

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Матеріалознавства та ливарного виробництва»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка
Кришка НШ100А методом лиття під низьким
тиском»**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ(ОЛ)-21-3СК
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Микита БАРКАР

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Сергій КОНОНЧУК

Рецензент:

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 МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2024 р.

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

_____ Баркар Микита Миколайович .

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення виливка Кришка НШ100А методом лиття під низьким тиском» .
2. Керівник роботи: Конончук Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент .
3. Строк подання роботи до захисту: 15.06.2024 р. .
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: розробка технології лиття під низьким тиском виливка Кришка НШ100А. Виконати огляд існуючих способів виготовлення виливків із алюмінієвих сплавів. Розробити технологію виготовлення виливка Кришка НШ100А методом лиття під низьким тиском.
5. Перелік графічного матеріалу: 1) креслення деталі з нанесенням модельно-ливарних вказівок; 2) креслення ливарної форми в зборі .

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Оглядовий	Конончук С.В.		
Технологічний	Конончук С.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури по темі роботи	10.04.2024	
2	Розрахунки по технологічній частині	30.04.2024	
3	Креслення по технологічній частині	20.05.2024	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2024	
5	Оформлення презентації роботи	15.06.2024	
6	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	15.06.2024	
9	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2024	

Дата видачі завдання

«___»_____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Конончук С.В.

Завдання прийнято до виконання

«___»_____ 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Баркар М.М.

Анотація

БАРКАР Микита Миколайович. Розробка технології виготовлення виливка Кришка НШ100А методом лиття під низьким тиском. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2024. 39 с.

Вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК9МЗ, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву. Для плавки сплаву вибрано плавильні печі K240/126 фірми Nabertherm ємністю 600 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів. Для виготовлення виливків обрано машину лиття під низьким тиском моделі ВРЗ фірми LPM-GROUP. Описано будову, принцип роботи та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки ливарної форми до роботи та технологічний процес лиття. Для відрізання ливників та підживлювачів використовується стрічкопильний відрізний верстат. Обдирка виливків, зачистка залишків ливників виконується на обдирно-шліфувальних верстатах.

Виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок, описано послідовність розробки технологічного процесу виготовлення виливка, розроблені модельно-ливарні вказівки та технічні умови на виливок, розраховано параметри підживлювача, розроблено і сконструйовано ливниково-живильну систему та виконано перевірку її ефективності, описано процес проектування ливарного оснащення, описано технологічний процес виготовлення виливка, вибрано параметри контролю якості відливків. Розроблені технологічні креслення деталі з розробкою модельно-ливарних вказівок та форми в зборі.

Ключові слова: алюміній, виливок, модельно-ливарні вказівки, прес-залишок, лиття під низьким тиском, металопровід, ливникова система.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ	8
1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву	8
1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву	9
1.3. Машина для лиття під низьким тиском алюмінієвих сплавів	13
1.4. Вогнетривкі покриття для ливарних форм та плавильного інструменту	14
1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків	15
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВКА	18
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок	18
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка	19
2.2.1. Вибір припусків на механічну обробку	20
2.2.2. Припуски на усадку	20
2.3. Розрахунок і конструювання підживлювача	21
2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи	24
2.5. Опис технологічного процесу виготовлення відливка	27
2.6. Опис процесу проектування ливарного оснащення	29
3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	30
3.1. Техніка безпеки при роботі з рідким металом	30
3.2. Вимоги безпеки праці	30
3.3. Вимоги до електричного устаткування печей	31
3.4. Протипожежні заходи	33
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	36
ДОДАТКИ	39

ВСТУП

Актуальність роботи. Ливарне виробництво є постачальником виливків для машинобудування, приладобудування, кораблебудування, автомобільного, авіаційного будування, хімічної та багатьох інших галузей промисловості. Алюмінієве литво має широку номенклатуру способів виробництва: в оболонкові форми, піщані форми, по моделям що витоплюються, відцентрове литво, литво з роззосередженою ливниковою системою, литво в кокіль, литво під високим тиском, литво під низьким тиском.

Технологія лиття під низьким тиском застосовується для отримання, тонкостінних та великогабаритних виливків складної конфігурації, тому що керована гідродинаміка заповнення форми дозволяє робити це з мінімальними тепловтратами. Форма заповнюється з розрахунковою швидкістю, що виключає утворення оксидних плівок, незлитин та неспаїв. Тиск газу на розплав у формі під час затвердіння покращує умови кристалізації. Через це підвищується щільність виливків і структура стає більш дрібнозернистою. В результаті для деяких сплавів пластичність збільшується на 50-100%, при цьому щільність виливків зростає до 25%. Використання металопроводу дає додаткові переваги: дозволяє спростити конструкцію ливникової системи та скоротити витрату сплаву на неї, повністю виключена ймовірність попадання флюсів та шлаку з поверхні розплаву печі, оскільки сплав надходить із глибини тигля. При використанні місцевого охолодження форми можна отримати спрямовану кристалізацію для зменшення або виключення усадкових дефектів.

Суть процесу полягає в заповненні порожнини ливарної форми розплавом з наступним затвердінням вилівка при впливі надлишкового тиску повітря або газу. Термін "низький тиск" має на увазі надлишковий тиск менше 0,1 МПа. Тигель з розплавом герметично закривають кришкою, в якій встановлено металопровід. Ливарну форму, встановлену на кришці, з'єднують з металопроводом ливниковою втулкою. Повітря або інертний газ під невеликим тиском надходить по трубопроводу всередину камери установки і тисне на дзеркало металу, змушуючи його підніматись по металопроводу і заповнювати форму. Після затвердіння вилівка тиск над поверхнею

металу зменшують і залишки металу в металопроводі під дією сили тяжіння зливаються назад у тигель.

До недоліків литва під низьким тиском можна віднести відносно високу вартість обладнання та оснащення, порівняно низьку стійкість металопроводу.

Тому вирішення задач розробки технологічного процесу лиття під низьким тиском, розрахунку і проектування ливниково-живильної системи та задач проектування ливарного оснащення є актуальними.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології лиття під низьким тиском виливка «Кришка НШ100А».

Поставлена мета досягнута шляхом вирішення таких задач:

- вибір матеріалів та обладнання для виготовлення виливків та опис роботи ливарного обладнання;
- опис послідовності розробки технології лиття;
- розрахунок і конструювання ливникової системи;
- опис технологічного процесу виготовлення відливка;
- опис процесу проектування ливарного оснащення;
- вибір параметрів контролю якості відливків;
- опис техніки безпеки при литті.

Об'єкт дослідження – технологічний процес лиття під низьким тиском алюмінієвих сплавів.

Предмет дослідження – розробка модельно ливарного оснащення для виготовлення виливка «Кришка НШ100А» методом лиття під низьким тиском.

Практичне значення – розраховано та спроектовано модельно ливарне оснащення для виготовлення виливка «Кришка НШ100А» методом лиття під низьким тиском.

Особистий внесок – Вибрано матеріали, обладнання для виготовлення виливка «Кришка НШ100А» методом лиття під низьким тиском та описано його роботу, розраховано ливниково-живильну систему виливка, описано процес проектування ливарного оснащення та спроектовано креслення модельно ливарних вказівок та форми в зборі.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ

Матеріали та обладнання, що використовуються в ливарному виробництві відіграють значну роль в якості та собівартості відливків, 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. При виборі матеріалів необхідно керуватись їх якістю, доступністю, вартістю, екологічністю та зручністю у використанні.

При литті алюмінієвих сплавів в якості шихтових матеріалів зазвичай використовують чушковий алюміній відповідного хімічного складу, відходи власного виробництва, алюмінієвий лом, тощо. Для корегування хімічного складу використовують чушковий первинний алюміній та різноманітні лігатури, що мають в своєму складі ті чи інші необхідні елементи (мідь, кремній, магній, марганець, титан, олово, тощо).

Для рафінування алюмінієвих сплавів використовують флюси, які внаслідок протікання хімічної реакції з виділенням газів інтенсивно перемішують розплав, захоплюючи неметалеві домішки, виносять їх на поверхню. Після рафінування розплав вистояється. Шлак спливає і його знімають з поверхні металу шлакозчищалкою у спеціально підготовлену виливницю.

1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву

Для виготовлення відливків Кришка НШ 100А-3-02 використовується сплав АК9МЗ ДСТУ 2839-94. Використання цього сплаву забезпечує необхідні механічні властивості (міцність, твердість, відносне видовження) відливків з використанням термічної обробки по режиму Т 5 або Т 6, що значно покращує механічні властивості відливка та якість готової деталі.

Хімічний склад сплаву наведено в табл. 1.1. Механічні властивості сплаву наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сплаву

Сплав	Si	Mg	Cu	Mn	Ti	Zn	Fe	Al
АК9М3	8,0–11,0	0,1–0,5	2,0–3,5	0,1–0,5	До 0,15	До 1,2	< 1,0	Основа

Таблиця 1.2

Механічні властивості сплавів

Сплав	Вид ТО	Границя міцності при розтягу, кгс/мм ² (МПа)	Відносне видовження, %	Твердість, НВ	Лінійна усадка, %	Рідинотекучість (мм) по спіральній пробі
АК9М3	T5, T6	21 (206)	1,3	70–110	1,25	410

Алюмінієві сплави відносяться до кольорових сплавів і завдяки своїм перевагам широко застосовуються для виготовлення виливків в машинобудуванні. Це сплави, які мають алюмінієву основу та один або кілька легуючих елементів, які покращують як механічні (твердість, міцність, відносне видовження), так і спеціальні (оброблюваність різанням, рідинотекучість, пластичність, тощо) властивості.

1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву

Плавку сплаву виконують в тигельній печі опору K240/126 (рис. 1.1) фірми Nabertherm (Німеччина). Перекидні печі з електричним підігрівом характеризуються дуже хорошою якістю розплаву та високою продуктивністю плавлення з оптимальною енергоефективністю. Вони добре підходять для попереднього розплавлення, а також для прямого розливання у великі форми.



Рис. 1.1. Плавильна тигельна піч опору K240/126 фірми Nabertherm

Конструкція печі передбачає:

- Нагрівальні елементи з вільним випромінюванням на опорних трубах для тривалого терміну служби та простоти заміни;
- Багатошарову ізоляцію для оптимальної енергоефективності та низької температури зовнішніх стінок;
- Електрогідравлічний перекидний пристрій для безпечного керування розливкою металу;
- Рівномірний і точний розлив завдяки оптимальній точці повороту;
- Аварійну летку для безпечного зливу розплаву в разі поломки тигля;
- Відсутність викидів газів;
- Інтегровану систему безпеки, яка продовжує роботу печі на зниженому рівні живлення в разі несправності термопар, щоб запобігти замерзанню розплаву;
- Обмежувач перегріву в камері печі для захисту від перегріву.

Ємність печі 600 кг. Швидкість плавки 120 – 180 хв.

Технічні характеристики печі наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики тигельної печі опору K240/126

Параметр, од. вим.	Значення
Продуктивність, кг/год	200
Максимальна температура нагрівальних елементів, °C	1200
Максимальна температура металу, °C	1050
Ємність печі, кг	600
Споживання електроенергії, кВт год/кг	0,4
Габаритні розміри машини, мм:	
довжина	2260
ширина	1760
висота	1860
Маса печі, кг	2800

Перед початком плавки тигель печі поступово нагрівають до робочої температури 900 °C. Метал завантажують у розігрітий тигель.

Завалку шихтових матеріалів виконують згідно розрахунку шихти у наступній послідовності: відходи власного виробництва (ливники, підживлювачі, браковані деталі), що за хімічним складом відповідають готовому сплаву АК9МЗ, чушковий сплав АК9МЗ. Лігатури (мідна, марганцева) використовують за необхідності для коригування хімічного складу сплаву.

Для модифікування сплаву використовують препарат EUTEKTAL T200. Використання даного препарату забезпечує подрібнення зерен, покращення структури і, як наслідок, покращення механічних властивостей виливка.

Після розплавлення металу для його очищення від газових та металевих включень перед розливкою в машини лиття під низьким тиском, проводять рафінування з використанням пробат флюсу АЛ224. Послідовність рафінування наступна:

- набрати необхідну кількість пробат флюсу спеціальною міркою;
- загорнути флюс у папір у вигляді конверту таким чином, щоб товщина конверта не перевищувала 10 мм;

- підготувати плавильний інструмент до рафінування: занурний дзвоник, шлакозчищалка повинні бути пофарбовані вогнетривкою фарбою на основі окису цинку та ретельно просушені, виливниці для збору шлаку повинні бути очищені та просушені;

- Вставити конверт з флюсом в занурний дзвоник;

- занурний дзвоник з флюсом вводити в середину ванни з металом на глибину 50 – 100 мм від дна ванни, температура металу при цьому повинна бути 720 – 730 °С;

- при рафінуванні виконувати рухи занурним дзвоником по спіралі від центра до країв та в зворотному напрямку, а також знизу до гори протягом 5 – 8 хв.;

- по закінченню рафінування занурний дзвоник витягти з розплаву та ретельно очистити. Закінченням рафінування вважати зупинення бурління металу;

- після рафінування розплав витримати протягом 10 – 15 хв.;

- поверхню розплаву ретельно очистити від шлаку шлакозчищалкою.

Шлак зібрати в підготовлену виливницю;

- провести розливку металу;

- у випадку вистоювання сплаву після рафінування більше 60 хв необхідно провести повторне рафінування;

- по закінченню роботи вибити шлак з виливниці в спеціально виділену тару.

Транспортування рідкого металу від плавильної печі до машин лиття під низьким тиском здійснюється за допомогою барабанних ковшів ємністю 600 кг. Перед заливкою металу футеровка ковша повинна бути прожареною газовим пальником до температури 800 °С.

Під час плавки частина металу втрачається в результаті утворення шлаку, оксидних плівок, угару та в процесі розливки у вигляді зливів і сплесків. Втрати при плавці алюмінієвого сплаву АК9МЗ в плавильній печі опору К240/126 приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Втрати при плавлі алюмінієвих сплавів

Марка сплаву	Види втрат, %			
	Шлак	Оксидні плівки	Угар	Загальні втрати
AK9M3	4,500		1,610	6,110

1.3. Машина для лиття під низьким тиском алюмінієвих сплавів

Для виготовлення виливка Кришка НШ 100А використовуються машини лиття під низьким тиском мод. BP3 (рис. 1.2) фірми LPM-GROUP (Італія) з гідравлічним приводом. Технічна характеристика даної машини представлена в табл. 1.5:



Рис. 1.2. Машина лиття під низьким тиском мод. BP3 фірми LPM-GROUP

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика машини лиття під низьким тиском мод.
BP3 фірми LPM-GROUP

Параметр, од. вим.	Значення
Продуктивність, відл./год	25
Зусилля запирання форми, т	25
Розміри затискних плит для форми, мм	800x800
Хід рухомої плити, мм	1030
Розміри кокіля, мм	200x1000x800
Габаритні розміри машини, мм:	
довжина	3410
ширина	2350
висота	4100
Маса машини, кг	9300

1.4. Вогнетривкі покриття для ливарних форм та плавильного інструменту

Для захисту плавильного інструменту та ливарної форми від впливу рідкого металу використовують вогнетривкі покриття на основі окису цинку, графітової або графіто-керамчної основи наступного складу (табл. 1.6) :

Таблиця 1.6 – Склад вогнетривких покриттів для форм
та плавильного інструмента

Складова покриття	Номер покриття			
	П1	П2	П3	П4
Окис цинка	50 г	250 г	450 г	—
Вода технічна	1 л	1 л	1 л	1 л
Рідке скло	—	100 г	—	—
Gillolin A1223	—	—	—	250 г

Порядок приготування покриттів (П1, П2, П3) на основі окису цинку наступний. В ємність для приготування покриттів налити воду, підігріту до

температури 60 – 80 ° С. Просіяти окис цинку через сито з вічком 0,5 мм. Засипати в воду просіяний окис цинку, дотримуючись пропорцій та ретельно перемішати. При приготуванні покриття П2 додати рідке скло у вказаній пропорцій та ретельно перемішати.

Порядок приготування покриття (П4) на основі препарату Gillolin A1223 наступний. Ємність для приготування покриття наповнити однією об'ємною частиною препарату Gillolin A1223. В ємність додати від 3 до 5 об'ємних частин води з температурою оточуючого середовища (20 °С). Суміш ретельно перемішати до отримання однорідного складу.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на плавильний інструмент такий. Перед нанесенням вогнетривкого покриття на плавильний інструмент (ковші, зчищальники, дзвінок) їх очищують від старого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень та наносять тонкий рівномірний шар вогнетривкого покриття пульверизатором, пензлем, або занурюють у об'єм покриття. Після нанесення вогнетривкого покриття плавильний інструмент нагрівають до температури 150 – 200 С °. Покриття відновлюють по мірі його руйнування.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на форму наступний. Перед нанесенням вогнетривкого покриття формоутворюючу порожнину очищують від старого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень. Продувають половини форми стиснутим повітрям. Прогрівають форму за допомогою інжекційного пальника. Нагрівають форму до температури 150–200° С. За допомогою пульверизатора фарбують формоутворюючі поверхні вогнетривким покриттям. Просушують покриття за допомогою інжекційного пальника на протязі 5 – 7 хвилин. Форму фарбують по мірі руйнування покриття.

1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків

Для відрізання прес-залишків використовують стрічкопильний верстат JET HVBS-812 R, технічна характеристика якого вказана у табл. 1.7. Стрічкопильний верстат по металу JET HVBS-812RKT призначений для різання таких металів, як

алюміній та його сплави, інші кольорові і чорні метали і сплави. Ці верстати характеризуються високою продуктивністю, надійністю, жорсткістю конструкції при відносно невеликих розмірах та зручності монтажу. У даному стрічкопильному верстаті можливе різання матеріалів під кутом, яке забезпечується завдяки використанню поворотних лещат або шляхом повороту плеча пили. Для пилок великих розмірів можна використовувати систему охолодження.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика
стрічкопильного верстата JET HVBS-812 R

Зона обробки при 90°	Діаметр 200 мм
	180x305 мм
Зона обробки при 45°	Діаметр 127 мм
	120x125 мм
Розміри полотна пили	19x0,9x2362 мм
Регулювання лещат	0 - 45°
Діаметр шківів пили	290 мм
Швидкості пластин	25, 40, 60, 80 мм/хв
Потужність мотору	600 Вт/с
Ємність для охолоджувальної рідини	8 літрів
Продуктивність	0,2 т/год
Габаритні розміри верстата	1780x790x1120 мм
Маса	120 кг

Для фінішної очистки виливків використовуємо обдирно-шліфувальні верстати (табл. 1.7). Обдирно-шліфувальний верстат мод. 3М634 призначений для зачищення та обдирки виливків від облоя, залишків ливниково живильної системи, заусенців та інших виступів. Також на даному верстаті можна виконувати різноманітні слюсарні роботи – зняття задирок, фасок, обдирки

ливників, заточування металорізального, деревообробного та іншого інструменту, точіння та профілювання металевих матеріалів, тощо.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика обдирно-шліфувального верстату

Характеристика	Величина	Одиниці
Кількість шліфувальних кругів	2	шт
Діаметр круга	400	мм
Максимальна ширина круга	40	мм
Посадковий діаметр круга	203	мм
Висота центру круга від підлоги	850	мм
Відстань між кругами	700	мм
Частота обертання шпинделя	1398	об/хв
Маса виливків	20	кг
Живлячий струм	380	В
Потужність двигуна	2,8	кВт
Годинна продуктивність	0,3...0,5	т/год
Габарити верстата	900x600x1200	мм
Маса	450	кг

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВКА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних вимог на відливки

Деталь кришка – НШ 100-3-01Б виготовляється литтям під низьким тиском з алюмінієвого сплаву марки АК9М2. Хімічний склад та механічні властивості сплаву подані в розділі 1 таблиці 1.1 і 1.2.

Габаритні розміри деталі $\varnothing 190 \times 27,7$.

Згідно конструкції насосу кришка призначена для закриття отвору корпусу насосу, який служить для переміщення масла по гідросистемі. Виходячи з цього, кришка має округлу форму. Для зменшення металоємкості виробу, а також для надання відливку додаткової міцності на кришці передбачено ребра жорсткості. Загалом конструкція кришки досить проста.

Максимальна товщина стінки відливка 27,7 мм, мінімальна 14,7 мм.

Відливаються шість ребер жорсткості і технологічна решітка, які отримуються за допомогою металевої вставки. Технічні вимоги допускають на поверхнях, що 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 № 2 шкали пористості по ДСТУ 3015-95, а зональна не вище бала 3 шкали пористості по ДСТУ 2839-94.

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

Зовнішня поверхня відливка залежить від внутрішньої поверхні прес форми а внутрішня поверхня в свою чергу оформляється блоком формоутворюючих і вставок.

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

Розробка технологічного процесу виготовлення відливка включає в себе: визначення положення відливка в формі лінії роз'єму форми, розміщення підживлювача, визначення місця підводу металу.

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

Відливки має просту зовнішню поверхню, що обробляється з однієї сторони (плоскої) і литу поверхню зі сторони ребер жорсткості. Для забезпечення однакових властивостей відливка, раціонального розміщення підживлювача і направленої затвердіння, а також щоб звести число ліній роз'єму до мінімуму приймаємо:

1. Положення відливка в формі на торець так, що поздовжня вісь відливка паралельна вертикальній лінії роз'єму.

2. Підживлювач встановлено в нижній частині плоскої поверхні, що обробляється для забезпечення вільного підживлення відливка і направленої затвердіння.

3. Постановку ребер жорсткості проводити зверху, а вставки монтуються безпосередньо на матриці.

Таким чином, положення відливка в формі, місце знаходження підживлювача і лінії роз'єму дає такі переваги:

1. Відливки легко видаляється з форми, що здешевлює її виготовлення.

2. Відливки не має виступаючих частин, що зменшує число вставок до мінімуму а також спрощує виготовлення внутрішньої поверхні форми.

3. Відливки має ливарні ухили на механічну обробку з внутрішньої сторони 3 мм і з зовнішньої сторони також 3 мм.

4. Відливки виготовляється в прес формі з простою лінією роз'єму (горизонтальною), що збільшує стійкість кокілю.

5. Конструкція відливка забезпечує рівномірне охолодження.
6. Відсутні гострі внутрішні кути, глибокі отвори малого діаметру, що спрощує внутрішню поверхню кокілю.
7. Базова частина відливка розміщена в одній частині кокілю, що забезпечує точність його розмірів.
8. З аналізу конструкції деталі слідує, що:
 - а) деталь має просту поверхню;
 - б) деталь має різні отвори, тому конструкція відливка змінена і дещо відрізняється від конструкції окремої деталі. Це полегшує виготовлення відливків з застосуванням складних стержнів, а головне окремі деталі відливка легше обробляються.

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

Припуски на механічну обробку приймаємо [2]:

- зовнішні нижні поверхні – 0,7 мм (компенсується ухилом в сторону збільшення тіла відливка);

- верхні поверхні - 1 мм.

Допуски на розміри відливка:

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 відливка при вибивці приймаємо 3° .

2.2.2. Припуски на усадку. Під припуском на усадку розуміють збільшення всіх лінійних розмірів форми на величину усадки матеріалу відливка. Припуск на усадку виражається у відсотках від розмірів відливка. З урахуванням матеріалу відливка (алюмінієвий сплав АК5М2) усадку приймаємо 1,8 – 1,9 %.

2.3. Розрахунок і конструювання підживлювача

Для компенсації ефектів усадкового характеру використовують підживлювачі – додаткові об'єми металу, які підживлюють термічні вузли вилівка під час кристалізації. У випадку застосування технології лиття під низьким тиском мова йде про прес-залишок – частина затверділого металу, яка не входить в конфігурацію вилівка і відрізається від нього. Одним із важливих етапів розрахунку підживлювача є визначення його оптимальної конфігурації виходячи з того, що підживлювач слугує резервуаром рідкого металу та забезпечує живлення відливка. 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.

Висота підживлювача визначається головним чином глибиною залягання усадочної раковини. Чим вона глибше, тим більшу висоту повинен мати підживлювач, щоб вивести усадочну раковину підживлюємого вузла відливка у підживлювач.

Для визначення глибини залягання усадочної раковини в підживлювачі з достатньою для практичних потреб точністю застосовуємо формулу Б. В. Гуляева:

$$Z = \frac{\alpha(V_0 - V_n)}{2S_p} + \sqrt{\left[\frac{\alpha(V_0 - V_n)}{2S_p} \right]^2 + m^2 x^2}, \text{ см,}$$

де Z – глибина області усадочної раковини;

α – коефіцієнт об'ємної усадки сплаву, $\alpha = 0,038$;

V_0 – об'єм відливка, см^3 ;

V_n – об'єм підживлювача, см^3 ;

m – постійна величина; для закритих підживлювачів $m = 1$, для відкритих $m = 2$;

x – найменша відстань від зовнішньої поверхні відливка до поверхні кінця затвердіння (для прямокутних підживлювачів x – половина ширини в нижньому перерізі).

S_p – середня площа горизонтального перерізу області усадочної раковини.

Область усадочної раковини має форму конуса або клина. Тоді для визначення значень x і S_p у круглому підживлювачі довжиною 180 мм, шириною вгорі $2R_1 = 70$ мм, знизу $2R_2 = 40$ мм.

$$S_p = R_1 L - \frac{2}{3} R_1 R_2 = 3 \cdot 18 - \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2,5 = 49 \text{ см}^2$$

$$x = R_2 = 2,5 \text{ см}$$

Об'єм підживлювача дорівнює :

$$V = L \cdot \frac{2R_1 + 2R_2}{2} \cdot H_{np} = 18 \cdot \frac{6 + 5}{2} \cdot 10 = 990 \text{ см}^3$$

Об'єм відливка:

$$V_{\text{відл}} = \frac{G_{\text{відл}}}{\rho_{\text{відл}}} = \frac{8340}{2,5} = 3336 \text{ см}^3.$$

Підставляючи у вихідну формулу, одержимо:

$$Z = \frac{0,038(3336 - 990)}{2 \cdot 49} + \sqrt{\left[\frac{0,038(3336 - 990)}{2 \cdot 49} \right]^2 + 1^2 \cdot 1,25^2} = 2,75 \text{ см}$$

Основні вимоги до підживлювача при визначенні його висоти полягають в тому, що глибина області усадочної раковини повинна займати заздалегідь задану частину висоти підживлювача:

$$\frac{Z}{H_{np}} = \sigma,$$

де H_{np} – висота підживлювача, см;

σ – коефіцієнт запасу.

При $\sigma = 1$ усадочна раковина не виходить за межі підживлювача.

Необхідна висота підживлювача визначається за формулою :

$$H_n = \frac{V_0}{\sigma S_p} \cdot \frac{\alpha}{2 \left(1 - \frac{\alpha F}{\sigma S_p} \right)} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \left(1 - \frac{\alpha F}{\sigma S_p} \right) \left(\frac{2m S_p R_L}{\alpha V_0} \right)} \right],$$

де α – коефіцієнт усадки сплаву від температури заливки до температури ліквідус ($\alpha = 0,035$)(800°C - 620°C);

$2R_L = 6$ – ширина підживлювача вгорі (3 см);

S_p – середня площа поперечного переріза підживлювача;

σ – коефіцієнт запасу, $\sigma = 0,75$.

$$H_n = \frac{3336}{0,75 \cdot 490} \cdot \frac{0,035}{2 \left(1 - \frac{0,035 \cdot 490}{0,75 \cdot 49} \right)} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \left(1 - \frac{0,035 \cdot 54}{0,75 \cdot 49} \right) \left(\frac{2 \cdot 49 \cdot 6}{0,035 \cdot 3336} \right)} \right] = 1 \text{ см}$$

2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи

Приймаємо сифонну ливникову систему, оскільки вона обумовлена особливостями застосування технології лиття під низьким тиском. Машина для лиття під низьким тиском працює таким чином, що метал з тигля по металопроводу потрапляє в ливарну форму знизу. Підведення металу знизу широко використовується для відливків 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 витисканню повітря та газів із порожнини форми. Нижня ливникова система легко відділяється при відрізанні, витрата металу на неї менша ніж на вертикально - щільову систему.

Таким чином, нижня ливникова система в залежності від конкретних розмірів відливка і умов лиття повністю чи частково виконує чотири основні функції: заповнюємість, ламінарність, шлакозатримку, направлене затвердівання. Вона в найбільшій мірі відповідає вимогам, що пред'являються до ливникових систем, і отримала найбільше розповсюдження при литті відливків із легких сплавів.

Розраховуємо початковий гідростатичний напір по формулі:

$$H_o = h_e + h_m,$$

де h_e - рівень розплаву в відливку, мм; приймаємо $h_e = 30$ мм;

h_m – висота металопроводу (відстань від прес форми до нижнього рівня металу в тиглі), мм; приймаємо $h_m = 1000$ мм.

$$H_o = 30 + 1000 = 1030 \text{ мм.}$$

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

розплаву.

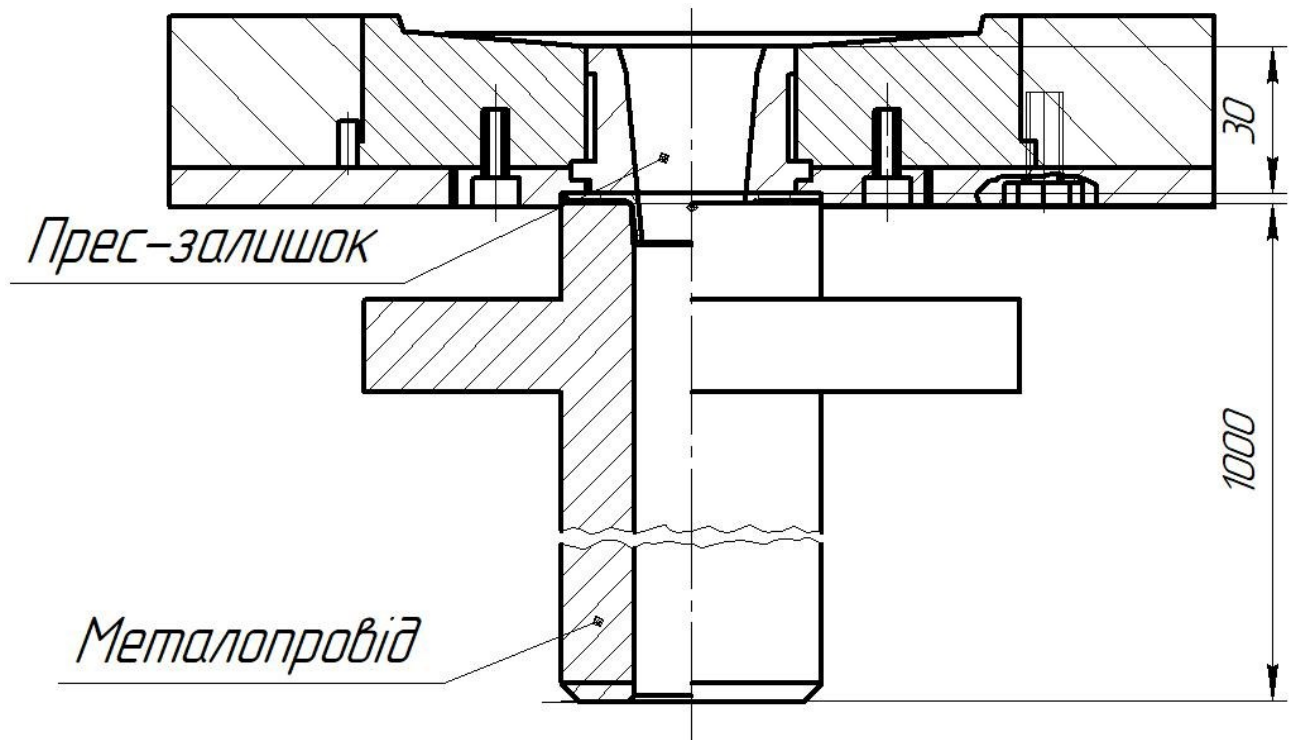


Рис. 2.1. Схема до розрахунку ливникової системи.

Знаходимо середній розрахунковий напір по формулі:

$$H_p = H_0 - \frac{h_{\text{відл}}}{2},$$

де H_0 - розрахунковий гідростатичний напір, см;

$h_{\text{відл}}$ - висота відливка, см.

$$H_p = 103,0 - \frac{3,0}{2} = 101,5 \text{ см.}$$

Визначення розрахункової швидкості руху розплаву по металопроводу.

По номограмі рис.69 [3] для нижньої ливникової системи (тип Л-2А):

$d_{\text{сн}} = 0,04$ м - діаметр стояка в нижньому перерізі;

$H_0 = 1$ м - початковий гідростатичний напір;

$L_k = 0,0$ м - довжина колектора;

$n=1$ - кількість живильників.

Швидкість руху розплаву $V_c = 1,3$ м/с.

Максимально допустима швидкість руху розплаву визначається по таблиці 24 [3] $V_{cmax} = 1,86$ м/с.

Відливки по конфігурації відносяться до категорії простих, тому витрату розплаву визначаємо за формулою:

$$Q_\phi = R \cdot P_\phi,$$

де $R = 2 \dots 6$ - коефіцієнт заповнюваності. Приймаємо $R = 2$;

P_ϕ - периметр перерізу форми в місці підводу розплаву:

$$P_\phi = 2 \cdot \pi \cdot r,$$

$$P_\phi = 2 \cdot 3,14 \cdot 19 = 119,32 \text{ см},$$

$$Q_\phi = 2 \cdot 119,32 = 238,64 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Визначаємо середню швидкість підйому розплаву у формі, за формулою:

$$V_\phi = \frac{Q_\phi}{F_\phi},$$

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

F_ϕ - площа перерізу відливки, см^2 .

$$V_\phi = \frac{238,64}{283,4} = 0,84 \text{ см/с}$$

По табл. 7 [3] для відливка товщиною $\sigma_{від} = 30$ мм і висотою $h_{від} = 30$ мм знаходимо мінімальну швидкість підйому розплаву $V_{ф\ min} = 0,45$ см/с.

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

2.5. Опис технологічного процесу виготовлення відливка

Технологічний процес виготовлення відливка методом лиття під низьким тиском включає в себе такі операції: форми, підготовка форми до роботи, заливка форми, охолодження відливка, видалення відливка, очистка і контроль якості відливка.

1. Відливки кришки НШ 100-3-01Б виготовляється в фрмі, яка монтується на гідравлічну машину для лиття під низьким тиском моделі ВРЗ фірми LPM-GROUP, прес форма монтується на штоки бокових гідро циліндрів та на направляючі. Також вмонтовані вставки.

2. Після збирання форми проводиться її розігрів до температури 250...300 °С з допомогою пальника.

3. На розігріту форму наноситься фарба GILLOLIN AL223 пульверизатором. Це протипригарна тепло ізолююча 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 2-3 хв. Рекомендований шар фарби - 0,2 мм. В процесі роботи в разі потреби проводити повторне фарбування.

4. Після просушування форми, за допомогою гідроприводу машини, вона закривається і встановлюються в необхідне положення напівформи. Можна проводити заливку металу.

5. Метал - алюмінієвий сплав АК9М2 (хімічний склад, механічні властивості вказані в розділі 1 таблиця 1.1, 1.2). Температура заливки сплаву 720 °С Сплав заливається в форму завдяки створенню в камері машини надлишкового тиску, рівного розрахунковому статичному напору.

6. Після охолодження і повного затвердіння відливка за допомогою гідроприводу видаляються стержні з відливка, форма розкривається і виштовхувачі виштовхують відливки з форми.

7. Відливки знімаються з форми захопивши кліщами за підживлювач і скидають у тару. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну ділянку.

8. На очисній ділянці відливки цеховим транспортом подаються на робоче місце біля стрічковий верстат для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 3 мм.

9. Після очистки відливки подаються цеховим транспортом на естакаду очисної ділянки для пред'явлення ВТК. Контроль відливків вибірковий. Контролюються такі параметри:

- твердість (90... 110 НВ) заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі шарика 10 мм, навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;

- візуальний огляд відливків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що оброблюються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);

- заміряються (базові) розміри відливка, що контролюються.

10. Відливки кришки перевіряють на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

Інструмент:

- счищальник 0160 – 4002,
- фарборозпилювач 0304 – 4001,
- молоток 4850 – 0034 ГОСТ 2310 – 77,
- терпуг 2820 – 0034,
- кліщі 001 – 4001,
- клеймо заливщика 0415 – 4065 – 06,
- шабер 0160 – 4004,
- виколотка 0401 – 4084 – 03.

2.6. Опис процесу проектування ливарного оснащення

Форма для виготовлення відливків кришка НШ 100-3-01Б виготовляється литтям з сталі 45. Для покращення властивостей сталі її легують такими елементами: Cu - 1 %, V - 0,5 %, Ti - 0,1 %, Sn - 0,2 %, Al - 3 %. Легуючі елементи вводяться в ківш. Після виготовлення відливка проводиться механічна обробка формуютьовуючих поверхонь форми.

Форма має ребра жорсткості для зменшення металоємкості і ваги. Основа форми виготовляється з сталі 45 того ж складу, що і форма.

Вставки (див. креслення) виготовляються шляхом механічної обробки плоскої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал вставок також сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Бокові формуютьовуючі і плиту низу виготовляються також шляхом механічної обробки плоскої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал - сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Виштовхувачі виготовляються шляхом механічної обробки циліндричної заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал - сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Всі формуютьовуючі поверхні піддаються термообробці - азотування, товщиною $h = 0,05$ мм (HRC30...35).

3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

В якості спецодягу в ливарному цеху алюмінієвого литва використовуються:

1. Засоби індивідуального захисту рук. Спеціальні рукавички для захисту від термічного впливу ДСТУ EN 407:2005.
2. Костюм суконний ДСТУ ISO 2801:2003.
3. Щиток захисний ДСТУ ЕМ 166-2001.
4. Взуття спеціальне з верхом із шкіри для захисту від механічних впливів ДСТУ 3835-98.

3.1. Техніка безпеки при роботі з рідким металом

У ливарних цехах, де є у великій кількості рідкий метал, особливо гостро стоїть питання про безпечну експлуатацію печей для плавки і витримки рідкого металу, а також його транспортування в ковшах і розливання.

При потраплянні рідкого металу на воду, іншу рідину, або на вологу поверхню відбувається миттєвий випар рідини і викид рідкого металу. Тому приямки плавильних печей і печей витримки повинні бути сухими, щоб при влученні в них рідкого металу не було його викидів. Транспортувальні ковші для рідкого металу повинні бути попередньо висушені і прожарені. Форми для заливання рідкого металу також попередньо просушують.

3.2. Вимоги безпеки праці

1. До роботи на печах допускаються особи, ознайомленні з правилами електробезпеки і методами безпечного ведення робіт з підготовки печі, завантаженням шихти, плавці металу.

2. Всі роботи, по виконанню технологічних операцій, робити в спецодязі, передбаченої нормами і правилами техніки безпеки для плавильників і

заливальників рідких сплавів, у захисних окулярах.

3. Всі шихтові матеріали зберігати в сухому приміщенні.

4. Відходи виробництва і свіжих матеріалів повинні бути сухими і не мати сторонніх включень.

5. Перед кожною плавкою необхідно робити огляд тигля, і тільки у випадку задовільного його стану, виконувати завантаження шихти.

6. Весь плавильний і допоміжний інструмент у місцях, що стикаються з розплавленим металом, перед зануренням у метал, повинен бути підігрітий і пофарбований протипригарної фарбою наступного складу:

Білила цинкові -5%

Рідке скло - 2% .

Інше вода - 93%

7. Під час рафінування металу не опускати швидко дзвіночок на дно тигля щоб уникнути викиду сплаву.

8. Виливниці, перед розливанням у них рідкого металу, повинні бути пофарбовані і просушені. Категорично забороняється розливати сплав у сирі виливниці.

9. По закінченні роботи привести робоче місце в порядок, а інструмент почистити і забрати на спеціально відведене місце.

10. На вихідні дні злити метал з печей в виливниці.

3.3. Вимоги до електричного устаткування печей

Всі апарати і прилади на печах треба розташовувати таким чином, щоб було забезпечено безпечне обслуговування і щоб, виникаючі в апаратах при їхній експлуатації іскри або електричні дуги не могли заподіяти шкоди обслуговуючому персоналу, викликати коротке замикання або замикання на землю. Від відкритих частин, що перебувають під напругою, до огороження повинні бути забезпечені відстані: не менш 100 мм при сітках і 50 мм при суцільних знімних огороженнях.

Електричні апарати (пускачі, контактори й т.д.) і пірометричні прилади рекомендується встановлювати на роздільних щитах.

Не допускається прокладка в одній трубі проводів пірометричних ланцюгів із проводами електроживлення.

Необхідно повністю виключити можливість випадкового дотику обслуговуючого персоналу до нагрівальних елементів, що перебувають під напругою вище 36 В. Із цією метою застосовують блокування, що відключають печі від мережі при відкриванні кришки.

Зазначені вимоги поширюються на печі, що працюють при напрузі до 1 кВ. До печей, що працюють при напрузі вище 1 кВ, пред'являються більш тверді вимоги, що обмовляють у правилах експлуатації електроустановок. У печах із примусовою циркуляцією робочої атмосфери, у яких не виключається викид гарячого газу через відкритий проріз печі, повинно бути передбачене блокування, що відключає живлення електродвигунів пічних вентиляторів, що забезпечують циркуляцію пічної атмосфери перед відкриттям заслінки або кришки.

У печах з механізованим підйомом і опусканням заслінок повинна бути виключена можливість мимовільного опускання заслінок при відключенні або поломці механізму. Пристрої, що створюють полум'яні завіси, а також продувні свічі і отвори печей повинні бути обладнані запальниками, що забезпечують запалення вихідних газів.

Електричний опір між електронагрівачами і корпусом холодної печі із просушеною футеровкою повинен бути не менш 0,5 МОм.

Додаткові вимоги до індукційних печей: електричний опір ізоляції між індуктором і корпусом печі повинен бути не менш значення, отриманого з розрахунку 1 кОм на 1 В номінальної напруги індуктора. Опір ізоляції між окремими частинами кожуха печі, а також між всіма стяжними болтами і кожухом повинні бути не менш 0,5 МОм.

3.4. Протипожежні заходи

Правила пожежної безпеки при роботі з газовими і електричними печами в кожному конкретному випадку передбачають порядок проведення робіт, що виключає виникнення пожежі. Найбільшу небезпеку в пожежному відношенні представляють газові печі. Дуже небезпечні викиди мастила з гартівних баків, що приводять до того, що масло, що розлилося, як правило, має високу температуру, загорається на великій площині.

Протипожежні заходи в основному зводяться до профілактичних мір: підтримка в справному стані газопроводів і газового устаткування, системи мастилопроводів і гартівних баків, системи гідроприводу, що виключає течію мастила в гідроциліндрах і трубопроводах; підтримка в порядку систем електричного нагрівання, запобігання викидів і витоків рідкого металу і шлаків і т.д..

У цехах підприємства повинні бути встановлені протипожежні пости, де повинен перебувати протипожежний інвентар (ломи, сокири, лопати, багри, відра) і засоби гасіння пожежі (вогнегасники, ящики із сухим піском).

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розв'язане важливе технічне завдання розробки технології виготовлення виливка «Кришка НШ100А» методом лиття під низьким тиском.

При розв'язанні даного завдання вирішено наступні задачі:

- вибрано матеріали та обладнання для виготовлення виливків та описано роботу ливарного обладнання;
- описано послідовність розробки технології лиття;
- розраховано і сконструйовано ливникову систему;
- описано технологічний процес виготовлення відливка;
- описано процес проектування ливарного оснащення;
- вибрано параметри контролю якості відливків;
- описано техніку безпеки при литті.

В першому розділі вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК9МЗ, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву.

Для плавки сплаву вибрано плавильні печі K240/126 фірми Nabertherm ємністю 600 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів.

Для виготовлення виливків обрано машину лиття під низьким тиском моделі ВРЗ фірми LPM-GROUP. Описано будову, принцип роботи та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки ливарної форми до роботи та технологічний процес лиття.

Для відрізання ливників та підживлювачів використовується стрічкопильний відрізний верстат. Обдирка виливків, зачистка залишків ливників виконується на обдирно-шліфувальних верстатах.

В другому розділі виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок, описано послідовність розробки технологічного процесу виготовлення

виливка, розроблені модельно-ливарні вказівки та технічні умови на виливок, розраховано параметри підживлювача, розроблено і сконструйовано ливниково-живильну систему та виконано перевірку її ефективності, описано процес проектування ливарного оснащення, описано технологічний процес виготовлення виливка, вибрано параметри контролю якості відливків.

Третій розділ присвячений питанням техніки безпеки при литті. Було розглянуто засоби індивідуального захисту, техніку безпеки при роботі з рідким металом, вимоги безпеки праці, вимоги до електричного устаткування печей та протипожежні заходи безпеки.

Розроблені технологічні креслення деталі з розробкою модельно-ливарних вказівок та форми в зборі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування ливарних цехів: Навч. посібник / Б. Ф. Туманський. К.: НМК, 1992. 188 с.
2. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1997. 510с.
3. Вейник А.И. Кокиль. Минск: Наука и техника, 1972. – 352 с.
4. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. Перераб. М.: Машиностроение, 1978. 432 с.
5. Литниково-питающие системы. Конструирование и расчет литниковых систем. Учебное пособие / Л.А. Большаков. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. – 125 с.
6. Хричиков В.Е., Меняйло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с.
7. Фесенко А. М. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навч. посіб. до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 136 «Металургія» спеціалізації «Ливарне виробництво» / А.М. Фесенко.–Краматорськ : ДДМА, 2017. – 112 с.
8. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття : підручник для вищих учбових закладів / С. І. Реп'яха, В. Г. Могилатенко, З. А. Івченко [та ін.]; під ред. С. І. Реп'яха, В. Г. Могилатенка. - 2-ге вид., допов. та доопрац. - Запоріжжя : Мотор Січ, 2016. - 474 с.
9. Теорія ливарних сплавів : навч. посібник / Г. А. Бялік, В. В. Наумик, В. В. Луньов, А. В. Пархоменко. - Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. - 156 с.
10. Практикум з теорії ливарних сплавів та процесів: навч. посібник / Г. А. Бялік, Е. І. Цивірко, О. Ф. Кузовов, В. В. Луньов. - Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. - 98 с.
11. ДСТУ 3015-95 Відливки з алюмінієвих сплавів. Технічні умови.

12. ДСТУ 2839-94 Сплави алюмінієві ливарні
13. Теоретичні основи ливарного виробництва : навч. посіб. / Могилатенко В.Г., Пономаренко О.І, Дробязко В.М., [та ін.]. – Харків : НТУ «ХП», 2011. – 288 с.
14. Ливарна гідравліка: Навчальний посібник / [В. М. Дробязко, А. М. Фесенко, Р. В. Лютий, М. А. Фесенко]; Краматорськ: ДДМА, 2010. – 108 с.
15. Дмитрович А.М. Справочник литейщика. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. – 390 с.
16. Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства: Монография / О.И Пономаренко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
17. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко, В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посіб. / за ред. акад. НАН України В.Л. Найдека. – Київ: Вініченко, 2016. – 224 с.
18. Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів. К.: ІСДО, 1993. 552 с.
19. Литниково-питающие системы. Конструирование и расчет литниковых систем. Учебное пособие / Л.А. Большаков. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. 125 с.
20. Москальов І.Н. Ливарні сплави та їх плавка: Навчальний посібник. К.: НМК ВО, 1993. 368 с.
21. Рубцов Н. Н. Специальные виды литья. М.: Машгиз, 1955. 331 с.
22. Белопухов А. К. Технологические режимы литья под давлением. М.: Машиностроение, 1967. 239 с.
23. Галдин Н. М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов. М.: Машиностроение, 1978. 195 с.
24. Литье в кокиль / Под ред. А.И. Вейника. М.: Машиностроение, 1980. 415 с.
25. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. М.: Металлургия. 1971. С. 352.

26. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы. Справочник. М.:Металлургия.1972.С. 552.

27. Фридляндер И.Н. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. М.: Металлургия. 1983.С.560.

28. Колобнев, И.Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1966. 394с.

ДОДАТКИ