

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

на тему:

**“Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця”
з високоміцного чавуну у піщано-глиняній формі
з горизонтальним роз'ємом півформ”**

**“Development of a process for manufacturing a casting “Hub”
from high-strength cast iron in a sand-clay mold
with a horizontal connector of half mold”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-21ПЗ

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Радченко Б.В.

“ ____ ” _____ 2025 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“ ____ ” _____ 2025 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет _____ механіко-технологічний _____
Кафедра _____ матеріалознавства та ливарного виробництва _____
Рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
Галузь знань _____ прикладна механіка _____
Спеціальність _____ 131 – Прикладна механіка _____
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
_____ 131 – Прикладна механіка _____

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2025 р.

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

Радченко Богдан Володимирович

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” з високоміцного чавуну у піщано-глиняній формі з горизонтальним роз'ємом півформ”, затверджена наказом по університету №10-02 від 2.01.25р.
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент _____
3. Строк подання роботи до захисту: ____.06.2025 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” з високоміцного чавуну у піщано-глиняній формі з горизонтальним роз'ємом півформ.
Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи форми.
Креслення: технологічні вказівки на виготовлення виливка “Ступиця”, нижня і верхня підмодельні плити з моделями, форма в зборі, стержневий ящик.

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну	Ломакін В. М.		
Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок "Ступиця" і проектування ливарної форми	Ломакін В. М.		
Креслення	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну		
2.	Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок "Ступиця"; проектування ливарної форми		
3.	Креслення		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ___ ” _____ 2025 р.

Підпис керівника

Ломакін В. М.

(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Радченко Б. В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 38, табл. 13, бібліографічних назв 3

Виливок, високоміцний чавун, електрична піч, плавка, формовка, формувальна лінія

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему: “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” з високоміцного чавуну у піщано-глиняній формі з горизонтальним роз'ємом півформ” складається із двох розділів.

В першому розділі роботи вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в цеху високоміцного чавуну.

В другому розділі розроблено процес виготовлення виливка “Ступиця” на формувальній лінії моделі ІЛ225 способом опочної формовки. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму, розраховано ливниково-живильну систему для заливки розплаву високоміцного чавуну.

Annotation

Page 38, table. 13, bibliographic titles 3

Casting, high-strength cast iron, electric furnace, melting, forming, molding line

The qualification work for the first (bachelor's) level of higher education on the topic: “Development of the process for manufacturing a “Hub” casting from high-strength cast iron in a sand-clay mold with a horizontal connector of half molds” consists of two sections.

The first section of the work selects equipment and provides its technical characteristics for the production of castings in the high-strength cast iron workshop.

In the second section, the process of manufacturing the “Hub” casting on the IL225 model molding line using the ingot molding method is developed. The design of the casting mold is developed; the location of the casting in the mold and the number of castings per one casting mold are selected, and the sprue-feeding system for pouring the high-strength cast iron melt is calculated.

Зміст

стор.

Вступ.....	8
1. Обладнання ливарного цеху високоміцного чавуну	9
1.1. Плавильна дільниця	9
1.1.1. Вибір плавильної печі і технологія плавки ВЧ	9
1.1.2. Характеристика сплаву в ливарному цеху	13
1.1.3. Розрахунок шихти для ВЧ 42-12	15
1.2. Фрмувально-заливочно-вибивна дільниця	18
1.3. Стержнева дільниця	20
1.4. Сумішоприготувальна дільниця	22
1.5. Очисна дільниця	25
1.5.1. Загальна характеристика обладнання	25
1.5.2. Технологічний процес очищення	26
1.5.3. Переваги галтувального барабана моделі ОБ-900	26
2. Розробка технології виготовлення виливка “Ступиця” з високо- міцного чавуну в піщано-глиняній формі	28
2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”	28
2.2. Проектування ливарної форми	29
2.2.1. Визначення положення виливка у формі	29
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розмірів стержнів і стержневих знаків	29
2.2.3. Конструювання і розрахунок ливникової системи форми	30
2.2.3.1. Визначення габаритних розмірів опоки	30
2.2.3.2. Розрахунок оптимальної тривалості заливки ..	31
2.2.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи	32
2.4. Опис технологічного процесу виготовлення виливка “Ступиця”	34
2.5. Контроль якості виливків	36

Висновки	37
Список літератури	38
Додатки.....	39

ВСТУП

Ливарне виробництво є одним із ключових напрямів сучасної металургії, що забезпечує широкий спектр галузей промисловості високоякісними деталями та заготовками. Особливе місце у цьому процесі займає виробництво високоміцного чавуну — матеріалу, що поєднує в собі високу міцність, зносостійкість та добру оброблюваність. Завдяки своїм властивостям, високоміцний чавун має значну перспективу для подальшого розвитку і знаходить широке застосування у машинобудуванні, транспорті та будівництві [1].

У сучасних ливарних цехах дедалі активніше впроваджуються автоматизовані технології, що дозволяють значно підвищити продуктивність і якість продукції. Одним із прикладів є застосування автоматичних формувальних ліній ІЛ225, які забезпечують високу точність, стабільність процесів та ефективність масового виробництва в умовах безперервного потоку [2].

Окрему увагу в технології виробництва високоміцного чавуну слід приділити методам його модифікування. Саме від способу модифікації залежать структурні характеристики чавуну, зокрема утворення сфероїдального графіту, що визначає його експлуатаційні властивості. Таким чином, поєднання сучасних формувальних систем із правильним вибором способів модифікування відкриває широкі можливості для створення надійної та конкурентоспроможної продукції [3].

1. ОБЛАДНАННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Згідно з завданням тема бакалаврської роботи – “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” з високоміцного чавуну у піщано-глиняній формі з горизонтальним роз'ємом півформ”. У відповідності з такою тематикою сформульовано мету і завдання роботи.

Мета роботи: вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця”.

Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на вилівок “Ступиця”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи.

1.1. Плавильна дільниця

1.1.1. Вибір плавильної печі і технологія плавки ВЧ

В даній роботі для плавки високоміцного чавуну приймаємо індукційну тигельну піч ІСТ–3/800 (технічна характеристика наведена у табл. 1.1). Піч має індуктор. При протіканні по котушці струму в оточуючому її просторі виникає змінне електромагнітне поле, при взаємодії з яким металеві тіла нагріваються. Приймаємо 2 блоки індукційних тигельних печей ІСТ – 3/800.

Технологія плавки високоміцного чавуну в індукційній печі починається з підготовки та завантаження шихти. До складу шихти зазвичай входять сталева стружка, повернення (зворотний лом), первинний чавун, а також легуючі домішки у вигляді феросплавів для регулювання хімічного складу. Перед завантаженням здійснюється контроль якості сировини, зокрема на вміст сірки, фосфору та небажаних домішок. Завантаження в тигельну індукційну піч проводиться шарами — спочатку великі фракції, потім дрібніші, зверху

додаються легуючі добавки. Початковий нагрів проводиться до температури близько 1350–1400 °С.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика печі ІСТ–3/800

№ п/п	Найменування параметра	Од. виміру	ІСТ-3/800
1.	Установлена потужність	кВт	800
2.	Частота струму живлячої мережі	Гц	50
3.	Частота струму контурного ланцюга	Гц	800-1000
4.	Номінальна ємність	т	3
5.	Температура перегріву	° С	1600
6.	Число фаз живлячої мережі	шт.	3
7.	Число фаз контурного ланцюга	шт.	1
8.	Номінальна напруга живлючої мережі (перетворювача частоти струму)	В	6000
9.	Номінальна напруга контурного ланцюга	В	2000
10.	Номінальна напруга ланцюга управління	В	380/220
11.	Номінальна напруга гідропривода	В	380/220
12.	Питома витрата електроенергії на розплавлення і перегрів	кВт ч/т	625±40
13.	Витрата води на охолодження при відмінності температур на вході 20°С: -індуктора, не більше -перетворювача, не більше -конденсаторної батареї, не більше	м3/ч	7,8±0,6
		м3/ч	3,0±0,2
		м3/ч	3,6±0,2
14.	Температура охолоджуючої води на вході	ГОСТ	16323-79
15.	Тиск води на вході	МПа (кгс/см)	0,3-0,6(3-6)

У процесі плавлення метал поступово нагрівається до робочої температури, яка становить 1450–1480 °С. Розплав перемішується за рахунок дії індукційного струму, що забезпечує однорідність температурного поля та рівномірний хімічний склад. Після досягнення необхідної температури проводиться відбір проб на аналіз — спектральний або хімічний — з метою уточнення вмісту вуглецю, кремнію, марганцю, сірки, фосфору та інших елементів. У разі потреби вносяться коригувальні добавки — наприклад, феросиліцій для підвищення вмісту кремнію або графітовий модифікатор для регулювання вуглецю. При необхідності проводиться розкислення розплаву алюмінієм або феросиліцієм для зниження вмісту розчиненого кисню. Температура розплаву на цьому етапі підтримується в межах 1450–1470 °С.

Після завершення основної стадії плавлення метал зливається в попередньо розігрітий ківш. Температура при зливанні зазвичай становить 1430–1460 °С. У ківш перед зливанням розміщують певну порцію модифікатора — магnezійвмісного сплаву, наприклад FeSiMg. Реакція магнію з розплавом супроводжується виділенням газів, тому необхідно передбачити ефективну систему газовідведення. Основна мета цієї операції — сфероїдизація графіту, яка визначає міцнісні властивості високоміцного чавуну. Температура обробки магнієм становить 1420–1440 °С. Важливо дотримуватись оптимального режиму — надто висока температура призводить до надмірного випаровування магнію, а надто низька — до поганого ефекту модифікування.

Після первинного модифікування проводиться вторинна обробка в ковші. У розплав вдувається або вводиться за допомогою аплікатора інокулянт (зазвичай феросиліцій або спеціальні інокуляційні суміші). Це забезпечує стабілізацію структури чавуну та покращення формування сфероїдального графіту в готовому виробі. Температура розплаву на цьому етапі підтримується в межах 1420–1430 °С. Одразу після завершення обробки чавун подається до заливки у форми. Заливання відбувається переважно на автоматичних формувальних лініях, таких як ІЛ225, які дозволяють забезпечити високу точність, повторюваність геометрії та стабільну якість відливок. Температура металу при зливанні становить 1370–1420 °С і залежить від розміру та маси виливка.

Додаткові операції, що входять у загальний комплекс плавки:

- прогрів тигельної печі перед початком плавки для уникнення теплових втрат та зменшення термошоку;
- очищення поверхні розплаву від шлаків перед зливанням у ківш;
- підігрівання ковша для зменшення втрат температури при заливанні;
- контроль викидів та безпечне поводження з магнієм при модифікуванні (через сильну газовидільну реакцію);
- облік параметрів плавки: фіксація температур, часу операцій, витрати модифікаторів, а також складу металу в технічній документації або журналі плавки.

В табл. 1.2 наведено хімічний склад модифікатора

Таблиця 1.2 – Магнієвий модифікатор на основі кремнію і кальцію для отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом

Група лігатур (система)	Марка сплаву	Масова частка елементів, %					Властивості	
		Mg	Ni	Si	Ca	Інші елементи	Густина, г/см ³	Температура плавки, С
Fe-Si-Mg	ВЧ42-12	5-15	–	44-48	1-2,5	0,8-1 церій, останнє Fe	3-4,5	1020-1160

1.1.2. Характеристика сплаву в ливарному цеху

Високоміцний чавун марки ВЧ42-12 (у міжнародній класифікації — EN-GJS-420-12) є матеріалом із сфероїдальним (кулястим) графітом, який поєднує в собі високу міцність, пластичність та добру оброблюваність. Цифри у маркуванні вказують на межу міцності на розтяг у 420 МПа та відносне подовження не менше 12 %, що є свідченням його здатності до пластичної деформації.

Основними елементами, що визначають властивості ВЧ42-12, є вуглець, кремній, марганець, магній, а також допустимі домішки сірки й фосфору. Кожен із них по-різному впливає на формування мікроструктури та фізико-механічні властивості чавуну.

Вуглець (C) у високоміцному чавуні зазвичай міститься в межах 3,4–3,9 %. Він входить до складу графіту, який у разі правильного модифікування утворює сфероїдальні включення. Така форма графіту значно зменшує концентрацію напружень у матриці порівняно з пластинчастим графітом у сірому чавуні, що забезпечує зростання міцності та пластичності.

Кремній (Si) у кількості 2,2–2,8 % виконує роль графітизатора — сприяє виділенню вуглецю у вільному стані у вигляді графіту, а не у вигляді цементиту. Також кремній стабілізує феритну фазу, зменшує схильність до утворення перліту, що позитивно впливає на пластичність чавуну.

Марганець (Mn) додається у кількості до 0,3–0,5 %, і в невеликих концентраціях він зміцнює матрицю. Проте надлишок марганцю може сприяти утворенню цементиту, знижуючи пластичність. Також марганець взаємодіє із сіркою, утворюючи стійкі сульфіди, чим зменшує шкідливий вплив сірки.

Магній (Mg) — ключовий елемент модифікування, який змінює форму графіту з пластинчастої на сфероїдальну. Зазвичай вводиться у вигляді феросилікомагнію. Його ефективна концентрація у металі становить близько 0,03–0,06 %. Надлишок магнію може спричинити утворення неметалевих включень і зниження технологічних властивостей.

Сірка (S) і фосфор (P) є шкідливими домішками, які повинні бути зведені до мінімуму. Сірка ($\leq 0,015\%$) перешкоджає сфероїдизації графіту, утворюючи сульфідні, а фосфор ($\leq 0,05\%$) сприяє утворенню фосфідної евтектики, яка знижує пластичність та ударну в'язкість.

Мікроструктура високоміцного чавуну ВЧ42-12 складається з феритно-перлітної основи, у якій рівномірно розподілені сфероїдальні включення графіту. Ферит — це м'яка фаза, що забезпечує добру пластичність і ударну в'язкість. Перліт, у свою чергу, підвищує міцність та твердість. Для ВЧ42-12 характерне співвідношення фериту та перліту близько 70–80 % фериту та 20–30 % перліту, хоча ці параметри можуть змінюватися залежно від режимів охолодження й термічної обробки.

Сфероїдальні включення графіту мають майже круглу форму, що значно покращує розподіл навантаження в об'ємі металу. Завдяки цьому чавун отримує комбінацію високої міцності (до 420 МПа) з достатньою пластичністю (до 12 %), що робить його придатним для використання в навантажених деталях машин, трубопроводах, корпусних елементах тощо.

Таким чином, високоміцний чавун ВЧ42-12 завдяки поєднанню сфероїдального графіту та феритно-перлітної основи демонструє оптимальний баланс міцності, пластичності та технологічності, що забезпечує йому широке застосування в промисловості.

В табл. 1.3. наведено хімічний склад і механічні властивості чавуну марки ВЧ42-12.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад і механічні властивості високоміцного чавуну

Група сплавів (система)	Марка	Масова частка елементів, %					Механічні властивості	
		C	Si	Mn	P	S	σ_B , МПа	НВ
Fe-Si-C	ВЧ42-12	3.4-3.8	2.1-2.8	0.4	0.1	0.02	420	140-200

1.1.3. Розрахунок шихти для ВЧ 42-12

Виконуємо типовий розрахунок шихти методом підбору компонентів для отримання високоміцного чавуну марки ВЧ42-12. Розрахунок проведено для маси плавки 100 кг з урахуванням необхідного хімічного складу металу, властивостей сировинних матеріалів та технологічних втрат.

Таблиця 1.4 – Цільовий хімічний склад ВЧ42-12

Елемент	Вміст (%)
C	3,5–3,8
Si	2,3–2,7
Mn	0,2–0,5
Mg (після модифікування)	0,03–0,06

Таблиця 1.5 – Характеристика сировинних матеріалів

Компонент	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Примітка
Первинний чавун	3,8	1,2	0,2	Основне джерело C і Si
Сталевий брухт	0,2	0,1	0,6	Зменшує вміст C

Зворот (скрап)	3,4	1,5	0,4	Може містити домішки
Феросиліцій FeSi75	-	75	-	Кремній (Si)
Штучний графіт	98	-	-	Чистий вуглець (C)

Проміжні підрахунки внеску хімічних елементів

1. Вуглець:

- Первинний чавун ($40 \text{ кг} \times 3,8\%$) = 1,52 кг
- Сталевий лом ($30 \text{ кг} \times 0,2\%$) = 0,06 кг
- Зворот ($25 \text{ кг} \times 3,4\%$) = 0,85 кг
- Разом: $1,52 + 0,06 + 0,85 = 2,43 \text{ кг}$ (2,43%)
- Цільовий вміст C: 3,6% → 3,6 кг
- Дефіцит: $3,6 - 2,43 = 1,17 \text{ кг}$
- Необхідна маса графіту (98% C): $1,17 / 0,98 \approx 1,2 \text{ кг}$

2. Кремній:

- Первинний чавун ($40 \text{ кг} \times 1,2\%$) = 0,48 кг
- Сталевий лом ($30 \text{ кг} \times 0,1\%$) = 0,03 кг
- Зворот ($25 \text{ кг} \times 1,5\%$) = 0,375 кг
- Разом: $0,48 + 0,03 + 0,375 = 0,885 \text{ кг}$ (0,885%)
- Цільовий вміст Si: 2,5% → 2,5 кг
- Дефіцит: $2,5 - 0,885 = 1,615 \text{ кг}$
- Необхідна маса феросиліцію (75% Si): $1,615 / 0,75 \approx 2,15 \text{ кг}$

3. Марганець:

- Первинний чавун ($40 \text{ кг} \times 0,2\%$) = 0,08 кг
- Сталевий лом ($30 \text{ кг} \times 0,6\%$) = 0,18 кг
- Зворот ($25 \text{ кг} \times 0,4\%$) = 0,1 кг
- Разом: $0,08 + 0,18 + 0,1 = 0,36 \text{ кг}$ (0,36%) → в межах норми

Таблиця 1.6 – Остаточна шихта на 100 кг

Компонент	Кількість, кг
Первинний чавун	40,0
Сталевий лом	30,0
Зворот	25,0
Графіт штучний	1,2
Феросиліцій FeSi75	2,15
Разом	98,35

Резерв у 1,65 кг враховує втрати на вигар, шлакоутворення, проби, а також на модифікування розплаву феросиліцієм з магнієм (наприклад, FeSiMg) і подальше інокулювання перед заливкою у форму.

Додатково: модифікування і втрати у процесі плавки

У процесі плавки та подальшої обробки рідкого чавуну мають місце втрати хімічних елементів через вигар, взаємодію з футерівкою печі, шлакоутворення та газоутворення. Типові втрати: С — до 1%, Si — до 3–5%, Mn — до 10–15%.

Для забезпечення сфероїдизації графіту перед заливкою у форму застосовують модифікування чавуну магнієвмісними сплавами. Типово використовується феросиліцій з магнієм (наприклад, FeSiMg5 або FeSiMg7). Рекомендована маса добавки: 0,8–1,2% від маси чавуну. Для плавки 100 кг зазвичай вносять близько 1,0 кг FeSiMg.

Після основного модифікування проводять інокуляцію — додавання інокулянтів (найчастіше дрібнодисперсний феросиліцій або комплексні сплави) у кількості 0,2–0,5% для поліпшення графітизації та стабілізації структури.

Таким чином, додатково до основної шихти слід врахувати:

- FeSiMg: 1,0 кг
- Інокулянт: 0,3 кг
- Втрати (вигар, шлак): $\approx 1,65$ кг (резерв у загальному балансі)

1.2. Формувально-заливочно-вибивна дільниця

Для виготовлення виливка "Ступиця" застосовуємо автоматичну ливарну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш (табл. 1.7)

Таблиця 1.7 –Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225

Назва характеристики	Числове значення
Розміри опок /внутрішні/, мм	900 × 600 × 125-250
Продуктивність, форм/год	240
Маса відливки, кг	60
Кількість опок	100
Виграти повітря, м /год	110
Потужність, кВт	115
Маса, кг	220000
Габаритні розміри, мм	65200 × 9300 × 6855

Формувальна лінія ІЛ225 — це автоматизований комплекс для серійного та масового виробництва відливок з чавуну або сталі в одноразових сирих піщано-глинистих формах. Вона широко використовується в ливарних цехах машинобудівних підприємств для забезпечення високої точності, повторюваності та стабільної якості литих виробів.

Лінія ІЛ225 має наступні технічні характеристики:

- Розмір опок у світлі: 900×600 мм, висота 125–250 мм;
- Продуктивність: до 240 форм/год;
- Зусилля ущільнення: до 2350 кН;
- Потужність: 115 кВт;
- Швидкість лінії: до 6,75 м/хв;
- Кількість операторів: 5 осіб;
- Габарити: приблизно 65 × 9,3 × 6,9 м.

Лінія складається з п'яти основних ділянок: формування, обробки напівформ, складання форм, заливання, охолодження і вибивання.

На першому етапі формується нижня і верхня напівформа методом верхнього пресування при нижньому розміщенні модельного комплексу. Використовується вібрація, встряхування та диференційоване ущільнення для забезпечення щільної структури форми.

Далі напівформи очищуються стисненим повітрям і кантуються. Стрижні встановлюються вручну у нижню напівформу, після чого відбувається з'єднання з верхньою. Застосовується механізм притискання та фіксації.

Заливання здійснюється автоматично з ковша об'ємом до 250 кг. Температура металу контролюється до моменту подачі у форму. Після заливки форма переміщується по роликовому конвеєру на охолодження (30–90 хв). Потім виконується вибивка вилівка з опоки, очищення опок та їх повернення на формувальну ділянку.

Для виготовлення форм використовується піщано-глиниста суміш: кварцовий пісок (92–95%), бентоніт (5–8%) і допоміжні добавки (вуглець, крохмаль, модифікатори). Суміш повинна мати високу пластичність, водоутримуючу здатність і мінімальну газовидільну активність.

Усі процеси автоматизовані: формування, заливка, переміщення, вибивка та очищення. Система керується через чотири автоматизовані станції, має пневматичні приводи ущільнення та електроприводи подачі. Опоки проходять повний замкнутий цикл без втручання оператора.

Переваги:

- Висока продуктивність і повторюваність;
- Мінімальний людський фактор і витрати праці;
- Висока якість ущільнення форми та точність геометрії;
- Можливість інтеграції з автоматизованими заливальними та охолоджувальними системами;
- Низький рівень браку при стабільних параметрах лиття.

Таким чином, формувальна лінія ІЛ225 є ефективним рішенням для сучасного ливарного виробництва, де потрібна велика кількість якісних форм з мінімальним залученням праці.

Розмір опоки в світлі 900×600 мм. Висота верхньої опоки рівна висоті нижньої – 200 мм. Модельні плити односторонні, на одній плиті змонтовані частини моделі для оформлення низу форми, на іншій – для верха.

1.3. Стержнева дільниця

В стержневій дільниці застосовується напівавтомат моделі 4509А (табл. 1.8)

Таблиця 1.8 – Характеристика стержневого напівавтомата моделі 4509А

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса стержнів, кг	6
Роз'єм стержневого ящика	Горизонтальний
Розміри стержневого ящика, мм	400×300×100
Нагрівання модельного оснащення	Електричне (або газове)
Продуктивність, стержнів/год	120...150
Стержні	Суцільні
Кількість операторів	1
Габаритні розміри машини, мм	4100×3400×3000
Маса машини, кг	14500

Стержневий автомат 4509А — це карусельна машина для виготовлення пісчаних стержнів серійного типу, яка застосовується в литейних виробництвах великих машинобудівних підприємств. Виготовляється на Павлоградському заводі “Литмаш” з 1970 року; агрегати цієї моделі успішно експлуатуються на таких підприємствах, як ЯМЗ, Ростсільмаш, Гомсельмаш, алюмінієвий завод у Мценську, Балашицькому ЛМЗ тощо. Автомат призначений для виробництва

стержнів IV–VI груп стандартних розмірів, використовує пісочно-глинисті суміші, і виконує весь технологічний цикл: формування, затвердіння та вилучення готових стержнів.

Машина має карусельну структуру з декількома позиціями, де одночасно обробляються напівформові ящики. Кожен ящик складається з двох половин — верхньої та нижньої. Робота автомата забезпечується гідравлічними та пневматичними приводами, а також інтегрованою системою трубопроводів повітря. Основними вузлами є стержневий ящик з двома частинами, які відкриваються і закриваються гідроприводом, гідравлічний розподільник, який керує рухом ящиків, і механізм виймання стержнів, який переміщує вилку-ферму, заводить її між направляючими і витягує готовий стержень.

У технологічному процесі на першому етапі під верхню половину ящика заправляється формувальна суміш. Напівформа ущільнюється, потім добавляється суміш до нижньої половини і також ущільнюється. Далі напівформа надувається повітрям, відбирається пил, і ящики з напівформами переводяться до позиції складання. Може виконуватись ручне або механізоване встановлення стрижнів, після чого верхня половина з'єднується з нижньою методом притискання. Після короткої затримки на стабілізацію форми гідравліка відкриває половини ящика, і механізм вилки заходить під сформований стержень, витягає його та виводить на приймальний столик або конвеєр. Потім ящик знову закривається і цикл повторюється.

Машина дозволяє виготовляти стержні з надійним утриманням розмірів і форми. Під час випробувань руйнування готових стержнів не спостерігалось. Для роботи автомата використовуються стандартні пісочно-глинисті суміші з урахуванням вологісного режиму. У деяких рецептурах можуть використовуватись теплові прискорювачі реакції. Стержневий автомат моделі 4509А характеризується високою надійністю, точністю геометрії та мінімальним відсотком браку, що дозволяє використовувати його у великосерійних виробництвах. Завдяки продуманій механіці та ефективному циклу роботи, автомат забезпечує стабільне, безперервне та якісне виробництво стержнів.

1.4. Сумішоприготувальна дільниця

Для виготовлення формувальної суміші застосовуємо змішувач періодичної дії з вертикальними обертовими металевими котками моделі 15107. Змішувач моделі 15107 є вертикальним катковим змішувачем періодичної дії, призначеним для приготування піщано-глинистої формувальної суміші у ливарному виробництві. Основні конструктивні елементи подані в таблиці нижче:

Таблиця 1.9 – Технічна характеристика змішувача моделі 15107

Параметр	Величина
1	2
Продуктивність, м ³ /год	40
Об'єм замісу, м ³	2,0
Габаритні розміри, м	3,9×3,2×5,3
Елемент	Опис
Корпус чашоподібний	Металевий резервуар з бронюванням або футерівкою.
Катки (2 шт.)	Циліндричні ролики, які обертаються і перекочуються по дну чаші.
Скребки	Шарнірно підвішені, очищають стінки та переміщують суміш.
Привідний механізм	Електродвигун з редуктором, забезпечує обертання катків.
Система зволоження	Форсунки для подачі води або бентонітової суспензії.
Вивантажувальний механізм	Люк або заслінка для вивантаження готової суміші.

Після завантаження компонентів у чашу змішувача, катки обертаються і перекочуються по дну, інтенсивно розтираючи та змішуючи матеріали. Скребки очищають стінки й переміщують суміш до центра. Форсунки забезпечують рівномірне зволоження. Після досягнення однорідності, суміш вивантажується через люк.

Таблиця 1.10 – Склад формувальної суміші для лінії ІЛ225

Компонент	Кількість, % мас.	Примітка
Кварцовий пісок	92–94	Основна маса суміші
Бентоніт (глина)	6–8	Зв'язуючий компонент
Вуглецева добавка (деревне борошно, кокс тощо)	0.3–0.5	Покращує газопроникність
Вода	3.0–3.5	Для активації глини

Змішувач моделі 15101 — вертикальний катковий змішувач періодичної дії, призначений для приготування стержневої суміші, яка використовується для виготовлення ливарних стрижнів. Конструктивно подібний до моделі 15107, але має деякі особливості з урахуванням специфіки стержневої суміші.

Таблиця 1.11 – Основні елементи конструкції змішувача моделі 15101

Елемент	Опис
Корпус чашоподібний	Має гладке футерування для легкого очищення.
Катки (2 шт.)	Важкі циліндричні ролики, які розтирають компоненти суміші.

Скребки	Постійно очищають дно та стінки чаші.
Привід	Забезпечує обертання катків і чаші або перемішування за допомогою планетарного механізму.
Система дозування	Для точного додавання смоли, каталізатора, піску.
Вивантаження	Через нижню заслінку або бокову шиберну заслінку.

У змішувач завантажується кварцовий пісок, після чого послідовно додаються рідке зв'язуюче (смола) та каталізатор (наприклад, затверджувач на основі кислот або ізоціанатів). Катки забезпечують рівномірне перемішування та розподіл компонентів по масі суміші. Скребки очищають чашу від залишків. Після завершення змішування суміш оперативно вивантажується для запобігання передчасному твердінню.

Таблиця 1.12 – Склад стержневої суміші

Компонент	Кількість, % мас.	Примітка
Кварцовий пісок	97.0–98.5	Основна маса
Фуриловий або фенолформальдегідний смолистий зв'язуючий	1.0–1.5	Забезпечує міцність після затвердіння
Каталізатор (твердник)	0.3–0.5	Прискорює полімеризацію смоли
Добавки (антипригарні, модифікатори)	0.1–0.2	За потреби

1.5. Очисна дільниця

1.5.1. Загальна характеристика обладнання

В очисній дільниці ливарного цеху виконується вибивка стержнів, очистка зовнішніх і внутрішніх поверхонь відливків, контроль і випробування литва. Приймаємо для роботи галтувальний барабан періодичної дії моделі ОБ-900.

Таблиця 1.13 – Характеристика галтувального барабана періодичної дії моделі ОБ-900

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса завантаження, т	1,8
Продуктивність, т/год	3,5
Габаритні розміри устаткування, м	3,5×1,65×1,5
Маса, т	3,9
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	75

Галтувальний барабан моделі ОБ-900 – це установка періодичної дії, призначена для механічного очищення виливків від формувальної суміші, заусенців, залишків ливарної кори тощо. Вона широко застосовується у ливарному виробництві для підвищення якості поверхні виливків.

Основними елементами конструкції ОБ-900 є: барабан у вигляді сталевого циліндра із внутрішніми спіралеподібними напрямними (ребрами), які забезпечують перемішування виливків, каркас (рама) - слугує опорою для барабана, встановленого під кутом (5–15°) для полегшення вивантаження, привідний механізм містить електродвигун із редуктором, який забезпечує обертання барабана зі швидкістю 2–8 об/хв.

Завантажувальний та вивантажувальний люки герметично закриваються на час роботи установки.

Амортизатори зменшують вібрацію під час роботи. Система видалення пилю (за потреби): з'єднується з аспіраційною системою або має власний фільтрувальний блок.

Внутрішнє облицювання барабана виконується із зносостійкого матеріалу (гумове або марганцева сталь).

1.5.2. Технологічний процес очищення

Виливки разом із залишками формувальної суміші подаються в барабан через завантажувальний люк або за допомогою бункера. ОБ-900 розрахований на завантаження до 900 кг. Після завантаження запускається обертання барабана. Виливки перекочуються всередині під дією обертання, стикаються між собою та зі стінками, в результаті чого очищуються від налиплої суміші. Внутрішні ребра покращують ефективність перемішування.

Режим очищення:

Швидкість обертання барабана: 3–6 об/хв

Тривалість циклу: 5–20 хв

Кут нахилу барабана: 5–15°

Температура виливків: допускається обробка гарячих виливків у межах, допустимих для матеріалу барабана.

Після завершення циклу обертання барабан зупиняється або вмикається реверсивний режим. Виливки висипаються через вивантажувальний люк у контейнер або на стрічковий транспортер.

1.5.3. Переваги галтувального барабана моделі ОБ-900

До переваг прийнятого барабана слід віднести: високу ефективність очищення, простоту експлуатації та обслуговування, надійність конструкції, можливість інтеграції у автоматизовану лінію, умови безпечної експлуатації.

Перевірка стану внутрішнього облицювання барабана полягає в контролі за зносом приводу та ребер, своєчасному очищенню пилозбірних систем, недопущенні перевантаження барабана.

ОБ-900 є оптимальним рішенням для середніх і великих ливарних виробництв завдяки збалансованому поєднанню продуктивності, надійності та вартості.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА “СТУПИЦЯ” З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ В ПІЩАЯНО-ГЛИНЯНІЙ ФОРМІ

2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”

Виливок відноситься до XI класу точності за ДСТУ EN 12890/ EN 1371, виготовляється із ВЧ42-12 за ДСТУ 7293:85 (ДСТУ 3925:99). Різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекис по роз'єму до 2 мм. На оброблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини довжиною не більше 1/3 кола, шириною не більше 5 мм, або мілкі раковини найбільшим розміром 3 мм в кількості не більше 5. На необроблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини розміром не більше 9 мм, глибиною не більше 4 мм і в кількості не більше 8 на поверхню. У місцях спряження стержня і форми допускається присутність кільцевих заусениць довжиною до 1,5 мм.

Деталь "Ступиця" представляє собою частину пристрою, який призначено для транспортування важких вантажів. Маса деталі 2 кг, габаритні розміри 121,5 × 112,5 × 80 мм, твердість 131...157 НВ.

Оброблюваними поверхнями є посадкові місця на вал. Інші поверхні не оброблюються. Даний виливок є технологічним. Зовнішні поверхня виливка представляє собою прямолінійні контури, зчленовані плавними переходами, які забезпечують деяку деформацію при його усадці під час охолодження у формі і зниження залишкових напружень в місцях спряження прямолінійних ділянок. Виливок має стержень, немає з'ємних частин, роз'єм моделі і форми один.

2.2. Проектування ливарної форми

2.2.1. Визначення положення виливка у формі

Положення виливка у формі в період заливки вибираємо вертикальним, оскільки оброблювані поверхні – посадочні місця на валу – мають бути розташовані вертикально, для запобігання отримання раковин, дефектів із-за забруднення, рихлості. Поверхня роз'єму моделі і форми при цьому займає горизонтальне положення і є єдиною для даного виливка, 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 виливок знаходиться в нижній і верхній напівформах симетрично. Такий роз'єм забезпечує якісну набивку форми, її складання, надійність встановлення стержнів, зручність контролю розмірів форми, вільне вилучення моделі із форми.

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розмірів стержнів та стержневих знаків

Розміри виливка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для ВЧ42-12 вибираємо по ДСТУ ISO 8062-3. На кресленні межі припусків обводяться тонкою лінією (лист БР - 131.25.08.02.01.00.00 КС) і вказується величина припуску, яка для даної деталі становить 3 мм.

Припуск на ливарну усадку виражається у відсотках від розміра виливка. Значення величини ливарної усадки для ВЧ42-12 приймаємо рівним 2,0%. Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середнього арифметичної товщини спряжених стінок. Для даного виливка радіус заокруглень становить 3 мм.

Радіуси заокруглень проставляємо на кресленні деталі (лист БР - 131.25.08.02.01.00.00 КС), не вказані радіуси вказуємо на вільному полі креслення.

Формівні кути призначаємо в залежності від ливарних розмірів вилівка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ДСТУ ISO 8062-1:2007, ISO 8062-2, ISO 2787. Для даного вилівка, величина кута становить 3°. Величини кутів вказуємо на кресленні, не вказані кути проставляємо на вільному полі креслення.

Розміри стержня вибираються з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку вилівка (лист 131.25.08.02.01.00.00 КС). Розміри стержньових знаків вибираємо у відповідності з ДСТУ в залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо вертикальні знаки стержнів довжиною 25 мм.

Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від максимального розміру стержня. Для вертикального знака бокові зазори дорівнюють 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм.

2.2.3. Конструювання і розрахунок ливникової системи форми

2.2.3.1. Визначення габаритних розмірів опоки. Габарити опок визначаються габаритами вилівка, кількістю вилівоків 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 співвідношення загальної ваги металу у формі до ваги формувальної та стержневої сумішей в опоці. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів вилівка і знаходиться у межах 0,25...1,2.

Відстань між окремими моделями дорівнює $(0,3...0,5) \cdot h$, де h – висота моделі у верхній та нижній напівформах (або відстань від моделі до верху форми та від моделі до низу форми). При формовці в одній опоці декількох вилівоків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними

повинна бути $\leq 20 \dots 25$ мм. Відстань від тіла виливка до стінок опоки становить 50...100 мм, від стержньового знаку до бокової стінки опоки 0...50 мм.

Враховуючи, що для виготовлення виливка застосовується автоматична лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш", з розмірами опоки $900 \times 600 \times 200$ мм приймаємо кількість виливків в одній опоці рівною 12 шт.

2.2.3.2. Розрахунок оптимальної тривалості заливки. Ливникова система складається з послідовно з'єднаних між собою каналів за допомогою яких розплавлений метал підводиться у ливарну порожнину форми.

Оптимальна тривалість заливки визначається за формулою Соболева - Дубицького:

$$t = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot C_1}, \quad (2.1)$$

де S_1 – коефіцієнт, $S_1 = 1,60$;

δ – середня товщина стінок виливка, $\delta = 12$ мм;

C_1 – вага одного виливки з ливниковою системою, кг

$$C_1 = C_g + 0,3 \cdot C_g \quad (2.2)$$

$$C_1 = 2 + 0,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t = 1,60 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 2,6} = 5,04 \text{ сек}$$

Середня швидкість підйому рівня металу у формі визначається по формулі:

$$V = \frac{C}{t}, \quad (2.3)$$

де C – висота виливка, мм;

t – оптимальна тривалість заливки, сек.

$$V = \frac{80}{5,04} = 15,9 \text{ мм / сек.}$$

Оптимальна тривалість заливки забезпечує необхідну швидкість підйому рідкого металу у формі, оскільки V більша мінімально допустимої.

2.2.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи.

Загальна площа живильників на один вилівок:

$$\sum F_{ж} = \frac{G \cdot 1000}{\mu \cdot t \cdot \gamma \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}}, \quad (2.4)$$

де G – вага одного вилівка, з ливниками і т.п., кг;

μ – коефіцієнт витрат металу, $\mu = 0,5$;

g – прискорення вільного падіння, см/сек²;

H_p – середній металостатичний напір, см.

Середній металостатичний напір визначаємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{c}; \quad (2.5)$$

де H_0 – висота напівформи, $H_0 = 100$ мм;

p – висота вилівка над площиною розему форми, $p = 40$ мм;

c – загальна висота вилівка, $c = 80$ мм.

$$H_p = 100 - \frac{40^2}{80} = 80 \text{ мм} = 8 \text{ см}$$

$$\sum F_{жс} = \frac{2,6 \cdot 1000}{0,5 \cdot 5,04 \cdot 7,0 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 8}} = 1,18 \text{ см}^2$$

Приймаємо форму поперечного перерізу живильника у вигляді трапеції (лист технологічних вказівок БР - 131.25.08.02.01.00.00 КС).

Розраховуємо площу поперечного перерізу шлаковловлювача $\sum F_{ш}$ і стояка $\sum F_{ст}$ із слідуючого співвідношення:

$$\sum F_{жс} : \sum F_{ш} : \sum F_{ст} = 1 : 1,15 : 1,2 \quad (2.6)$$

Оскільки один шлакоуловлювач живить 6 виливків, то

$$\sum F_{ш} = \sum F_{жс} \cdot 1,15 \cdot 6 = 1,18 \cdot 1,15 \cdot 6 = 8,14 \text{ см}^2$$

Площа поперечного перерізу стояка:

$$F_{ст} = \sum F_{жс} \cdot 1,2 \cdot 6 \quad (2.7)$$

$$F_{ст} = 1,18 \cdot 1,2 \cdot 6 = 8,50 \text{ см}^2$$

Оскільки:

$$F_{ст} = \frac{\pi \cdot d_{ст}^2}{4} \quad (2.8)$$

Діаметр стояка:

$$d_{ст} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}}{\pi}} \quad (2.9)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,50}{3,14}} = 3,29 \text{ см}$$

Із технологічний міркувань приймаємо $d = 33$ мм.

Визначимо діаметр чаші ливарної форми:

$$D = (2,7 \dots 3) \cdot d_{cm} \quad (2.10)$$

$$D = 3 \cdot 33 = 99 \text{ мм}$$

Із технологічний міркувань приймаємо $D = 100$ мм.

Креслення модельного комплекту низу показано на листі БР - 131.25.08.02.02.00.00 КС; креслення модельного комплекту верха – на листі БР - 131.25.08.02.03.00.00 КС; креслення форми в зборі – БР - 131.25.08.02.04.00.00 КС; стержневий ящик – БР - 131.25.08.02.05.00.00 КС

2.3. Опис технологічного процесу виготовлення виливка “Ступиця”

Для виготовлення виливка “Ступиця” застосовуємо автоматичну ливарну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу “Авто-Літмаш”. На цій лінії весь процес отримання виливка, від операції формовки до вибивки готової форми, автоматизовано. Розмір опоки в світлі 900×600 мм. Висота верхньої опоки дорівнює висоті нижньої – 200 мм. Модельні плити односторонні, на одній плиті змонтовані частини моделі для оформлення низу форми, на іншій – для верха.

Процес формовки починається з виготовлення напівформи низу на формувальному пресі В-440М. Виготовлена напівформа по рольгангам направляється на обдув стисненим повітрям для видалення частинок формувальної суміші, що потрапили у порожнину форми. Напівформа верха 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 верха з'єднується з напівформою низу. Зібрана форма направляється по рольгангам на ділянку заливки. Заливка форми виконується заливщиком вручну з ковша, ємкість якого 250 кг. Перед заливкою розплав чавуну має бути очищений від шлаку.

Оскільки маса стержнів не перевищує 10 кг, то для їх виготовлення використовуємо універсальний стержньовий автомат моделі 4509 А.

Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидкотвердуючих терморезистивних сумішей, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність виливків.

Рекомендована температура заливки ВЧ42-12 при середній товщині стінки виливка 12 мм і з врахуванням втрат тепла становить 1570 – 1480 °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, виливок охолоджується і твердне, пересуваючись разом з формою по рольгангам з ділянки заливки до ділянки вибивки. За час руху у виливку закінчуються усі перетворення. Чавунні виливки необхідно вибивати при температурі 200°С. Форми, що охололи, направляються на ділянку вибивки. Форма видавлюється на спеціальній установці, на якій суміш і виливок 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 конвеєр.

Виливки потрапляють в барабан для остаточного відділення від суміші. Із барабанів виливки направляються в очисне відділення для очищення, обрубки і обробки.

Перед очищенням виливки попередньо оглядаються, брак видаляється і не потрапляє на очистку.

Технологічний процес очищення виливка складається із наступних операцій:

- видалення стержнів;
- відділення ливників, випорів;
- очищення від прилиплої формувальної суміші;
- остаточного контролю якості виливків після очищення і обрубки.

Виливки зачищаються абразивними кругами з метою видалення заливів, заусениць, перекосів і нерівностей поверхонь. Обдирання виливків здійснюється на стаціонарних обдирочнозачисних верстатах.

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

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

2.4. Контроль якості виливків

Виливки, що пройшли проміжний контроль на різних стадіях технологічного процесу, піддаються остаточному контролю для визначення їх відповідності вимогам стандартів і технологічних умов. Перевіряється хімічний склад сплаву, структура, геометрія і розмір виливків, механічні властивості, виявляються поверхневі і внутрішні дефекти.

Поверхневі дефекти виливків у вигляді тріщин, раковин, пригару визначаються візуально шляхом порівняння з еталоном, а не видимі дефекти визначаються з допомогою магнітної і світлової дефектоскопії.

Висновок

У результаті проведеного аналізу конструктивно-технологічної структури ливарного цеху було встановлено, що цех має повний комплекс необхідного обладнання для виготовлення якісних виливків середнього розміру із високою точністю. Серед основного технологічного обладнання особливу увагу заслуговують змішувачі вертикального типу моделей 15107 та 15101, які забезпечують приготування відповідно формувальної та стержневої сумішей із заданими властивостями.

В рамках виконаної роботи було також розроблено технологію виготовлення вилівка "Ступиця" з високоміцного чавуну ВЧ42-12. Під час розробки враховано особливості властивостей сплаву, обрано раціональну конфігурацію ливникової системи, типи формувальних і стержневих сумішей, а також оптимальні режими плавлення та заливання.

Цех має потенціал для стабільного серійного виробництва виливків з чавуну із сфероїдальним графітом, що дозволяє розширити номенклатуру продукції, підвищити механічні характеристики виробів та знизити собівартість обробки завдяки точності лиття.

Таким чином, виробництво вилівка "Ступиця" у даному ливарному цеху є технічно обґрунтованим та економічно доцільним.

Список літератури

1. Хричиков В.Е., Меньяло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. Видання друге, доопрацьоване. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89 с.
2. Бялік Г.А., Наумик В.В., Луньов В.В., Пархоменко А.В. Теорія ливарних сплавів. Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. –156 с. – ISBN: 978-617-529-068-2.
3. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство: Підручник. – 2-ге видання, перероб. і доп. – Київ: Політехніка, 2002. – 384 с. – ISBN: 966-622-090-3.

ДОДАТКИ