

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“_____” _____ 2024 р.

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

на тему:

**“Розробка процесу виготовлення виливка
“Кронштейн” в піщано-глинистій формі”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-20

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Скриник А.О.

“_____” _____ 2024 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“_____” _____ 2024 р.

Рецензент _____

**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

“ ” 2024 p.

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

Скриник Андрій Олександрович

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн” в піщано-глинистій формі”, затверджена наказом по університету квітня 2024 р., № _____
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 26.06.2024 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: вибір обладнання для ливарного цеху сірого чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн”
Завдання роботи: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Кронштейн”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи
Креслення: технологічні вказівки на виготовлення виливка “Кронштейн”, ливарна форма в зборі

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вибір обладнання для ливарного цеху сірого чавуну	Ломакін В. М.		
Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Кронштейн” 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 сірого чавуну		
2.	Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Кронштейн”; проектування ливарної форми		
3.	Креслення		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ” 2024 р.

Підпис керівника

_____ Ломакін В. М.
(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

_____ Скриник А. О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 34, табл. 9, бібліографічних назв 3

Виливок, сплав, сірий чавун, індукційна піч, плавка, формовка, формувальна лінія

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему “Розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн” в піщано-глинистій формі” складається із двох розділів.

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

В другому розділі розроблено процес виготовлення виливка “Кронштейн” на формувальній лінії моделі ІІ225. Вибрано розташування виливка в формі. Прийнята кількість виливків на одну ливарну форму становить 4 шт. Розроблена конструкція ливарної форми. Розраховано ливниково-живильну систему для заливки форми розплавом чавуну.

Annotation

Page 34, table. 9, bibliographic titles 3

Casting, alloy, gray cast iron, induction furnace, melting, forming, molding line

The qualifying work at the first (bachelor's) level of higher education on the topic «Development of the process of manufacturing a casting “Bracket” in a sand and clay mold» consists of two sections.

In the first chapter of the work, equipment is selected and its technical characteristics are given for the production of castings in a gray cast iron foundry..

In the second section, the manufacturing process of the “Bracket” casting on the IL225 molding line is developed. The location of the casting in the mold is selected. The accepted number of castings per mold is 4 pieces. The design of the casting mold has been developed. A gating-feed system for filling the mold with molten cast iron has been designed.

Вступ.....	7
1. Процес виробництва виливків в цеху, мета і завдання кваліфікаційної роботи	8
1.1. Плавильна дільниця	8
1.2. Опис будови і роботи шихтової і плавильної дільниці	9
1.3. Фрмувально-заливочно-вибивна дільниця ливарного цеху	10
1.4. Стержнева дільниця	11
1.5. Сумішеприготувальна дільниця	12
1.6. Очисна дільниця	14
1.7. Проектування складів і допоміжних відділень	16
2. Розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн” в піщано-глинистій формі	19
2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Кронштейн”	19
2.2. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів	20
2.3. Проектування ливарної форми	22
2.3.1. Визначення положення виливка у формі	22
2.3.2. Вибір припусків на механічну обробку, усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розмірів стержнів та стержневих знаків	22
2.3.3. Конструювання та розрахунок ливникової системи ливарної форми	23
2.3.3.1. Визначення габаритних розмірів форми	23
2.3.3.2. Розрахунок оптимальної тривалості заливки....	24
2.3.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи	25
2.4. Проектування ливарної оснастки	28
2.5. Контроль якості виливків	30
Висновки	33
Література	34
Додатки.....	35

ВСТУП

Кваліфікаційна робота на тему “Розробка процесу виготовлення виливка «Кронштейн» в піщано-глинистій формі” досліджує сучасні методи та технології лиття, зокрема виготовлення виливків із застосуванням піщано-глинистих форм. Виливки відіграють важливу роль у різних галузях промисловості, таких як машинобудування, авіаційна та автомобільна індустрії, де деталі складної геометрії та високих механічних властивостей є критично важливими.

В роботі розглянуто всі етапи виготовлення виливка «Кронштейн» – від підготовки моделей та форм до аналізу отриманих результатів. Особлива увага приділяється плавці чавуну в індукційних печах, які забезпечують високий контроль температури та чистоти металу, що сприяє покращенню якості кінцевого продукту.

Формовка проводиться на автоматичних формувальних лініях, що дозволяє досягти високої точності та повторюваності виливків, зменшуючи при цьому трудомісткість і час виготовлення. Використання сучасних формувальних ліній сприяє оптимізації процесу та підвищенню продуктивності.

Дослідження також охоплює сучасні способи очистки литих виробів, такі як гідроабразивне очищення, дробоструменева обробка та інші методи, що забезпечують високоякісну обробку поверхні та видалення залишкових формувальних матеріалів. Це є важливим етапом для досягнення необхідних технічних характеристик і естетичного вигляду кінцевих виробів.

Метою бакалаврської роботи є надання комплексного огляду сучасних технологій лиття в піщано-глинистих формах та їх застосування для виготовлення високоякісних виливків. Висновки, зроблені в результаті проведеного аналізу, можуть бути корисними для інженерів і технологів, зайнятих у сфері лиття та виробництва металевих виробів. [1, 2].

1. Процес виробництва виливків в цеху, мета і завдання кваліфікаційної роботи

Згідно з завданням тема бакалаврської роботи – “Розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн” в піщано-глинистій формі”. У відповідності з такою тематикою сформульовано мету і завдання роботи.

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

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

1.1. Плавильна дільниця

В ливарному цеху виплавляється сірий чавун. Плавка ведеться в індукційній печі.

Технічна характеристика індукційної печі ємністю 10 т приведена в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика індукційної печі ІЧТ–10

Технічний параметр	Показник	
	Плавка в нагрітому тиглі	Плавка в холодному тиглі
Ємність печі, т: по чавуну	10	10
Потужність, кВт : перетворювача вживаєма	320	320
	250	280

Температура перегріву, °С : чавуну	1550	1550
Питома витрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВт-год/т : чавуну	460	520
Максимальна швидкість плавки, т/год : чавуну	2,94	3
Час повного циклу плавки, год чавуну	3,40	3,8

1.2. Опис будови і роботи шихтової і плавильної ділянки

Шихтовий двір і плавильну ділянку розташовуємо перпендикулярно до прольотів формувально-заливочного відділення.

При підготовці шихти виконуються наступні операції: складування (розвантаження, зберігання), розподілення, дозування в плавильні агрегати.

Шихтові матеріали поступають на шихтовий двір у залізничних вагонах і розвантажуються мостовими кранами у закроми. Вантажопідйомність мостових кранів прийнято 10 т.

Флюси розвантажуються мостовими грейферним краном у спеціальні витратні бункери. Дозування компонентів шихти у дугову піч здійснюється по масі мостовими кранами.

Плавильна ділянка розташована безпосередньо біля складу шихтових матеріалів. На плавильній ділянці встановлено один блок індукційних печей ємністю 10 т з кислою футеровкою.

Температура рідкого металу в індукційній печі становить 1420...1440 °С. В індукційній печі рідкий метал доводиться за хімічним складом і нагрівається до потрібної температури розливки. Після цього метал переливається у ківш.

По мірі необхідності рідкий метал транспортується у ковші до автоматичних ліній мостовим краном вантажопідйомністю 5 т.

1.3. Формувально-заливочно-вибивна дільниця ливарного цеху

Для виготовлення виливків в ливарному цеху сірого чавуну застосовуємо автоматичну формувальну лінію моделі ІЛ225.

Технічна характеристика лінії ІЛ225 наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика комплексної автоматичної ливарної лінії ІЛ225

Найменування	Величина
1	2
Розміри опоки, мм	
в світлі	900×600
висота	200
габарити в плані	1120×800
Продуктивність циклова, форм/год	240
Найбільше зусилля пресування, кН	2350
Тиск пресування, Мпа	4
Найбільша металоємкість форми, кг	70
Швидкість руху опок по рольгангу	
конвеєра, м/хв	4 – 6,75
Час охолодження форми, хв	30 – 90
Кількість:	
комплектів опок	100
комплектів підпочних плит	90
Витрата стисненого повітря, м ³ /хв	110
Загальна установочна потужність,	115
кВт	75 – 110

Витрата формувальної суміші, м ³ /год	5
Кількість операторів	65200×9300×6855
Габаритні розміри лінії, мм	220
Загальна маса лінії, т	

Форми виготовляють методом верхнього пресування при нижньому розміщенні модельного комплексу на пневморичажних формувальних автоматах, котрі є базовим формоутворюючими агрегатами для ліній даного типу. Рівномірність ущільнення суміші у формі забезпечується використанням диференціальної головки.

Для подачі рідкого металу до автоматичних ліній приймаємо 6 барабанних роздаточних ковшів ємністю 1 т кожний. Із них 3 ковші з металом встановлюються біля автоматичних ліній, а інші 3 ковша подаються до міксера для заповнення рідким металом.

При заливанні форм чавуном застосовуємо конічні чайникові поворотні ковші ємністю 150 кг. Цикл оборота одного такого ковша t_k становить 8 хв, або 0,13 год.

Для обслуговування автоматичних формувальних ліній застосовуємо мостові крани. По 2 крани на кожну формувальну лінію в одному прольоті. Прийнята загальна кількість кранів дорівнює 3. Прийнята вантажопідйомність кожного крана становить 5 т.

1.4. Стержнева ділянка

Використання стержневих напівавтоматів моделі 4509А (табл. 1.3) передбачає піскодувний спосіб формоутворення стержнів у гарячих ящиках.

Таблиця 1.3 – Характеристика стержневого напівавтомата моделі 4509А

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса стержнів, кг	10
Роз'єм стержневого ящика	Горизонтальний
Розміри стержневого ящика, мм	600×400×200
Нагрівання модельного оснащення	Електричне (або газове)
Продуктивність, стержнів/год	170
Стержні	Суцільні
Кількість операторів	1
Габаритні розміри машини, мм	4700×3900×2900
Маса машини, кг	15500

1.5. Сумішеприготувальна дільниця

Для виготовлення формувальної суміші застосовуємо змішувач періодичної дії з вертикальними обертовими металевими котками моделі 15108.

Характеристика змішувача наведена в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика змішувача моделі 15108

Параметр	Величина
1	2
Продуктивність, м ³ /год	75
Об'єм замісу, м ³	3,7
Габаритні розміри, м	4,8×4,2×3,8

В масовому і крупносерійному виробництві з високо механізованим сумішеприготувальним відділенням рекомендується використовувати єдині формувальні суміші.

На автоматичній формувальній лінії ІЛ225 використовуються формувальні суміші з підвищеною текучістю. Склад формувальної суміші наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Склад єдиної формувальної суміші

№	Найменування складової	ТУ, ГОСТ	Кількість матеріалу, %
1	Відпрацьована суміш	–	90,2 – 95,7
2	Пісок кварцовий 1КО2Б, 1КО2А	2138–74	4 – 8
3	Закріплювач КО	38–1074–73	0,05 – 0,3
4	Бентоніт МТ/1Т2–М1/2Т3	3206–85	0,2 – 1,5
5	Вугілля розмелене	–	0,5 – 1,5
6	Вода технічна	–	3,5 – 4,0

Фізико-механічні властивості суміші такі: газопроникність – не менше 100; міцність на стиснення в сирому стані – 0,8 – 1,5 кг/см²; вологість – не більше 4%.

Для виготовлення стержневої суміші застосовуємо змішувач неперервної дії з вертикальними обертовими котками моделі 15101.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика змішувача моделі 15101

Параметр	Величина
1	2
Продуктивність, м ³ /год	5,0
Об’єм замісу, м ³	0,25
Габаритні розміри, м	1,6×1,5×2,45

Стержнева суміш для виготовлення стержнів по гарячому оснащенню приймається з урахуванням особливостей конструкції стержневої машини, маси відливків, характеру сплаву і способу виготовлення стержнів.

Для виготовлення центрального стержня відливка кронштейна на автоматі моделі 4509А приймаємо склад суміші, приведений в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Склад стержневої суміші

№	Найменування складових	ТУ, ДСТУ	Кількість матеріалу, %
1	Пісок кварцовий 1КО16А, 2КО16А	2138 – 85	100
2	Фенолоспирт	6–05–1165–82	4
3	Гас (керосин)	4753 – 85	0,4
4	Карбід технічний	2081 – 85	0,8

Фізико-механічні властивості стержневої суміші такі: газопроникність – не менше 95; міцність на стиснення в сирому стані – 0,4 – 0,6 кг/см²; міцність на розтягування – 15 – 20 кг/см²; вологість – 2 – 6%.

1.6. Очисна дільниця

Для очистки чавунних виливків застосовуємо дробометний барабан моделі 323М.

Технічна характеристика дробометного барабана приведена в табл. 1.8

Таблиця 1.8 – Характеристика дробометного барабана моделі 323М

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса завантаження, т	0,8
Продуктивність, т/год	2,0
Габаритні розміри устаткування, м	4,8×4,0×5,6
Маса, т	8,5
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	32,6

Характеристика ділянки ґрунтовки відливків наведена в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Характеристика ділянки ґрунтовки відливків

Параметр	Величина
1	2
Миюча машина	
Максимальні габаритні розміри відливка, мм	425×315×250
Максимальна маса відливків, кг	20
Продуктивність, т/год	70
Тривалість миття відливків, хв	10
Температура миючої рідини, С	90
Ємність ванни, м ³	3,3
Швидкість руху відливків через камеру, м/хв	0,65
Потужність електродвигуна, кВт	11,4

Прохідна фарбувальна камера	
Максимальні габаритні розміри відливків при фарбуванні, мм	370×360×250
Кількість повітря, що відсмоктується, м ³ /год	8000 182
Витрати води, л/год	4,7
Встановлена потужність, кВт	

1.7. Проектування складів і допоміжних відділень

Площу дільниці футеровки ковшів приймаємо із розрахунку 10 – 18 м² на 1000 т придатного литва на рік. Для цеху з річною продуктивністю 12000 т/р:

$$S_{\phi.k} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2 \quad (1.1)$$

Приймаємо площу лабораторій:

- формувальних матеріалів і сумішей – 60 м²;
- спектральної – 40 м²;
- хімічної – 50 м²;
- приготування проб – 30 м²;
- металографічної – 50 м².

Площа, необхідна для зберігання будь-якого матеріалу, розраховується за формулою, м²:

$$S = \frac{M \cdot t}{D \cdot \gamma \cdot H}, \quad (1.2)$$

де M – річна кількість спожитого матеріалу, т/рік; t – норма зберігання даного матеріалу на складі, дн; D – кількість робочих днів в році; γ – насипна маса даного виду матеріалу, т/м³; H – допустима висота зберігання даного виду матеріалу, м.

Площа під відходи власного виробництва:

$$S_1 = \frac{\left(\frac{31,5}{100}\right) \cdot 12600 \cdot 20}{248 \cdot 7,2 \cdot 3} = 15 \text{ м}^2$$

Площа під сталевий брухт:

$$S_2 = \frac{\left(\frac{15}{100}\right) \cdot 12600 \cdot 20}{248 \cdot 7,8 \cdot 3} = 7 \text{ м}^2$$

Площа під чавунний брухт:

$$S_3 = \frac{\left(\frac{8,5}{100}\right) \cdot 12600 \cdot 20}{248 \cdot 7,2 \cdot 3} = 4 \text{ м}^2$$

Площа під феросплави:

$$S_4 = \frac{900 \cdot 20}{248 \cdot 2 \cdot 2} = 18 \text{ м}^2$$

Площа під ливарний чавун:

$$S_5 = \frac{\left(\frac{38}{100}\right) \cdot 12600 \cdot 20}{248 \cdot 7,0 \cdot 3} = 19 \text{ м}^2$$

Площа під переробний чавун:

$$S_6 = \frac{\left(\frac{7}{100}\right) \cdot 12600 \cdot 20}{248 \cdot 7,3 \cdot 3} = 3 \text{ м}^2$$

Площа під бентоніт:

$$S_7 = \frac{2001 \cdot 15}{248 \cdot 1,0 \cdot 3} = 40 \text{ м}^2$$

Загальна площа закромів складів для різних матеріалів

$$S_{\zeta\grave{a}\bar{a}} = 1,1 \cdot (15 + 7 + 4 + 18 + 19 + 3 + 40) = 117 \text{ м}^2$$

Площа під проходи і проїзди становить 10...15% корисної площі

$$S_{i\grave{o}} = 117 \cdot 0,15 = 18 \text{ м}^2$$

Площа складу ливарного цеху що проектується становить

$$S = S_{\zeta\grave{a}\bar{a}} + S_{i\grave{o}} = 117 + 18 = 135 \text{ м}^2$$

2. Розробка процесу виготовлення виливка “Кронштейн” в піщано-глинистій формі

2.1. Аналіз конструкції деталі і технологічних умов на виливок “Кронштейн”

Відливки відносяться до XI класу точності за ДСТУ 26645 – 05, виготовляється із чавуну марки СЧ20 за ДСТУ 1412 – 85. Різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекіс по роз'єму до 2 мм. На оброблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини довжиною не більше 1/3 діаметра 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 “Кронштейн” представляє собою частину пристрою, який призначено для транспортування важких вантажів. Маса деталі 14 кг, габаритні розміри 402 × 180 × 100 мм, твердість 131...157 НВ.

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

2.2. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для виготовлення відливка "Кронштейн" застосовуємо автоматичну ливарну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу «Авто-Літмаш». На цій лінії весь процес отримання відливка, від операції формовки до вибивки готової форми, автоматизовано. Розмір опоки в світлі 900×600 мм. Висота верхньої опоки 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 форм. 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 рольгангу на ділянку заливки. Заливка форми виконується автоматичним заливщиком з ковшем, ємкість якого 250 кг. Перед заливкою розплав має бути очищений від шлаку. В окремих випадках, з метою спрощення технології, використовується заливка форм вручну.

Оскільки маса стержнів не перевищує 10 кг, то для їх виготовлення використовуємо універсальний стержневий автомат моделі 4509 А. Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидкотвердіючих термореактивних сумішей, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність відливків.

Втрати температури чавуну при випуску із плавильної печі, транспортуванні і переливі із ковша в ківш повинні бути враховані при встановленні температури заливки форм. При випуску чавуну з плавильної печі втрати

температури складають від 20 до 40°C, а при переливі з ковша в ківш – 30...50 °C.

Рекомендована температура заливки чавуну марки СЧ20 при середній товщині стінки відливки 15 мм і з врахуванням втрат тепла складає 1400 – 1320 °C.

Під час заповнення форми необхідно слідкувати за рухом розплаву з ковша у форму. У початковий момент заливки необхідно повертати ківш плавно, без ривків, але достатньо швидко, щоб заповнити ливникову систему і чашу. Після заливки форми, відливок охолоджується і твердне, разом з формою пересуваючись по рольгангам з ділянки заливки до ділянки вибивки. За час руху у відливу закінчуються усі перетворення. Чавунні відливки необхідно вибивати при температурі 200...400°C. Форми, що охололи, направляються на ділянку вибивки. Форма видавлюється на спеціальній установці, на якій суміш і відливок видавлюються пресом на вібраційну решітку із нерухомої форми. Опоки автоматично зіштовхуються з плити ливарного конвеєра штовхачем і форма переміщується пресом на вібраційну решітку, де руйнуються спресовані грудки суміші, які запеклися. Потім суміш поступає по лотку на транспортер.

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

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

Технологічний процес очищення відливка складається із наступних операцій:

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

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

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

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

2.3. Проектування ливарної форми

2.3.1. Визначення положення виливка у формі. Положення відливка у формі в період заливки вибираємо горизонтальним, оскільки оброблювані поверхні – посадочні місця на валу – повинні бути розташовані горизонтально, для запобігання раковин, забруднення неметалевими домішками, рихлості. Поверхня роз'єму моделі і форми при цьому займає горизонтальне положення і є єдиною для даного відливка, що полегшує застосування машинної формовки. Поверхня роз'єму розташовується так, що модель не має з'ємних частин. Роз'єм моделі і форми розташовується таким чином, що відливок знаходиться в нижній і верхній напівформах симетрично. Такий роз'єм забезпечує ефективну набивку форми, її складання, надійність встановлення стержнів, зручність контролю розмірів форми, вільне вилучення моделі із форми.

2.3.2. Вибір припусків на механічну обробку, усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розмірів стержнів та стержневих знаків. Розміри відливка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для чавуну марки СЧ20 вибираємо по ДСТУ 1412-85. На кресленні межі припусків обводяться тонкою лінією

(креслення БР – 131.24.05.02.01.00.00 КС) і вказується величина припуску, яка по ДСТУ 14125-05 для даної деталі становить 3 мм.

Припуск на ливарну усадку виражається у відсотках від розміру відливка. Для середніх відливків вільна лінійна усадка дорівнює 1 %. Обємна усадка, відповідно – 3%. Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середньої арифметичної товщини спряжених стінок. Для даного відливка радіус заокруглень становить 3 мм.

Радіуси заокруглень проставляємо на кресленні деталі (креслення БР – 131.24.05.02.01.00.00 КС), невказані радіуси проставляємо на вільному полі креслення.

Формувальні кути призначаємо в залежності від ливарних розмірів відливка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ДСТУ 3212-05. Для даного відливка, величина кута становить 3° . Величини кутів вказуємо на кресленні, невказані кути проставляємо на вільному полі креслення.

Розміри стержня вибираються з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку (креслення БР – 131.24.05.02.01.00.00 КС). В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо горизонтальні знаки стержнів довжиною 30 мм.

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

2.3.3. Конструювання і розрахунок ливникової системи ливарної форми

2.3.3.1. Визначення габаритних розмірів форми. Габарити опок визначаються габаритами відливка, числом відливків в одній опоці, розмірами ливникової системи, правильністю розміщення моделей на підмодельній плиті.

Правильність розміщення моделей на підмодельній плиті для даного розміру опок визначається коефіцієнтом металоємності, тобто співвідношенням

загальної ваги металу у формі до ваги формувальної та стержневої суміші в опоці. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів відливка і знаходиться у межах 0,25...1,2.

Відстань між окремими моделями дорівнює $(0,3...0,5) \cdot h$, де h – висота моделі у верхній та нижній напівформах. При формовці в одній опоці декількох відливоків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними повинна бути $\leq 20...25$ мм. Відстань від тіла відливка до стінок опок становить 50...100 мм, від стержньового знаку до бокової стінки опоки 0...50 мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини дорівнює 60...120 мм. Враховуючи, що для виготовлення відливка застосовуємо автоматичну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу «Авто-Літмаш», з розмірами опоки 900×600×200 мм приймаємо кількість відливоків в одній опоці рівною 3 шт.

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

Оптимальна тривалість заливки t визначається за формулою Соболева-Дубицького:

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

де S_1 – коефіцієнт, $S_1 = 1,35$;

δ – середня товщина стінок відливка, $\delta = 18$ мм;

C_1 – маса одного відливка з ливниковою системою, кг

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

де C_g – маса відливка, кг.

$$C_1 = 14 + 0,3 \cdot 14 = 18 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t = 1,35 \cdot \sqrt[3]{18 \cdot 18} = 9,3 \text{ с}$$

Середня швидкість рівня підйому металу у формі визначається по формулі:

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

де C – висота відливка по положенню в формі, мм;

t – оптимальна тривалість заливки, с.

$$V = \frac{100}{9,3} = 11 \text{ мм / с}$$

Розрахункова швидкість підйому рідкого металу у формі задовольняє умовам ефективного заповнення, оскільки перевищує граничну мінімальну швидкість заповнення порожнини форми для даного відливка.

2.3.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи.

Загальна площа живильників на один відливок $\sum F_{жс}$ визначається за формулою, см²:

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

де G – маса одного відливка, з ливниками і т.п., кг;

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

γ – густина розплаву, г/см³;

g – прискорення сили тяжіння, см/с²;

H_p – середній металостатичний тиск, см.

Середній металостатичний тиск H_p визначаємо за формулою, см:

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

де H_0 – висота металу до його рівня в чаші форми, $H_0 = 200$ мм;

p – висота відливка над площиною рознімання форми, $p = 50$ мм;

c – загальна висота відливка по положенню у формі, $c = 100$ мм.

$$H_p = 200 - \frac{50^2}{100} = 175 \text{ мм} = 17,5 \text{ см}$$

$$\sum F_{жс} = \frac{18 \cdot 1000}{0,5 \cdot 9,30 \cdot 6,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 17,5}} = 3,0 \text{ см}^2$$

Оскільки відливки має два живильника, то:

$$F_{жс} = \frac{\sum F_{жс}}{2} = \frac{3,0}{2} = 1,50 \text{ см}^2 \quad (2.6)$$

Приймаємо форму поперечного перерізу живильника трапецію (креслення БР – 131.24.05.02.01.00.00 КС).

Розраховуємо площу поперечного перерізу шлаковловлювача ΣF_{uu} , см²:

$$\Sigma F_{жс} : \Sigma F_{uu} : \Sigma F_{см} = 1 : 1,15 : 1,2 \quad (2.7)$$

де $\Sigma F_{см}$ – площа поперечного перерізу стояка у формі, см².

Оскільки шлакоуловлювач має дві гілки, кожна з яких одночасно живить два відливка, площа поперечного перерізу становить:

$$\Sigma F_{uu} = 2 \cdot \Sigma F_{жс} \cdot 1,15 = 2 \cdot 3,0 \cdot 1,15 = 6,90 \text{ см}^2$$

Стояк живить розплавом всі чотири відливка і площа поперечного перерізу стояка:

$$F_{см} = 4 \cdot \Sigma F_{жс} \cdot 1,2 \quad (2.8)$$

$$F_{см} = 4 \cdot 3,0 \cdot 1,2 = 14,4 \text{ см}^2$$

Оскільки:

$$F_{см} = \frac{\pi \cdot d_{см}^2}{4} \quad (2.9)$$

Діаметр стояка:

$$d_{см} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{см}}{\pi}} \quad (2.10)$$

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

Приймаємо діаметр стояка внизу рівним 45 мм. Із технологічних міркувань діаметр стояка вверху приймаємо $d_{cm.6} = 40$ мм.

Визначимо діаметр чаші ливарної форми за формулою:

$$D = (2,7 \dots 3) \cdot d_{cm.6} \quad (2.11)$$

$$D = 3 \cdot 40 = 120 \text{ мм}$$

2.4. Опис процесу проектування ливарної оснастки

При крупносерійному і масовому виробництві для збільшення строку служби моделей, їх необхідно виготовляти металевими. Заготовки металевих моделей отримують литтям у піщані форми по дерев'яним моделям (промоделям). Промоделі виготовляються з припуском на механічну обробку моделі і відливки, а також з урахуванням усадки сплаву моделі. Модель виготовляється із сірого чавуну марки СЧ20. Обробляються моделі вручну, припуск на механічну обробку відливка – 3,5 мм. Товщину тіла моделі визначають із номограми в залежності від габаритів моделі. З урахуванням малих габаритних розмірів відливка модель відливається суцільною. Після механічної обробки моделі монтуються на раніше підготовані підмодельні плити. При монтажу моделей на плити необхідно враховувати розміри опок. Контур опоки в світлі 900×600 мм. Таким чином усі моделі розташовуються на плиті так, щоб відстань від моделей до країв складала не менше 150 мм. Ливникова система монтується у відповідності з кресленням ливникової системи. Кріплення

моделей і ливникової виконується гвинтами. Монтаж моделей на плитах виконується за допомогою монтажного шаблону, виготовленого з листової сталі товщиною 2...5 мм.

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

На кресленні креслення БР – 131.24.05.02.02.00.00 КС показано ливарну форму в зборі.

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

При виготовленні моделі ящика необхідно врахувати усадку алюмінієвого сплаву, яка становить 1,25 %. Також враховуємо припуск на механічну обробку ящика, який при зачистці складає 0,4 мм. Для визначення товщини тіла стержневого ящика необхідно знати габаритні розміри. Товщину стінок ящика визначаємо із номограми. Для стержневих ящиків із алюмінієвих сплавів товщина стінок складає 10 мм. При товщині стінок стержневого ящика 10 мм товщина ребер жорсткості складає 10 мм, а радіус галтелей дорівнює 5 мм. Стержневий ящик відливається у відповідності з розмірами і піддається механічній обробці. Площина роз'єму ящика шліфується для якісного

прилягання обох половин ящика. Половини ящика з'єднуються за допомогою штирів.

Для видалення повітря із ящика при виготовленні стержня, встановлюються венти. Розрахунок вент виконується із співвідношення:

$$\frac{F_{вент}}{F_{вд.отв.}} = 0,1 \div 0,9, \quad (2.12)$$

де $F_{вент}$ – сумарна площа вент;

$F_{вд.отв.}$ – сумарна площа вдувних отворів.

$$F_{вент} = 0,4 \cdot F_{вд.отв} \quad (2.13)$$

$$F_{вд.отв.} = \frac{\pi \cdot 31^2}{4} = 750 \text{ мм}^2$$

$$F_{вент} = 0,4 \cdot 750 = 300 \text{ мм}^2$$

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

2.5. Контроль якості виливків

Контроль якості виливків з сірого чавуну є важливим етапом виробничого процесу, що забезпечує відповідність виробів вимогам до їх механічних, фізичних та хімічних властивостей. Основні аспекти контролю якості включають:

Вхідний контроль матеріалів. Аналіз хімічного складу: перевірка складу сировини (металобрухт, добавки) на відповідність встановленим вимогам. Це можна робити за допомогою спектрометрії або інших методів хімічного аналізу.

Перевірка якості добавок: контроль якості модифікаторів та інокулянтів, які використовуються для покращення властивостей чавуну.

Контроль процесу плавки та лиття. Моніторинг температури: контроль температури плавки і заливки для забезпечення правильного режиму кристалізації чавуну.

Визначення параметрів лиття: контроль параметрів заливки (швидкість, тиск) для запобігання дефектам (пори, тріщини).

Візуальний контроль. Перевірка поверхні: візуальний огляд виливків на наявність поверхневих дефектів (пори, тріщини, раковини, зміщення форм).

Контроль розмірів та геометрії: вимірювання розмірів виливків для перевірки відповідності кресленням і технічним умовам.

Внутрішній контроль. Ультразвуковий контроль: використання ультразвукових хвиль для виявлення внутрішніх дефектів, таких як пори та тріщини.

Рентгенографія: використання рентгенівських променів для виявлення внутрішніх дефектів і оцінки структури чавуну.

Магнітопорошковий контроль: виявлення поверхневих і підповерхневих тріщин за допомогою магнітного поля та магнітного порошку.

Механічні випробування. Випробування на твердість: визначення твердості чавуну за допомогою методів Брінелля, Роквелла або Віккерса.

Випробування на розтяг: вимірювання межі міцності та відносного подовження зразків.

Випробування на удар: оцінка ударної в'язкості за допомогою маятникового копра.

Металографічний аналіз. Мікроструктурний аналіз: вивчення мікроструктури чавуну за допомогою мікроскопа для визначення графітної фази та матриці (перліт, ферит).

Аналіз фракційного складу: визначення розміру та форми графітових включень.

Хімічний аналіз готових виливків. Спектральний аналіз: визначення остаточного хімічного складу виливків для підтвердження відповідності специфікаціям.

Аналіз методом хімічного розкладу: точний аналіз вмісту вуглецю, кремнію та інших легуючих елементів.

Заключний контроль. Підтвердження відповідності: остаточна перевірка всіх параметрів виливків на відповідність вимогам технічних умов та креслень.

Документування результатів: складання звітів і протоколів випробувань для архівування та відстеження якості продукції.

Контроль якості виливків з сірого чавуну включає багатоетапний процес, що охоплює всі аспекти виробництва, від вхідного контролю матеріалів до заключного контролю готових виробів. Це забезпечує високу якість продукції та відповідність її вимогам замовників і стандартам.

Висновки

Вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в ливарному цеху сірого чавуну.

Розроблено процес виготовлення виливка “Кронштейн” на формувальній лінії моделі ІЛ225. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму; розраховано ливниково-живильну систему для заливки розплаву чавуну у форму з потрібною швидкістю і витратою.

Література

1. 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.
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. Хричиков В.Е., Меньяйло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. Видання друге, доопрацьоване. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89 с.