раковин та має кращу рідкотекучість. Це дозволяє отримувати виливки з товщиною стінки від 2,5 до 3,0 мм.

Даний матеріал використовують в деталях, що працюють в умовах теплових ударів, мінусових температур. Також високоміцний чавун характеризується високою пружністю і здатністю поглинати вібрації, яка перевищує аналогічну властивість сталі. Межа текучості в 2,4 рази більша ніж в конструкційних сталях.

Домішки в чавуні відіграють важливу роль, впливаючи на його властивості та структуру.

Елементи, такі як вуглець і кремній, позитивно впливають на процес утворення графіту в чавуні та його здатність заповнювати форму під час лиття.

Марганець, навпаки, уповільнює утворення графіту (перешкоджає графітизації), сприяє твердінню чавуну, збільшує його міцність та нейтралізує негативний вплив сірки.

Сірка негативно впливає на текучість чавуну, сприяє його усадці та утворенню розколів. Її вміст не повинен перевищувати 0,1%. Фосфор хоч і мало впливає на графітизацію, але значно покращує текучість, що є критично важливим для виготовлення тонкостінних виробів. Проте, він також робить чавун більш крихким.

Для поліпшення механічних властивостей чавуну перед його розливанням у форми додають модифікатор. Як модифікатор використовують розмелений силікокальцій або феросиліцій у кількості від 0,1 до 0,4 % від маси чавуну. Модифікатори сприяють розкисленню чавуну та утворенню силікатних включень, які служать центрами графітизації та уповільнюють ріст зерен графіту. Завдяки цьому отримують високоміцний чавун з кулястим графітом.

Щоб не допустити утворення ледебуриту або цементиту у високоміцному чавуні, проводять повторну обробку розплавленого металу матеріалами, що сприяють утворенню графіту, наприклад, феросиліцієм.

Сплав ВЧ 600-3 популярний в машинобудуванні завдяки гарним механічним властивостям. Сплав має мінімальну межу міцності на розрив 600 МПа, що робить його одним з найміцніших чавунів. Даний чавун гарно піддається металообробці завдяки чому дозволяє зменшити витрати на матеріал та зменшити трудоемність виробництва.

ВЧ 600-3 має добру герметичність, що дозволяє використовувати його для виготовлення деталей, що працюють під тиском, таких як корпуси насосів та гідравлічних систем.

Високоміцний чавун використовується для виготовлення деталей, які працюють під значними навантаженнями, таких як обладнання для металургійних заводів, турбіни електростанцій, двигуни для транспортних засобів, а також різні кронштейни та інші елементи [3].

2. Характеристика деталі та розробка технічних умов на вилівок

Вилівок «Корпус НП90.4-003.01» має точність 8-0-0-8 ДСТУ 8981:2020 [5]. На оброблених поверхнях допускаються будь-які ливарні дефекти, що не перевищують 2/3 глибини припуску на механічну обробку. На необроблених поверхнях допускаються ливарні раковини глибиною до 1 мм діаметром до 3 мм, що не виходять на кромки та не впливають на працездатність деталі. Вилівок має бути очищений до металевого блиску від формувальної суміші, заусенці та нарости повинні бути видалені.

Корпус має складний ступінчастий отвір, який забезпечується завдяки стержню. Механічній обробці піддаються торцеві поверхні деталі та поверхня отвору. Інші поверхні залишаються без змін. Неуказані ливарні ухили - 3°. Невказані ливарні радіуси від 3 мм до 5 мм.

Виріб входить до складу аксіально-поршневого насосу. Маса деталі 19,03 кг. Габаритні розміри 190×190×280 мм. Твердість від 170 до 220 НВ ДСТУ EN ISO 6506-4:2019.

3. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка

3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для плавки чавуну ВЧ 600-3 ДСТУ 3925-99 обираємо індукційну тигельну піч ІЧТ-16/2,5 [7]. 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	3,5
Установлена потужність	кВт	2500
Витрати електроенергії	кВт год/тон	600...650
Угар і безповоротні втрати	%	від 2 до 4%
Робоча температура плавки	°С	1400...1550

Приведена піч представляє собою закриту конструкцію. Магнітний потік у цієї печі ззовні індуктора передається розміщеними магнітопроводами. Саме така конструкція підвищує ефективність та жорсткість та продуктивність плавки.

Завдяки тому, що розплавлений чавун активно перемішується в індукційних печах, його хімічний склад залишається постійним, що є основною перевагою цього типу плавки.

Тривалість служби футеровки індукційних печей залежить від того, як часто піч використовується. Якщо піч працює безперервно, то кварцитова футеровка витримує один-два місяці. Однак, якщо метал з печі виливають часто і малими порціями, то футеровка швидше руйнується, продуктивність печі падає, а обслуговування стає складнішим.

Оптимальна температура заливки чавуну марки ВЧ 600-3 має бути в межах від 1450 до 1470 °С. Тому є необхідним врахувати температурні втрати при

переливанні – від 30 до 50 °С та при випуску чавуну з плавильної печі від 30 до 40 °С.

Для виробництва заданого вилівка використовуємо автоматичну формувальну лінію моделі Z426, технічна характеристика наведена в табл. 3.2 [6].

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії Z426

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Модель	-	Z426
Розмір форми	мм	610×508
Висота форми	мм	130...180
Виготовлення форми	с	40...45
Тиск стисненого повітря	МПа	0,5...0,6
Витрати стисненого повітря	МПа	2
Робочий тиск мастила	МПа	10,6
Потужність	кВт	18,5
Витрати формувальної суміші	т/год	10,5...17

Впровадження цієї автоматичної безопочної лінії дозволяє суттєво збільшити обсяги та покращити якість виготовлення литих виробів, автоматизувавши всі етапи від формовки до вибивання. Габаритні розміри та профіль вилівка є основним критерієм, що характеризують висоту верхнього та нижнього кому. Розміри форми кому, що виготовляє обладнання є прийнятними та технологічними для виготовлення вилівка.

Процес формовки на автоматичній лінії передбачає наступний алгоритм:

- 1 Виготовлення напівформи низу на формувальному пресі автоматичної лінії.
- 2 Наступним етапом є обдування стисненим повітрям, завдяки якому відбувається видалення зайвих частинок формувальної суміші.
- 3 Підготовлені стержні автоматично встановлюються в напівформу низу.
- 4 Напівформа верху по рольгангам транспортується до формувального пресу, на якому формується напівформа верху.
- 5 Форми об'єднуються та закріплюються жакетом по лінії роз'єму форм. На загальну форму накладається фіксуюча пластина з отвором для заливки сплаву.

6 Наступним етапом зібрана форма транспортується на ділянку заливки.

Після заливки відливки охолоджуються та тверднуть під час пересування по автоматичній лінії. За цей час їх температура знижується до 180...200 °С. Після того, як форми охололи, їх переміщують на зону вибивки з подальшим очищенням.

Для виготовлення стержнів використовується стержневий автомат серії СВ, який працює за принципом «Cool box». Технічна характеристика приведена в табл. 3.3 [8].

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика стержневого автомату СВ-12

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Об'єм надуву	л	8
Вага стержня	кг	12
Площа надуву	мм ²	350
Зусилля закриття	кгс	3500
Робочий тиск	бар	7...9
Напруга	В	220
Частота напруги	Гц	50
Потужність	кВт	1,35
Габаритні розміри	мм	1720×1150×2600
Маса обладнання	кг	1250

Для виготовлення стержневої суміші використовуємо стаціонарну установку безперервної дії моделі 4732. Технічна характеристика зведена до табл. 3.4 [8].

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика стаціонарної установки безперервної дії моделі 4732

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Продуктивність	т/год	16
Найбільший радіус дії головки	мм	2630
Найменший радіус дії головки	мм	1380
Кут повертання першого плеча	-	240°
Кут повертання другого плеча	-	320°
Потужність	кВт	12
Габаритні розміри	мм	4212×950×3424
Маса обладнання	кг	2280

У ливарному виробництві для серійного виготовлення форм і стрижнів використовують лопаткові змішувачі безперервної дії. Їхнє завдання – це готувати швидкотвердіючі суміші.

Ключовою частиною такого змішувача є горизонтальний вал з лопатками, що обертається в корпусі у вигляді жолоба. Під час роботи лопатки захоплюють компоненти суміші та перемішують їх, одночасно просуваючи вздовж корпусу.

Для виготовлення формувальної суміші використовується змішувач моделі DISA SAM-16 180S MIXERS, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.5 [9].

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика змішувача моделі DISA SAM-16 180S MIXERS

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Маса замісу	кг	5000
Продуктивність замішування	т/год	150...180
Номинальна потужність	кВт/год	450
Споживання води	л/хв	39
Діаметр змішування	мм	2700
Маса	кг	24000

Для первинного очищення невеликих виливків простої форми, вагою до 60 кг, виготовлених з чавуну, застосовую галтувальні барабани моделі 4133. Очищення їхньої поверхні відбувається за рахунок ударів та тертя самих виливків один об одного під час їхнього безперервного переміщення у барабані. Технічна характеристика барабану моделі 4133 приведена в табл. 3.6 [8].

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика галтувального очисного барабана безперервної дії моделі 4133

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Найбільша маса очищувального виливка	кг	40
Діаметр порожнини барабана	мм	800
Довжина порожнини барабана	мм	4200
Кількість обертів за хвилину	-	30
Продуктивність	т/год	5,0
Потужність	кВт	24,2
Габаритні розміри	мм	6560×2550×2850
Маса обладнання	кг	17870

Для фінішного очищення виливків масою до 40 кг доцільно використати дробометну обробку. В нашому випадку застосовуємо дробометний барабан безперервної дії моделі 42313, який оснащено дробометним апаратом 42116 [7]. Технічна характеристика обладнання наведена в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика барабану безперервної дії моделі 42313, який оснащено дробометним апаратом 42116

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Продуктивність очищення	т/год	10
Маса очищувальних виливків	кг	40
Найбільша об'ємна діагональ	мм	850
Продуктивність дробометних апаратів за дробом	кг/хв	1260
Кількість дробометних апаратів	шт	2
Установлена потужність	кВт	148
Габаритні розміри барабану	мм	8370×5800×8490
Маса барабану, без дробометального апарату	кг	60000
Продуктивність за дробом	кг/хв	400
Швидкість вилітання	м/с	70...80
Частота обертання ротора	хв ⁻¹	2250
Діаметр ротора	мм	500
Кількість лопаток	шт	8
Установлена потужність апарату	кВт	40
Габаритні розміри	мм	1170×1115×610
Маса обладнання (без електродвигуна)	кг	660

Ці агрегати, призначені для вбудовування в автоматизовані виробничі лінії. Вони забезпечують якісне очищення виливків, виготовлених на основі сплавів заліза, від пригару і окалини. Очисний барабан виконаний у формі 16-гранника, зсередини облицьований стійкими до зносу плитами, а на торцях встановлені конуси для завантаження та вивантаження виливків. Рух барабану забезпечується за рахунок електродвигуна та редуктора, а система обороту дробу оснащена електромагнітними засувками і сигналізатором рівня дробу.

Для остаточної обробки литих деталей використовується механізований комплекс абразивного зачищення. Модель 99913 призначена для зачистки залишків ливникової системи та для усунення інших дефектів з поверхні виливків. Технічна характеристика комплексу моделі 99913 наведена в табл. 3.8 [8].

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика комплексу моделі 99913

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Технічна продуктивність при швидкості різання	кг/год	
40м/с 80м/с		25 100
Найбільші розміри оброблюваних виливків	мм	
довжина		2000
ширина висота		1000 1000
Найменші розміри оброблюваних виливків	мм	
довжина		1200
ширина висота		300 300
Найбільша маса оброблюваних виливків	кг	3350
Зусилля притискання виливків	Н	150...5000
Номінальна потужність	кВт	60
Габаритні розміри обладнання	мм	8200×4600×2750
Маса	кг	12020

3.2 Визначення положення виливка у формі

Вибираємо горизонтальне розташування виливка у формі під час заливання. Це робить поверхню роз'єднання форми рівною і однаковою для всього виливка, що дозволяє легше використовувати автоматичне формування. Розміщення моделі у формі таке, щоб виливок знаходився між двома частинами форми - верхньою та нижньою. Це дозволяє нам добре заповнити форму, легко її зібрати, надійно встановити внутрішні елементи, зручно перевіряти розміри та без проблем витягнути модель після формування.

3.3 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 відливка «Корпус НП90.4-003.01» вибираємо по ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Механічні припуски на обробку торцевих поверхонь деталі складають 7,5 та 8,0 мм. Припуск на фрезерування уступів торцевої поверхні 3,5мм

Приймаємо припуск на ливарну усадку для високоміцного чавуну рівному 1,8 %.

Для того щоб легко витягти виливок з форми, необхідно, щоб стінки форми були трохи нахиленими. Величину цього нахилу визначаємо за державним стандартом ДСТУ 8981:2020, залежно від розмірів виливка та технології виготовлення форми. В даному випадку для відливки «Корпус НП90.4-003.01» цей нахил становить 3° .

Невказані ливарні радіуси залежать від діапазону з $1/5$ до $1/3$ середнього арифметичного значення товщини сусідніх стінок. Приймаємо радіуси для заданого виливка від 3 до 5 мм.

Розміри стержневих знаків встановлюємо згідно з європейськими нормами, які впроваджені в Україні наказом від 28.12.2022 № 285. Довжина знаків залежить від розміру отвору та співвідношення його довжини до цього розміру [11].

Стержень для виготовлення деталі «Корпус НП90.4-003.01» має ступінчасту структуру, тому значення діаметрів стержня будуть визначати довжину знаку. При діаметру отвору та загальній довжині стержня до 315 мм [10].

При діаметрі стержня 118 мм приймаємо довжину знакової частини 60 мм

При діаметрі стержня 72 мм рекомендована довжина знакової частини є 55 мм, але конструктивно і технологічно є прийнятним використання зрізаного знаку висотою 70 мм.

При довжині знакової частини 60 мм приймаємо: $\alpha = 6^\circ$; $\beta = 8^\circ$; $S_1 = 0,8$; $S_2 = 1,0$.

При довжині знакової частини 70 мм приймаємо: $\alpha = 6^\circ$; $\beta = 8^\circ$; $S_1 = 0,8$; $S_2 = 1,0$.

4. Розрахунок і конструювання ливникової системи

4.1 Визначення габаритних розмірів кому

Вибір оптимальної товщини піщаної форми для лиття залежить від таких факторів, як маса рідкого металу, товщина стінок виливки та розташування підживлювача і ливникової системи, що забезпечують її міцність.

Задана деталь має масу 19,03 кг, через це мінімальна допустима товщина шару формувальної суміші від вершини моделі до вершини формувального кому не повинна бути нижче 70 мм. Така сама величина прийнята для відстані від низини моделі до нижньої частини. Від моделі до стінки жакету мінімальна відстань 40 мм. 30 мм є нижньою межею товщини суміші для відстані між моделлю та шлаковловлювачем.

Необхідно врахувати габаритні розміри виливка, а саме, висоту, ширину та довжину. Дані параметри залежать безпосередньо від типу та конфігурації деталі. Приведені параметри необхідно врахувати при виборі жакету.

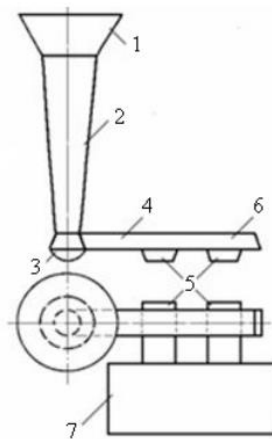
Треба прийняти кількість виливків, що будуть відливатись, а також врахувати мінімальну відстань між ними. В нашому випадку кількість виливків в формі – 1 шт.

Після врахування всіх необхідних параметрів, розміри кому визначено: 610 мм у довжину та 508 мм у ширину.

4.2 Визначення оптимальної тривалості заливки

Процес заповнення ливарної форми розплавленим металом - це перший і надзвичайно важливий етап у створенні виливка. Хоча він триває лише короткий час, від нього суттєво залежить якість готового виробу.

Ливникова система - це сукупність каналів у ливарній формі, які служать для транспортування рідкого металу з ковша до місця формування виливка. На рис 4.1 зображена найбільш розповсюджена ливникова система [12].



1 – Ливникова чаша, 2 – стояк, 3 – зумпфа, 4 – шлаковловлювач, 5 – живильники, 6 – глухий кут шлаковловлювача, 7 – порожнина виливка.

Рисунок 4.1 – Зображення основних елементів ливникової системи

Для забезпечення якісного формування чавунних деталей використовують спеціальні елементи – випори та підживлювачі.

Випори – призначені для визначення завершеності заливки.

Підживлювачі використовуються при виготовленні масивних деталей із модифікованого чавуну. Вони розміщуються в найбільш товстих частинах виливка і з'єднуються з ними за допомогою коротких каналів.

Рекомендовані габаритні розміри підживлювача для відливка з чавуну визначаємо в залежності від маси деталі згідно табл. 4.1. Врахувавши її, встановлено діаметр підживлювача – 100мм та висота нижньої частини підживлювача – 80 мм. Відношення висоти верхньої частини підживлювача до діаметру підживлювача встановлюємо по відношенню: $H/D=1,8$ [13].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані геометричні розміри підживлювачів з високоміцного чавуну

Маса відливка, кг	16...60
Діаметр підживлювача, мм	100
Глибина нижньої частини підживлювача, мм	80
Відношення верхньої частини підживлювача до її діаметру H/D	1,3...1,8

Згідно табл. 4.1 прийнято діаметр підживлювача 100 мм, загальна висота 225 мм. Враховуємо, що підживлювач має циліндричну форму, тому для визначення об'єму використаємо наступну формулу:

$$V = \pi r^2 \cdot h, \quad (4.1)$$

де, r - радіус підживлювача, м;

h - висота підживлювача, м.

Маса підживлювача розраховується за наступною формулою:

$$G_{\Pi} = V \cdot \rho, \quad (4.2)$$

Використовуючи формули 4.1, 4.2 визначаємо об'єм підживлювача та його масу.

$$V = 3,14 \cdot 0,050^2 \cdot 0,225 = 0,001767 \text{ м}^3$$

$$G_{\text{п}} = 0,001767 \cdot 7100 = 12,54 \text{ кг}$$

Для розрахунку оптимального часу заливки необхідно врахувати масу металу при заливці згідно наступної формули:

$$G_{\text{мет}} = N(G_0 + G_{\text{п}} + G_{\text{лс}}), \quad (4.3)$$

де, G_0 - маса відливка, 19,030 кг;

$G_{\text{п}}$ - маса підживлювача, кг;

$G_{\text{лс}}$ - маса ливникової системи, кг (її приймають 30% від маси відливки [10]);

N - кількість відливок, 1 шт.

Визначаємо масу металу при заливанні, згідно формули 4.3.

$$G_{\text{мет}} = 1 \cdot (19,030 + 12,540 + 19,030 \cdot 30\%) = 37,279 \text{ кг}$$

Для визначення оптимального часу заливки використовують наступну формулу:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{G\delta}, \quad (4.4)$$

де, δ - переважаюча товщина стінок виливка, 25 мм;

S - коефіцієнт тривалості заливки, що залежить від температури рідкого металу, роду сплаву, місця його підведення, матеріалу.

Для стандартного чавунного лиття S зазвичай дорівнює 2. Однак, якщо в чавуні менше 3,3% вуглецю, то S потрібно прийняти в межах 1,7-1,9.

$$\tau_{\text{опт}} = 1,8 \cdot \sqrt[3]{25 \cdot 37,279} = 17,58 \text{ с} \approx 18 \text{ с}$$

Досвід показує, що для отримання якісного вилівка час заливання повинен знаходитися в межах, близьких до розрахункового. Допустиме відхилення від розрахункового часу становить $\pm 20\%$ та повинно відповідати наступній нерівності:

$$\frac{\tau_{\text{опт}}}{1,2} \leq \tau_{\text{зал}} \leq 1,2\tau_{\text{опт}}, \quad (4.5)$$

$$15,1 \leq \tau_{\text{зал}} \leq 21,75$$

Час заливки відповідає нерівності 4.5. Умова виконується.

Подальші розрахунки базуються на оптимальному часі заливки $\tau_{\text{опт}} = 18 \text{ с}$.

4.3 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Вузьким місцем ливникової системи називається її найменший канал, який визначає швидкість проходження розплавленого металу. Для високоміцного чавуну найвужчим перерізом є площа живильників.

При використанні поворотних ковшів для лиття, площа цього вузького місця, необхідна для оптимального заповнення форми, розраховується за формулою:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{мет}}}{\rho \tau v} = \frac{G_{\text{мет}}}{\rho \tau \mu \sqrt{2gH_p}}, \quad (4.6)$$

де, μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,45$;

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

H_p - розрахунковий статичний напір, м .

Заливка металу відбувається по роз'єму форми, тому статичний напір розраховується наступним чином:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{c}, \quad (4.7)$$

де, H_0 - висота металу в чаші, мм;

p - висота відливка над рівнем підйому металу, мм;

c - загальна висота відливка, мм.

$$H_p = 180 - \frac{95^2}{190} = 132,5 \text{ мм} \approx 0,133 \text{ м}$$

Визначаємо сумарну площу живильників згідно формули 4.6:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{37,28}{7100 \cdot 18 \cdot 0,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,133}} = 0,0004012 \text{ м}^2 = 4,0 \text{ см}^2$$

Для живильника розрахункова площа перерізу становить $4,0 \text{ см}^2$. Розміри живильника зображені на рис 4.2.

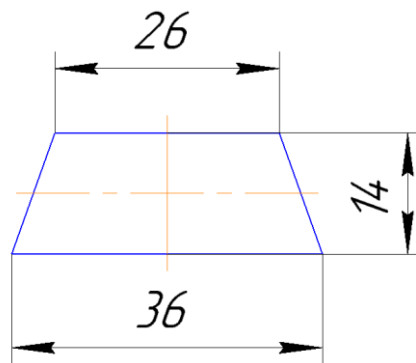


Рисунок 4.2 - Ескіз перерізу живильника

Згідно наступним співвідношенням знаходимо площу стояка та шлаковловлювача [10]:

$$\Sigma F_{ж}: \Sigma F_{шл}: \Sigma F_{ст} = 1: 1,2: 1,4 \quad (4.8)$$

Розраховуємо площу шлаковловлювача згідно формули 4.8:

$$\Sigma F_{шл} = \Sigma F_{ж} \cdot 1,2 = 4,8 \text{ см}^2$$

У зв'язку з технологічною потребою переріз шлаковловлювача прийнято з площею 5 см^2 , рис 4.3.

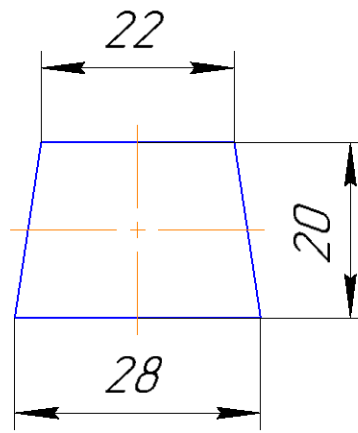


Рисунок 4.3 - Ескіз перерізу шлаковловлювача

Визначаємо площу стояка згідно залежності (4.8):

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

З отриманого результату вираховуємо діаметр стояка згідно формули:

$$d = \sqrt{\frac{4F_{ст}}{\pi}}, \quad (4.9)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,6}{3,14}} = 2,67 \text{ см}$$

В зв'язку з виробничою необхідністю діаметр стояка приймаємо 3,0 см. Зображення перерізу на рис. 4.4.

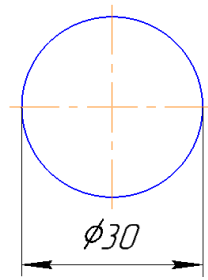


Рисунок 4.4 – Ескіз перерізу стояка

Визначаємо діаметр воронки:

$$d_B = (2,7 \dots 3)d, \quad (4.10)$$

$$d_B = (2,7 \dots 3) \cdot 3 = 3 \cdot 3,0 = 9,0 \text{ см}$$

Зображення перерізу воронки, визначено згідно розрахунків вказано на рис 4.5

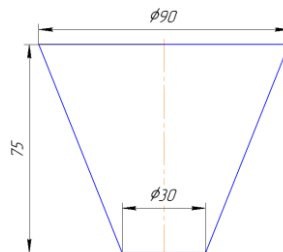


Рисунок 4.5 – Ескіз перерізу воронки

5. Опис технологічного процесу виготовлення виливка

5.1 Вибір формувальної та стержневої суміші

У великосерійному та масовому виробництві, коли виливки виготовляються на автоматизованих та конвеєрних лініях, зазвичай використовують

стандартизовані суміші, в яких переважна більшість (90...95 %) припадає на повторно використану суміш.

Під час процесу затвердіння вилівка, формувальна суміш, з якої складається ливарна форма, піддається складним термічним, механічним і фізико-хімічним впливам. Наповнювачі, які складають каркас суміші, повинні відповідати таким вимогам:

- термостійкість, мала схильність до розтріскування при перепадах температури;
- хімічна інертність по відношенню до рідкого сплаву та компонентів суміші;
- висока вогнетривкість, так як температура плавлення наповнювача повинна бути вище температури плавлення заливаємого у форму сплаву;
- низька собівартість виготовлення;
- мінімальна газотворність, тощо.

Механічні властивості, масова частка компонентів формувальної суміші, що відповідає вищеописаним вимогам, приведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1– Склад та механічні властивості формувальної суміші

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Оборотна суміш	%	94,3...92,3
Свіжі матеріали	%	5...7
Пил кам'яного вугілля	%	0,7
Вміст глинистої складової	%	7...10
Зернова група піску	-	016А
Вологість	%	4,0...5,5
Газопроникність	одн	40...60
Міцність на стиск в вологому стані	кПА	29...49

Стержень має бути досить міцним, щоб витримати тиск розплавленого чавуну під час заливки, і не зруйнуватися. Гази, що виникають при заливці, повинні вільно виходити з форми, щоб уникнути дефектів у вилівку. Стержень повинен бути стійким до високих температур чавуну, не деформуючись і не руйнуючись. Після затвердіння вилівка стержень повинен легко витягуватися з нього. Суміш для стержня повинна бути недорогою і простою у використанні.

У процесі лиття деталі «Корпус НП90.4-003.01» використовується стержень, створений за Cold Box технологією.

До матеріалу стержня входить кварцовий пісок, який з'єднують зі спеціальною двокомпонентною органічною смолою. Ця суміш під тиском заповнюється в порожнину стержневого ящика. Важливо, що в цьому процесі стержневий ящик не нагрівається, звідки й походить назва "холодний ящик".

Для затвердіння суміші всередину подають газоподібну речовину – каталізатор, часто на основі триетиламіну (ТЕА). Внаслідок хімічної реакції смола швидко твердне, міцно склеюючи піщинки та утворюючи точний за розмірами стержень. Після цього залишки газового каталізатора та продукти реакції видаляються з форми потоком повітря.

Склад та механічні властивості стержневої суміші, що відповідає вищеписаним вимогам, зведені до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Склад та механічні властивості стержневої суміші

Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Числове значення
Пісок кварцовий	%	98,7...98,3
Смола Cold box	%	0,6...0,8
Поліізоціанат	%	0,6...0,8
Триетиламін (ТЕА)	%	0,08...0,1
Властивості стержневої суміші		
Міцність на вигин (через годину після виготовлення)	кПа	3000...3200
Міцність на розтягнення (через годину після виготовлення)	кПа	1800...1900

5.2 Формовка

Основна частина форми створюється за допомогою автоматичної формувальної лінії. Машина автоматично виконують ущільнення суміші, видалення моделі та інші операції.

Процес виготовлення форми виглядає наступним чином - формувальна суміш надходить в бункери, встановлені над машиною. Першим етапом відбувається формування нижньої напівформи. За допомогою дозатора

відбувається контрольоване заповнення спеціального пристрою для створення кому. Суміш ущільнюють пресуванням, залишки формувальної суміші обдуваються стисненим повітрям. Нижня та верхня частини форми виготовляються на окремих пресах.

Наступним етапом відбудеться збирання форми.

5.3 Збирання форм

Безопочне формування дає можливість створити форми відмінної якості та з високим ступенем ущільнення. Горизонтальний роз'єм форми забезпечує найвищу гнучкість та точність. Сутність технології безопочного формування відрізняється від традиційних методів тим, що замість опок використовуються інші пристрої. Дві, попередньо підготовлені, напівформи фіксують жакетом по лінії роз'єму та накладають фіксуючу пластину для запобігання витоку чавуну по лінії з'єднання форм.

Завдяки використанні безопочної формовки полегшується очищення відливка від формувальної суміші, а сама сутність процесу відділення виливків від суміші спрощується. Зникає потреба в перевезенні та підготовці опок, так як ці функції виконує інше оснащення.

5.4 Заливка форм

Для якісної заливки чавуну марки ВЧ 600-3 потрібно, щоб його температура була в межах від 1450 до 1470 °С. Але при переливанні з одного ковша в інший та при випуску з печі чавун втрачає тепло. Тому потрібно враховувати, що температура знизиться на 30...50 °С при переливанні.

Для забезпечення бездефектної заливки та досягнення однорідної структури виробу необхідно враховувати ряд ключових факторів, а саме:

Для транспортування та заливання розплавленого металу застосовують ковші чайникової конструкції, номінальною ємністю 1000 кг. Вони транспортують метал до стаціонарного пристрою дозованого розливання металу. Цей пристрій виконаний у вигляді магнітодинамічного насоса з якого потім відбувається заливка.

Принцип дії обладнання полягає в тому, що електропровідний рідкий метал переміщується під дією електромагнітної сили, що виникає при взаємодії магнітного поля, створюваного магнітною системою насоса та електричним струмом. У магнітодинамічному насосі поєднується електромагнітний принцип подачі металу з індукційним способом нагріву.

5.5 Вибивка і обрубка

Після охолодження металу, форми з виливками направляються на вібраційний вибивний пристрій. Коливання решітки цього пристрою руйнують формувальну суміш, яка просіюється через отвори решітки для подальшої переробки і використання в наступних формах.

Вибиті вилівки транспортуються пластинчастим конвеєром до галтувального барабана, де відбувається відділення ливникової системи. Цей етап є критично важливим для підготовки виливків до подальших технологічних операцій.

Вилівки проходять через камеру, де під впливом дробу очищаються від пригару. Далі вони обробляються на обдирочно-шліфувальному комплексі.

Гарантія якості виробів досягається шляхом проведення проміжного та кінцевого контролю. В рамках цього контролю здійснюється перевірка хімічного складу, мікроструктурний аналіз, контроль геометричних параметрів та виявлення поверхневих дефектів. Додатково, проводиться візуальний контроль виливків для виявлення поверхневих дефектів.

6. Опис процесу проектування ливарного оснащення

При крупносерійному та масовому випуску продукції, з метою підвищення зносостійкості та довговічності модельних комплектів, доцільно застосовувати металеві моделі.

Для виготовлення форм для лиття зазвичай використовують сірий чавун, сталь, а також алюмінієві та магнієві сплави. Останні, правда, застосовують тільки для ручного формування.

Конструктивно жакети виконані як суцільнолиті. З метою забезпечення газопроникності формувальної суміші, в стінках формуються вентиляційні отвори.

Для виготовлення промоделей використовується чавун СЧ 20. Процес виготовлення передбачає врахування припуску на механічну обробку в розмірі 4,0 мм.

Після механічної обробки промоделі монтуються на модельні плити. При здійсненні монтажу формувальної оснастки необхідно враховувати габаритні розміри жакету, забезпечуючи заданий зазор між напівмоделями та краями формувальної порожнини.

Для надійного кріплення модельного комплекту під час формування використовуються модельні плити, які забезпечують його правильне встановлення та фіксацію на столі формувальної машини. Для збільшення терміну служби плити виготовляють з чавуну. Зазвичай пластини роблять товщиною 30 мм, щоб вони були міцними. Робочу поверхню пластин обробляють, щоб вона була рівною та гладкою, що допомагає точно розмістити моделі.

Формування ливникової системи здійснюється у відповідності до конструкторської документації. Кріплення модельних елементів та ливникової системи виконується за допомогою різьбових з'єднань. Позиціонування моделей на модельних плитах забезпечується використанням монтажного шаблону, виготовленого з листової сталі заданої товщини.

Стержневий ящик являє собою технологічне оснащення, призначене для формування стержнів з формувальної суміші. Вони використовуються для формування внутрішніх порожнин та геометричних контурів відливки [16].

Для формування стержнів використовується стержневий ящик. Заготовка для цього ящика виготовляється шляхом лиття алюмінієвого сплаву в піщані ливарні форми, створені з використанням дерев'яних модельних комплектів.

Прийнято, що ступінь характеристики відливка стержневого ящика є складною і основні його розміри є більшими ніж 100 мм при товщині стінки 15 мм, то рекомендовану лінійну усадку для алюмінієвого сплаву приймати рівним 1,1 % [10].

Товщина ребр жорсткості становить 0,7...0,8 товщини стінки ящика, товщина бортів - 1,25...1,3 товщини стінок. Радіус галтелей приймаємо рівний 5 мм Припуск на механічну обробку 0,4 мм. Відстань між ребрами жорсткості має бути не більше 300 мм. Ребра та стінки ящика повинні мати формувальні ухили в межах 1° ... $1^{\circ}30'$ [16].

Форма для виготовлення стержнів відливається згідно з заданими розмірами та проходить механічну обробку. Поверхня з'єднання форми ретельно шліфується, щоб забезпечити щільне прилягання двох її частин. Обидві половини форми з'єднуються між собою за допомогою штифтів.

Приймаємо два отвори вентилі діаметром 16мм. Площа одного отвору дорівнює 200мм^2 . Мінімальне число щільовидних прорізів 7шт, сумарна площа січень прорізів приймаємо 21мм^2 .

7 Техніка безпеки

До роботи в ливарному цеху допускаються лише ті, хто пройшов спеціальне навчання, інструктаж та перевірку знань згідно з вимогами стандарту «ДСТУ ГОСТ 12.3.027:2005 Роботи ливарні. Вимоги безпеки». Також, працівники, які

працюють з вантажопідйомними машинами, повинні мати додаткову спеціальність, згідно з правилами безпечної експлуатації кранів.

Для безпеки працівників ливарних цехів, вони повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту, які відповідають вимогам галузевих норм.

Вимоги при приготуванні формувальних і стержневих сумішей:

- Використовувані матеріали повинні мати паспорти-характеристики. Нові матеріали – після погодження з органами державного санітарного нагляду.
- Автоматичне або механічне завантаження компонентів суміші в бігуни з бункерів-дозаторів повинно відбуватись без витоків та просипів.
- Виконання робіт у бункерах з сипучими матеріалами повинно поводитись згідно з регламентованими і затвердженими проектами безпеки.

До основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів ливарного виробництва належать:

- динамічні навантаження від рухомих машин та механізмів (кран-балки, електрокари);
- кінетична небезпека від рухомих елементів виробничого обладнання (кокільні машини, обрізні та шліфувальні верстати);
- термічні ризики, пов'язані з підвищеною температурою обладнання та розплавленого металу (плавильне відділення, ділянка заливки);
- акустичне навантаження від підвищеного рівня шуму (очисні верстати).

Технічні вимоги до підготовки ливарних форм перед заливкою:

- Необхідно забезпечити герметичність зібраної форми для запобігання виходу розплавленого металу через роз'єм.
- Глибина просушування форм повинна відповідати технічній документації для запобігання його викиду з форми під час заливання та охолодження виливки.
- Ливникові системи виливків повинні легко демонтуватися за допомогою механізованого ручного інструменту.

Технічні вимоги до процесу плавки в електропечах:

- Механізація завалки шихти та дистанційне автоматичне керування процесом плавки.
- Оптимізація розташування органів керування нахилом печі для забезпечення візуального контролю процесу випуску металу та шлаку.
- Виконання робіт з електродами та заміна заслінок при знеструмленій печі.
- Негайне відключення електропечей від мережі при аварійному відключенні електропостачання.
- Виконання технологічних операцій біля тигля індукційних печей при відключеному індукторі.

Перед здійсненням заливання розплавленого металу в піщані ливарні форми, проводять візуальний контроль цілісності напівформ, очищення формувальної порожнини від сторонніх включень, встановлення стрижнів за допомогою механізованих пристосувань, що виключають прямий контакт з небезпечною зоною, та встановлення апаратури для забезпечення технологічного режиму охолодження відливок.

Висновки

Бакалаврська робота присвячена дослідженню та розробці технології виготовлення вилівка «Корпус НП90.4-003.01» з використанням лиття в піщано-глинисту форму.

Для виготовлення деталі «Корпус НП90.4-003.01» використано високоміцний чавун ВЧ 600-3. Детально розглянуто його хімічний склад, механічні характеристики та властивості, що впливають на процес лиття.

В роботі досліджено конструкційні особливості деталі " Корпус НП90.4-003.01" та технологічні умови його виготовлення. Враховано припуски на механічну обробку, усадку матеріалу, радіуси галтелей, кути нахилу відливка, розміри стержнів та їх кріплень.

Підібрано та охарактеризовано обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів. Описано процес виготовлення вилівка та спроектовано ливниково-живильну систему, ливарну оснастку.

Розроблено комплект технічних креслень деталі, що є необхідними для детального опису та розуміння сутності роботи. Конструкторська документація оформлена та внесена до додатків кваліфікаційної роботи.

Література

- 1 А. М. Власенко. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти – К.: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
- 2 Хричиков В. Е., Меньяло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с
- 3 Будяк Р. В., Посвятенко Е. К., Швець Л. В., Жученко Г. А. Конструкційні матеріали і технології: навчальний посібник / - Вінниця : ФОП Т. П. Барановська, 2020. - 240 с.
- 4 ДСТУ 3925-99. Чавун з кулястим графітом для виливків. Марки
- 5 ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку
- 6 Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії Z426. URL: <https://www.antaiindustry.com/product/horizontal-flaskless-automatic-molding-machine.html>
- 7 Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко [та ін.]. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с
- 8 Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів – К.: ІСДО, 1993. – 552 с
- 9 Технічна характеристика DISA SAM-16 180S MIXERS. Каталог обладання URL: <https://www.disagroup.com/>
- 10 Могильов В.К., О. І Лев. Довідник ливарника. 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 А. М. Фесенко. Технологія ливарної форми (ТЛФ): навч. посіб. для практ. занять і самост. роботи: для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія" спец. 136 "Металургія" спеціалізації "Ливарне виробництво" / Донбас. держ. машинобуд. акад. (ДДМА). – Краматорськ: ДДМА, 2017.– 112 с..
- 13 Категоренко Ю. І, Філіппенков А. А., Міляєв Ст М., Майзель С. Р., Афонаскін А. Ст, Чуркін Би. С., Гофман Е. Б, Чуркін А. Б. ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА Підручник 2-е видання, перероблене та доповнене – 685с.
- 14 Л. Х. Іванова, В. Є. Хричиков. Литникові системи та їх розрахунки: Навч. посібник з грифом МОНУ/ – Дніпропетровськ: «Дніпро-VAL», 2011. – 504 с.
- 15 Чернишов Є.А., Паньшин В.І. ЛИВАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ У ПРИКЛАДАХ І ЗАВДАННЯХ (Навчальний посібник) - 480 с.
- 16 Н.Д. Титов., Ю.А. Степанов. Технологія ливарного виробництва - М.: Машинобудування, 1978. - 432 с.
- 17 В.Л. Найдека. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко, В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посіб. / за ред. акад. НАН України – К.: Вініченко, 2016. – 224 с.
- 18 ДСТУ ГОСТ 12.3.027:2005 Роботи ливарні. Вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.027-2004, ІДТ)

Додатки