

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)
« ____ » _____ 2024__ р.

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

**«Розробка технологічного процесу виготовлення
відливка Корпус НШ 100А-3-01 методом лиття в
кокіль»**

**«Development of a technological process for the
production of a casting HOUSING NSH 100A-3-01 by
sand and gravel casting»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ОЛ)-21-ЗСК
Руслан Пустовойт
(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

«_____» _____ 2024 р.

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

Пустовойт Руслан Юрійович

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення відливка Корпус НШ 100А-3-01 методом лиття в кокіль
2. Керівник роботи: _____ к.т.н., доц. Олександр СКРИПНИК
3. Строк подання роботи до захисту _____ 10.05.2024
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:
Розробити технологічний процес виготовлення виливка Корпус НШ100А-3-01 методом лиття в кокіль

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 НШ 100А-3-01 _____
2. Кокіль _____

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	6.05.2024	
2	Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	9.05.2024	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	11.05.2024	
4	Розрахунок і конструювання ливникової системи	13.05.2024	
5	Опис технологічного процесу виготовлення виливка	16.05.2024	
6	Опис процесу проектування ливарної оснастки	22.05.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2024	
8	Оформлення презентації роботи	3.06.2024	
9	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	10.05.2024	

Дата видачі завдання «_____» _____ 2024__ р.

Керівник роботи _____ (Олександр СКРИПНИК)
(підпис)

Завдання прийнято до виконання «_____» _____ 2024__ р.

Здобувач вищої освіти _____ (Руслан ПУСТОВОЙТ)
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка викладена на 30 стор. друкованого тексту і містить 2 рис., 8 табл., 15 літературних посилань.

В пояснювальній записці приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на виливок, процес його виготовлення, вибране технологічне обладнання. Також виконано розрахунок ливниково-живильної системи, описано процес виготовлення форми, наведено характеристику матеріалів, параметри та способи технічного контролю якості виливків.

Об'єкт розробки – процес виготовлення виливка із сплаву АК5МЗ,5 Корпус НШ 100А-3-01 методом лиття в кокіль масою 10,78 кг литтям в кокіль.

Предмет розробки – визначення технологічних параметрів, складання опису виробництва виливка та його формування.

Результати проектування – розроблена технологія ливарної форми, виконано вибір сучасного ливарного устаткування.

Результати розробки можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві виливків із сплаву АК5МЗ,5 в умовах серійного та масового виробництва.

**ВИЛИВОК, КОКІЛЬ, ЖИВИЛЬНИК, ПІДЖИВЛЮВАЧ, ПРИПУСК,
СТЕРЖЕНЬ, ЗАЛИВКА, СПЛАВ**

ABSTRACTS

The explanatory note is presented on 30 pages of printed text and contains 2 figures, 8 table, 15 references.

The explanatory note contains an analysis of the part design, developed technical specifications for the casting, its manufacturing process, and selected technological equipment. Also, the calculation of the casting and feeding system is performed, the mold manufacturing process is described, and the characteristics of materials, parameters, and methods of technical quality control of castings are given. The object of development is the process of manufacturing a casting of AK5M3.5 alloy housing NSH 100A-3-01 by the method of investment casting weighing 10,78 kg by investment casting.

The subject of development is determination of technological parameters, drawing up a description of the casting production and its molding.

Design results - the technology of the casting mold was developed, the choice of modern casting equipment was made.

The results of the development can be recommended for implementation in the production of castings from AK5M3.5 alloy in serial and mass production.

CASTING, SPRUE, FEEDER, FEEDER, ALLOWANCE, ROD, POURING, ALLOY

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей.....	7
2 Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок.....	10
3 Розробка технологічного процесу виготовлення виливка.....	11
3.1. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів.....	11
3.2 Визначення положення виливка у формі.....	14
3.3 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків.....	15
4 Розрахунок і конструювання ливникової системи.....	16
4.1 Розрахунок і конструювання підживлювача.....	16
4.2 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи.....	18
5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка.....	24
6 Опис процесу проектування ливарного оснащення.....	26
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	27
ЛІТЕРАТУРА.....	28
ДОДАТКИ.....	30

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із основних заготівельних баз машинобудування. У всіх галузях машинобудування використовують литі заготовки, практично будь-якої конфігурації з мінімальними припусками на механічну обробку та високими службовими властивостями.

Сприяння розвитку та удосконаленню виробництва у сфері ливарного галузі може бути досягнуте за допомогою впровадження сучасних технологій та автоматизації. Ось декілька шляхів, які можуть сприяти підвищенню якості та ефективності виробництва в цій галузі [1]:

1. використання високоміцних сплавів. Використання високоміцних та кольорових сплавів дозволяє отримати більш легкі, складні та точні виливки. Це сприяє підвищенню продуктивності та забезпечує високу якість виготовлених виробів;
2. впровадження високоефективних технологій. Використання сучасних технологій, таких як комп'ютерне моделювання, 3D-друк, CNC-обробка, дозволяє вдосконалити процеси виробництва, зменшити час виготовлення виливків та підвищити точність виробництва;
3. автоматизація процесів. Використання автоматизованих систем керування та виробничих ліній дозволяє підвищити продуктивність, знизити витрати матеріалів та енергії, а також покращити умови праці для робочого персоналу;
4. вдосконалення обладнання та пристроїв. Постійне вдосконалення ливарного обладнання та пристроїв дозволяє забезпечити більш точні, ефективні та економічні процеси виробництва.

Загальною метою впровадження таких заходів є забезпечення високої якості продукції, зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності ливарного виробництва на ринку [2].

1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей

Матеріали та обладнання, які використовуються в ливарному виробництві відіграють значну роль в якості та собівартості відливок, тому їх вибір та використання повинні бути оптимальними в кожному конкретному технологічному процесі в залежності від технічних вимог до відливка, виду виробництва, способу лиття тощо.

Для виготовлення виливків Корпус НШ 100А-3-01 використовується сплав АК5МЗ,5 ДСТУ 2856.1-94 Сплави цинкові. Методи визначення алюмінію [3].

Марка АК5МЗ,5 позначає алюмінієвий ливарний сплав з високим вмістом кремнію і міді (силумін). Цей матеріал має високу твердість, жароміцність, хорошу корозійну стійкість. Буква "К" у маркуванні сплаву вказує на основний легуючий елемент - кремній, а цифра 5 визначає його процентний вміст.

Фізичні та механічні властивості, хімічний склад сплаву наведено в табл. 1.1, 1.2, 1.3.

Таблиця 1.1 - Фізичні властивості сплаву марки АК5МЗ,5 ДСТУ 2856.1-94

Температура, °С	Густина, ρ , кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·град)	Питомий електроопір, R, Ом м%	Ливарна усадка, β , %	Модуль пружності під час розтягування, $E \times 10^{-5}$ МПа	Питома теплоємність, c , в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С включно, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт лінійного розширення, α , в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С включно, $\alpha \times 10^{-6}/K$
20	2680		46,2	1,8 – 1,9	0,7		
100		163				838	23,1

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву АК5МЗ,5 ДСТУ 2856.1-94

Межа короточасної міцності, σ_B МПа	Межа плинності, σ_T МПа	Відносне видовження, %	Відносне видовження при розриві, σ_B %	Твердість по Брінеллю, НВ
250 – 300	180 – 220	5 – 8	0,5 – 1,0	78 – 115

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сплаву АК5М3,5 ДСТУ 2856.1-94

Основні компоненти, % за масою					Домішок не більше, %			
Si	Mg	Cu	Mn	Al	Fe	Zn	Ni	Сума
4 - 6	0,2 - 0,8	3 - 4	0,6 - 1,2	осн.	до 1,3	1,5	0,5	3

Силуміни у кольоровій металургії поділяються на:

- які деформуються (доевтектичні і евтектичні). При литті доевтектичних сплавів використовують леговані тільки кремнієм від 4 до 10 %. Іноді допускається невелика кількість домішок з міді і марганцю. Евтектика має близько 13 % кремнію;
- ливарні (заевтектичні). Вони мають підвищену рідинотекучість, що забезпечує виготовлення виливків, які мають складну форму і тонкі стінки, низьку усадку, невисоку схильність утворювати тріщини. Вміст кремнію доходить до 20 %.

За властивостями силуміни часто порівнюють зі сталлю (нержавіючою). Слід зазначити, що вони у порівнянні з останньою мають меншу питому вагу і володіють наступними властивостями:

1. питомою міцністю. Показники сплаву і сталей близькі за значенням, але, враховуючи, що вага силуміну менше, конструкції з нього виграшніше;
2. стійкість до зношування;
3. антикорозійністю. На поверхні металу утворюється захисна плівка, яка оберігає його від негативного впливу навколишнього середовища;
4. низькою питомою вагою;
5. пластичністю. При заливці в форми з сплаву отримують деталі, які мають складну конфігурацію. Завдяки хорошій рідинотекучисті процес лиття здешевлюється;
6. невисокою температурою плавлення. Вона дорівнює приблизно 600 °С, що значно нижче, ніж температура плавлення сталі. Ця властивість також впливає на лиття та здешевлює вартість проведених робіт;
7. доступною ціною.

Для підвищення пластичності силумінів використовуються різні методи термічної обробки. Відпалений матеріал маркується АК5М, нагартований напівфабрикат - АК5Н.

Низька вартість у поєднанні з технологічністю дає можливість широко застосовувати дані сплави в народному господарстві, а саме:

- машинобудуванні – поршні, деталі для корпусу, циліндри, двигуни;
- авіабудуванні – блоки циліндрів, поршні для охолодження, авіаційні вузли;
- збройовій справі – коробки для стволів, вузли для пневматичних гвинтівок;
- газотурбінному обладнанні – генератори, теплообмінники;
- виготовлення побутових приладів – каструлі, сковорідки, казани, копильні;
- скульптурній техніці.

У складі силумінів можуть бути присутні добавки цинку, титану, заліза, калію, міді в невеликих кількостях. Всі його марки мають гарні ливарні якості і просто зварюються. Сплавам притаманні зносостійкість і міцність, але вони є крихкими матеріалами. Вироби з силуміну витримують велике навантаження, але при падінні можуть розколотися. В цьому полягає головний недолік матеріалу.

2 Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок

Деталь Корпус НШ 100А-3-01 виготовляється литтям в кокіль з алюмінієвого сплаву марки АК5МЗ,5. Габаритні розміри деталі $180 \times 185 \times 212$ мм.

Згідно конструкції насосу корпус призначений для установки в ньому валів із зубчатими шестернями, які виконують роль механізму, який служить для переміщення мастила по гідросистемі. Виходячи з цього, корпус має отвір діаметром 140 мм. Із сторони розрізу є два вікна прямокутної форми розміром 96×96 мм, які отримуються за допомогою плоских вставок та металевих стержнів. Внутрішня поверхня відливка має складну конфігурацію.

Максимальна товщина стінки відливка 30 мм, мінімальна 20 мм.

Відливаються два отвори діаметром 40 мм і отвір діаметром 140 мм, які отримуються за допомогою металевих стержнів. Технічні вимоги допускають на поверхнях, які не оброблюються одиничні раковини, шлакові включення, забруднення та інші дефекти в кількості не більше 5 штук на деталь, діаметром не більше 2 мм і глибиною не більше 1,5 мм. Базові поверхні А і Б повинні бути чистими без ужимин і одутостей. Загальна пористість не повинна бути вище еталону № 1 шкали пористості по ДСТУ 3015-95 [4], а зональна не вище бала 3 шкали пористості по ДСТУ 2839-94 [5].

З метою вирівнювання товщини стінки відливка, що дає можливість ліквідувати термічні вузли і концентрацію ливарних напруг, технологія отримання відливка передбачає виготовлення останнього литтям в кокіль. При чому виливається одночасно одна деталь. Це дає можливість спростити засоби для механічної обробки.

Зовнішня поверхня відливка залежить від внутрішньої поверхні кокілю а внутрішня поверхня в свою чергу оформляється блоком стержнів і вставок.

3 Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для плавки сплаву марки АК5М3,5 обираємо стаціонарну тигельну електропеч моделі САТ-0,2/10 С [6], технічна характеристика якої наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика стаціонарної тигельної електропечі моделі САТ-0,2/10 С

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Ємність тигля по сплавам алюмінію	кг	200
Потужність	кВт	38
Максимальна температура в робочому просторі	°С	1000
Діапазон автоматичного регулювання температури	°С	40...1000
Габаритні розміри, ширина × довжина × висота	мм	1250 × 1400 × 1700
Маса печі, не більше	кг	400

Перед початком плавки тигель печі просушують та фарбують захисним покриттям наступного складу:

1. окис цинку 250 г;
2. вода технічна 1 л;
3. рідке скло 100 г.

Перед фарбуванням тигель очищають від бруду та старого покриття, нагрівають до температури від 100 до 150 °С. Потім наносять перший шар покриття і просушують тигель при температурі від 150 до 200 °С на протязі від 10 до 15 хв. Далі наносять другий шар покриття і прокалюють тигель при температурі 750 °С. Стійкість такого покриття від 10 до 15 плавок.

Завалку шихтових матеріалів виконують згідно розрахунку шихти у наступній послідовності: відходи власного виробництва (ливники, підживлювачі, браковані деталі), які за хімічним складом відповідає готовому сплаву АК5М3,5, лігатури (мідна, марганцева), чушковий сплав АК5М2. Для модифікування

використовують магній.

Виливок Корпус НШ 100А-3-01 виготовляється на кокільній машині моделі 82А303 [7]. На машині весь процес отримання виливка автоматизовано. На рис. 3.1 наведено загальний вид кокільної машини моделі 82А303, а технічна характеристика в табл. 3.2.



Рисунок 3.1 – Загальний вид кокільної машини моделі 82А303

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика кокільної машини моделі 82А303

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Розміри зони кріплення кокілю	мм	500 × 400
Циклова продуктивність	шт/год	18
Хід плити	мм	250
Хід штовхача	мм	50
Зусилля закриття кокілю	кН	50
Зусилля відкриття кокілю	кН	100
Встановлена потужність	кВт	7,5
Габаритні розміри	мм	2850 × 930 × 1450
Маса	кг	3200

Під час заливки кокілю необхідно слідкувати за рухом розплаву. Для заливки металу в кокіль використовуємо дозатор моделі Д250М, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.3 [8].

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика дозатор моделі Д250М

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Вага дози	кг	1...20
Тривалість видачі дози	с	7...20
Точність дози	%	±5
Вага заливаємого в дозатор металу	кг	250

Гранична температура	°С	до 900
Тривалість розігріву печі	год	6
Встановлена потужність	кВт	22
Напруга	В	380
Витрата повітря на одну дозу	мм ³	0,27
Габарити машини	мм	2560 × 1400 × 1900
Кут нахилу	град	30
Маса	кг	3000

Після заливки виливок охолоджується і твердіє безпосередньо в кокілі.

В якості обладнання для обробки ливникової системи використовуємо стрічкопильний верстат моделі 020 - 099 - 00, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.4 [9].

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика стрічкопильного верстату моделі 020 - 099 - 00

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Кількість одночасно оброблених деталей	шт	1
Продуктивність	вил/год	80
Ріжучий елемент – стрічкова пила	3250 ± 50 × 27 × 09 – 3/4	3250850+27
Привід стрічкової пили – електродвигун 4А80В6У3М300 а) потужність електродвигуна; б) частота обертів; в) частота обертання приводного шківa пили; г) швидкість різання.	кВт с ⁻¹ (об/хв) с ⁻¹ (об/хв) мм/хв	1,1 16,7 (1000) 1,669 (100) 157
Затиснення деталі - гідравлічне: діаметр гідроциліндра зусилля затискання	мм кгс	80 750
Гідравлічний привід – станція 204 - 020 - 00 СБ з електродвигуном 4А80А6У3М300 а) частота обертання валу електродвигуна б) потужність електродвигуна в) об'єм бака для мастила	с ⁻¹ (об/хв) кВт л	16,7 (1000) 0,74 40
Охолодження – СОХА (водяна емульсія) 020 - 099 - 03.0		
Електронасос – ХА - 22	м	0,12
Встановлена потужність	кВт	2,06
Габарити верстата: довжина × ширина × висота	мм	1500 × 1280 × 1630

Зачистка виливків від залишків ливниково-живильної системи виконується на зачисній машині моделі ЗК636, технічна характеристика якої наведена в табл. 3.5 [10].

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика зачисної машини моделі ЗК636

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Маса виливків	кг	до 20
Продуктивність	т/год	0,5 – 0,6
Діаметр круга	мм	600
Потужність	кВт	35
Габаритні розміри машини	мм	1600×1200×1540
Маса	кг	2500

Контроль якості виливків здійснюється зовнішнім оглядом БТК цеху. Після виправлення знайдених недоліків знову контроль якості - БТК цеху. Фарбування 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 теплим повітрям. Далі виконується ґрунтовка виливків зануренням у ванну з просушуванням у камері при 60 °С на протязі 10 хв. Після фарбування виливки направляємо на склад готових виробів.

3.2 Визначення положення виливка у формі

Положення відливка в формі визначається конструкцією деталі. Найкращим вважають таке положення виливка, яке забезпечує отримання точних розмірів, виключає брак по газовим і усадковим раковинам.

Для забезпечення однакових властивостей відливка, раціонального розміщення підживлювача і направленої затвердіння, а також щоб звести число ліній роз'єму до мінімуму приймаємо:

1. положення виливка в кокілі - на торець так, що поздовжня вісь виливка паралельна вертикальній лінії роз'єму;
2. підживлювач встановлено в нижній частині циліндричної поверхні, для забезпечення вільного підживлення виливка і направленої затвердіння;
3. постановку стержнів проводити знизу, а вставки монтуються на кокілі.

Таке положення виливка в формі дає такі переваги:

- виливок легко видаляється з кокілю, що здешевлює його виготовлення;
- виливок не має виступаючих частин, що зменшує число стержнів до мінімуму а також спрощує виготовлення внутрішньої поверхні кокілю;
- виливок виготовляється в кокілі з простою лінією роз'єму (вертикальною), що збільшує стійкість кокілю;
- конструкція виливка забезпечує рівномірне охолодження;
- відсутні гострі внутрішні кути, глибокі отвори малого діаметру, що спрощує внутрішню поверхню кокілю;
- базова частина виливка розміщена в одній частині кокілю, що забезпечує точність його розмірів.

З аналізу конструкції деталі слідує, що:

- а) деталь має складну внутрішню поверхню;
- б) деталь має різну товщину стінок, тому конструкція виливка змінена і значно відрізняється від конструкції окремої деталі. Це полегшує виготовлення виливків з застосуванням складних стержнів, а головне окремі деталі виливка легше обробляються.

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

Величина припуску на механічну обробку залежить від роду сплаву, що заливається, розмірів виливка, точності виготовлення, положення в кокілі, складності конфігурації.

Припуски на механічну обробку приймаємо відповідно до ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення [11]:

- нижня і зовнішня бокові поверхні - 2 мм;
- внутрішні бокові поверхні - 2 мм;
- верхні поверхні - 3,0 мм.

Допуски на розміри металевих стержнів:

до 40 мм $\pm 0,5$ мм;

41 - 100 мм $\pm 0,5$ мм;

101 - 250 мм $\pm 0,7$ мм.

Ухили стержнів для вільного видалення стержнів при вибивці приймаємо 3° .

Під припуском на усадку розуміють збільшення всіх лінійних розмірів кокілю на величину усадки матеріалу відливка. Припуск на усадку виражається у відсотках від розмірів відливка. З урахуванням матеріалу відливка (алюмінієвий сплав АК5МЗ,5) усадку приймаємо $1,8 - 1,9 \%$.

4 Розрахунок і конструювання ливникової системи

4.1 Розрахунок і конструювання підживлювача

Одним із важливих етапів розрахунку підживлювача є визначення його оптимальної конфігурації виходячи з того, що підживлювач слугує резервуаром рідкого металу та забезпечує живлення виливка. Розрахунки показують, що найкращою формою горизонтального перерізу підживлювача в даному випадку є коло. Розрахунок виконують з урахуванням наступних положень: час твердіння підживлювача повинен бути більше часу твердіння підживлюємого вузла; об'єм підживлювача повинен бути достатнім для компенсації усадки рідкого металу при затвердінні; усадочна раковина не повинна виходити за межі підживлювача і досягати його шийки.

Об'єм усадочної раковини визначають за формулою:

$$V_p = \beta \cdot (V_{відл} + V_n), \quad (4.1)$$

де $V_{відл}$ - об'єм виливка, см^3 ;

V_n - об'єм підживлювача, см^3 .

$$V_{відл} = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (4.2)$$

де r - радіус відливка, $r = 9,5$ см;

h - висота відливка, $h = 18,5$ см (лист БР-131.24.24.01.00.00).

$$V_{відл} = 3,14 \cdot 9,5^2 \cdot 18,5 = 3412,2 \text{ см}^3.$$

Визначаємо об'єм підживлювача:

$$V_n = \frac{\beta}{k} \cdot V_{відл}, \quad (4.3)$$

де $\beta = 0,035 \dots 0,08$ – коефіцієнт [12];

$k = 0,25$ – коефіцієнт [12].

$$V_n = \frac{0,065}{0,25} \cdot 3412,2 = 927,15 \text{ см}^3$$

$$V_p = 0,065 \cdot (3412,2 + 927,15) = 282,06 \text{ см}^3$$

Приймаємо підживлювач циліндричної форми за специфіки конструкції виливка.

Приймаємо $a = 11,0$ см, $b = 8,5$ см [12], тоді висота підживлювача:

$$h = \frac{V_p}{a \cdot b}, \quad (4.4)$$

де a - довжина підживлювача, см;

b - ширина підживлювача, см.

$$h = \frac{282.06}{11 \cdot 8,5} = 2,9 \text{ см.}$$

Приймаємо висоту підживлювача рівною 60 мм.

4.2 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Приймаємо нижню ливникову систему, так як вона рекомендується для виливків подібної форми і в найбільшій мірі забезпечує спокійне заповнення форми виключаючи спінювання, розбризкування та окислення розплаву, добре затримує неметалеві включення, що знаходяться в розплаві і можуть потрапити у форму, сприяє задовільній заповнюваності і послідовному витискуванню повітря та газів із порожнини форми. Нижня ливникова система легко відділяється при обрубці, витрата металу на неї менша ніж на вертикально - щільову систему.

Таким чином, нижня ливникова система в залежності від конкретних розмірів виливка і умов лиття повністю чи частково виконує три основні функції: заповнюємість, ламінарність, шлакозатримку.

Виходячи з маси відливка 10,78 кг та висоти 18,5 см задаємо співвідношення:

$$F_c : F_k : F_{жс} \quad (4.5)$$

де F_c - площа перерізу стояка, см²;

F_k - площа поперечного перерізу колектора, см²;

$F_{жс}$ - площа поперечного перерізу живильника, см².

Визначаємо висоту стояка:

$$h_c = h_{відл} + h_{нід}, \quad (4.6)$$

де $h_{відл}$ - висота відливка, см;

$h_{нид}$ - висота підживлювача, см.

$$h_c = 18,5 + 6 = 24,5 \text{ см.}$$

Виходячи із залежності між висотами стояка і чаші, яка приведена [12] для $h = 245$ мм приймаємо висоту чаші $H_q = 60$ мм.

Розраховуємо початковий гідростатичний напір по формулі:

$$H_o = h_q + h_c, \quad (4.7)$$

де h_q - рівень розплаву в чаші, мм; приймаємо $h_q = 55$ мм;

h_c - висота стояка, мм.

$$H_o = 245 + 55 = 300 \text{ мм.}$$

По кресленню відливка знаходимо площу перерізу А-А на рівні підводу розплаву.

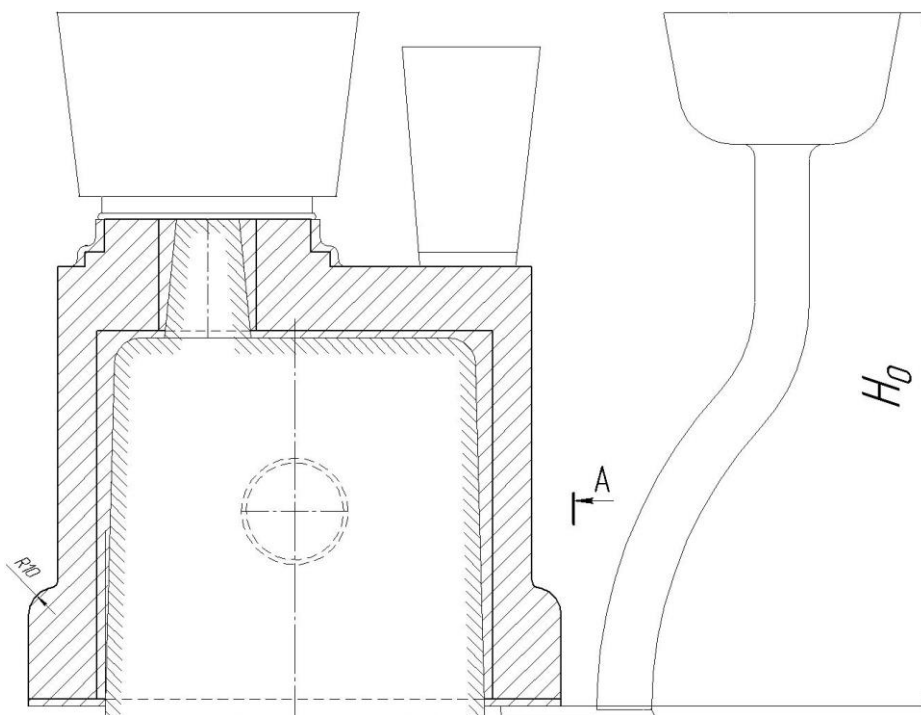


Рисунок 4.1 - Схема до розрахунку ливникової системи.

$$F_{\phi} = \pi \cdot r^2 - 2 \cdot \pi \cdot r_1^2, \quad (4.8)$$

де r - радіус відливка, см;

r_1 - радіус отвору, см.

$$F_{\phi} = 3,14 \cdot 7,6^2 - 2 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 24,36 \text{ см.}$$

Знаходимо середній розрахунковий напір по формулі:

$$H_p = H_0 - \frac{h_{відл}}{2}, \quad (4.9)$$

де H_0 - розрахунковий гідростатичний напір, см;

$h_{відл}$ - висота відливка, см (лист БР-131.24.24.01.00.00).

$$H_p = 30,0 - \frac{18,5}{2} = 20,75 \text{ см.}$$

Визначаємо розрахункову швидкість руху розплаву по стояку по номограмі для бокової ливникової системи (тип Л-2А) [13]. При $d_{сн} = 0,016$ м - діаметр стояка в нижньому перерізі; $H_0 = 0,384$ м - початковий гідростатичний напір; $L_k = 0,140$ м - довжина колектора; $n = 1$ - кількість живильників; і для $F_c: F_k: F_{жс.} = 1:2:3$, швидкість руху розплаву становить $V_c = 1,3$ м/с.

Максимально допустима швидкість руху розплаву визначається по [13] $V_{стах} = 1,86$ м/с.

Виливок по конфігурації відноситься до категорії простих, тому витрату розплаву визначаємо за формулою:

$$Q_{\phi} = R \cdot P_{\phi}, \quad (4.10)$$

де $R = 2...6$ - коефіцієнт заповнюваності [12]. Приймаємо $R = 2$;

P_ϕ - периметр перерізу форми в місці підводу розплаву:

$$P_\phi = 2 \cdot \pi \cdot r + 2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1, \quad (4.11)$$

$$P_\phi = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,6 + 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5,0 = 110,52 \text{ см},$$

$$Q_\phi = 2 \cdot 110,52 = 221,056 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Визначаємо середню швидкість підйому розплаву у формі, за формулою:

$$V_\phi = \frac{Q_\phi}{F_\phi}, \quad (4.12)$$

де Q_ϕ - витрата розплаву, $\text{см}^3/\text{с}$;

F_ϕ - площа перерізу відливка, см^2 .

$$V_\phi = \frac{221,056}{24,36} = 9,07 \text{ см/с}$$

З джерела [13] для відливка товщиною $\sigma_{\text{від}} = 21 \text{ мм}$ і висотою $h_{\text{від}} = 1185 \text{ мм}$ знаходимо мінімальну швидкість підйому розплаву $V_{\phi \text{ min}} = 0,45 \text{ см/с}$.

Оскільки $V_\phi > V_{\phi \text{ min}}$, то заповнюваність форми буде забезпечено.

Визначаємо площу перерізу стояка за формулою:

$$F_c = \frac{Q_\phi}{V_c}, \quad (4.13)$$

де Q_ϕ - витрата розплаву, $\text{см}^3/\text{с}$;

V_c - розрахункова швидкість руху розплаву в стояку, см/с.

$$F_c = \frac{221,056}{130} = 1,9 \text{ см}^2.$$

Визначаємо діаметр стояка:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi}}, \quad (4.14)$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,9}{3,14}} = 1,56 \text{ см},$$

Приймаємо $D_c = 16$ мм.

Оскільки при вільному падінні течії розплаву в стояку її швидкість збільшується то переріз течії постійно зменшується зверху вниз. Якщо вертикальному каналу не надати конусність, то при заливці в стояку буде відбуватись підсмоктування повітря через роз'єм форми. При цьому самим небезпечним є верхній переріз стояка.

Для каналу круглого перерізу:

$$d_{cv} \geq d_{cn} \sqrt[4]{\frac{\mu_c^2 \cdot H}{\mu_r^2 \cdot h_r}}, \quad (4.15)$$

де d_{cv} , d_{cn} - відповідно, діаметри верхнього і нижнього перерізу стояка, мм;

$\mu_c = 0,25 \dots 0,95$ - коефіцієнт витрати системи в нижньому перерізі стояка [13];

H - гідростатичний напір, см;

$\mu_r = 0,98$ - коефіцієнт витрати системи в ливниковій чаші [13].

$$H = h_c + h_r, \quad (4.16)$$

де h_c - висота стояка, см;

h_r - висота рівня металу в чаші, см.

$$H = 18,3 + 5,2 = 23,5 \text{ см};$$

$$d_{ce} \geq 14 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,6^2 \cdot 23,5}{0,98^2 \cdot 5,2}} = 15,9 \text{ мм.}$$

Виходячи з раніше прийнятого співвідношення $F_c: F_k: F_{ж}$, [13] для $F_c = 1,9$ см² (ближнє значення $F_c = 2,0$) знаходимо сумарну площу перерізу колектора рівну $F_k = 3,08$ і його розміри, довжину a - 18,5 мм; ширину b = 17,5 мм; висоту h = 18,5 мм.

Визначаємо фактичну швидкість потоку в колекторі за формулою:

$$V_k = V_c \cdot \frac{F_c}{F_k}, \quad (4.17)$$

де V_c - розрахункова швидкість руху розплаву в стояку, см/с;

F_c - площа перерізу відливка, см²;

F_k - площа перерізу колектора, см².

$$V_k = 130 \cdot \frac{1,7}{4} = 55,25 \text{ см/с.}$$

Максимально допустима швидкість визначається за формулою:

$$V_{k \max} = \frac{42}{R_k}, \quad (4.18)$$

де R_k - площа поперечного перерізу колектора, см².

$$V_{\kappa \max} = \frac{42}{0,4} = 105 \text{ см/с.}$$

Оскільки $V_{\kappa} < V_{\kappa \max}$, то умова спокійного протікання розплаву в колекторі буде забезпечена.

Враховуючи, що $F_{\text{жс}} = 3F_c$, приймаємо $F_{\text{жс}} = 3 \cdot 2,0 = 6,0 \text{ см}^2$.

Товщину живильника приймаємо рівною $\delta_{\text{ж}} = 7 \text{ мм}$

Знаходимо висоту живильника:

$$c = \frac{F_{\text{жс}}}{\delta_{\text{ж}}}, \quad (4.19)$$

де $F_{\text{жс}}$ - площа перерізу живильника, см^2 ;

$\delta_{\text{жс}}$ - товщина живильника, см .

$$c = \frac{6}{0,7} = 8,6 \text{ см.}$$

5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка

Технологічний процес виготовлення виливка в кокіль включає в себе такі операції: збирання кокілю, підготовка кокілю до роботи, заливка кокілю, охолодження, видалення, очистка і контроль якості виливка.

Виливка Корпус НШ 100А-3-01 виготовляється в кокіль (лист БР-131.24.24.02.00.00. КС), який монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі. Після збирання кокілю проводиться його розігрів до температури від 250 до 300 °С з допомогою пальника. На розігрітий кокіль наноситься фарба GILLOLIN AL223 пульверизатором. Це протипригарна теплоізолююча фарба у вигляді порошку. Матеріал виготовлення фарби - оксидна кераміка і графіт. Для нанесення фарби на кокіль, необхідно розвести її водою в пропорції 1:5. Фарбу

наносити в два етапи з просушуванням після нанесення першого шару на протязі від 2 до 3 хв. Рекомендований шар фарби - 0,2 мм. В процесі роботи в разі потреби проводити повторне фарбування. Після просушування кокілю, за допомогою гідроприводу машини, кокіль закривається і встановлюються в необхідне положення стержні. Проводять заливку металу.

Метал - алюмінієвий сплав АК5МЗ,5 заливають при температурі 720 °С. Сплав заливається в форму ковшем дозатора ємністю до 20 кг.

Після охолодження і повного затвердіння вилівка за допомогою гідроприводу видаляються стержні з відливка і кокіль розкривається. Виливок знімаються з кокілю захопивши автоматичними кліщами за підживлювач і скидають у тару. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну ділянку.

На очисній ділянці виливки цеховим транспортом подаються на робоче місце біля стрічковий верстата для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 3 мм. Після очистки виливки подаються цеховим транспортом на естакаду очисної ділянки для пред'явлення БТК цеху. Контроль відливоків вибірковий. Контролюються такі параметри:

- твердість (від 75 до 115 НВ) заміряється в частині підживлювача по центру виливка на приладі ТШ-2 при діаметрі шарика 10 мм, навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;
- візуальний огляд виливків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, яка оброблюються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);
- заміряються (базові) розміри відливка, які контролюються.

Виливок Корпус НШ 100А-3-01 перевіряють на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

6 Опис процесу проектування ливарного оснащення

Кокіль для виготовлення відливок Корпус НШ 100А-3-01 виготовляється литтям з сірого чавуну марки СЧ 20 ДСТУ 8833:2019. Для покращення властивостей чавуну його легують такими елементами: Cu - 1 %, V - 0,5 %, Ti - 0,1 %, Sn - 0,2 %, Al - 3 %. Легуючі елементи вводяться в ківш. Після виготовлення вилівка проводиться механічна обробка формують поверхонь кокілю. Кокіль виготовляється без підживлюючої частини, ця частина виготовляється з нелегованого сірого чавуну марки СЧ 20 шляхом механічної обробки заготовки [14]. Частина підживлювача прикріплюється болтами до кокілю (лист БР-131.24.24.02.00.00.КС)

Кокіль має ребра жорсткості для зменшення металоємкості і ваги. Основа кокілю виготовляється з чавуну СЧ 20 того ж складу, що і кокіль.

Стержні круглі виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови [15].

Плоскі стержні виготовляються шляхом механічної обробки плоских заготовок. Контактуючі поверхні з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Бокові стержні виготовляються також шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Всі стержні піддаються термообробці - азотування, товщиною $h = 0,05$ мм (HRC від 30 до 35).

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В бакалаврській роботі розроблена технологічний процес виготовлення виливка Корпус НШ 100А-3-01.

Виконано аналіз конструкції деталі Корпус НШ 100А-3-01 і технологічних умов на виливок, припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розмірів стержнів, вибрано описано обладнання для виготовлення виливків, описано технологічний процес виготовлення виливка і процес проектування ливарної оснастки.

Для виготовлення ливарної оснастки використано якісні матеріали, що дозволило підвищити якість поверхні відливків, стійкість та довговічність кокілю і точність його розмірів.

Розрахована оптимальна ливниково-живильна система, яка є ключовою ланкою для отримання якісних відливок при мінімальній витраті металу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хричиков В. Е., Меняйло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с.
2. Власенко А. М. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – К.: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
3. ДСТУ 2856.1-94 Сплави цинкові. Методи визначення алюмінію. – Введ. 1994–23–11. – Донецьк: Донецький державний науково-дослідний і проектний інститут кольорових металів (ДонНДПІКМ) ТК 11, 1996. – 6 с.
4. ДСТУ 3015-95 Виливки із алюмінієвих сплавів. Загальні технічні умови. Зі зміною № 1 (ІПС № 6-2000) і поправкою (ІПС № 2-2000). – Введ. 1995–23–02. – К.: Науково-виробниче об'єднання спеціальних методів лиття (НВО «НДІСЛ»), 1996. – 7 с.
5. ДСТУ 2839-94 Сплави алюмінієві ливарні. Технічні умови (ГОСТ 1583-93). З поправками (ІПС № 11-95), (ІПС № 4-97), (ІПС № 7-97), (ІПС № 10-97), (ІПС № 2-2004), (ІПС № 11-2005). – Введ. 1994–31–10. – К.: Держстандарт України, 1996. – 10 с.
6. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 212 с.
7. Исин Д. К. Оборудование специальных способов литья: Учебник 1-том. – Казахстан: Алматы СКК, 2017. – 268 с.
8. Некрасов, Г. Б. Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье: учеб. пособие / Г. Б. Некрасов, И. Б. Одарченко. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 223 с.
9. Основы ленточного пиления и станки: учебно-методическое пособие для лабораторных работ / Ю. Р. Маркевич [и др.]; под ред. Э. М. Дечко, Ю. Р. Маркевича. – Минск: БНТУ, 2014. – 80 с.

10. Кашук В. А., Верещагин Ф. Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 480 с.
11. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. – Введ. 2020–24–02. – К.: Технічний комітет стандартизації «Ливарне виробництво» (ТК 177), 2021. – 7 с.
12. Іванова Л. Х. Литникові системи та їх розрахунки: Навч. посібник з грифом МОНУ/ Л. Х. Іванова, В. Є. Хричиков. – Дніпропетровськ: «Дніпро-VAL», 2011.– 504 с.
13. Вейник А. И. Кокиль. – Минск: Наука и техника, 1972. – 352 с.
14. ДСТУ 8833:2019. Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови. – Введ. 2020–01–01. – К.: Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України, 2019. – 10 с.
15. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. – Введ. 2015–22–06. – К.: Технічний комітет зі стандартизації «Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термозміцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція з чавуну та сталі» (ТК 4), 2016. – 8 с.

ДОДАТКИ