

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Матеріалознавства та ливарного виробництва»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка
Обойма підшипникова НШ100А методом
ЛИТТЯ В КОКІЛЬ»**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го

курсу групи ПМ(ОЛ)-20-ПЗ

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг

технологій, робототехніка і 3D друк»

спеціальності 131 «Прикладна

механіка»

_____ Віталій ЧУДІН

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**

Чудін Віталій Володимирович

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення виливка Обойма підшипникова НШ100А методом лиття в кокіль»
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 в кокіль виливка Обойма підшипникова НШ100А. Виконати огляд існуючих способів виготовлення виливків із алюмінієвих сплавів. Розробити технологію виготовлення виливка Обойма підшипникова НШ100А методом лиття в кокіль.
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

_____ Чудін В.В.

Анотація

ЧУДІН Віталій Володимирович. Розробка технології виготовлення виливка Обойма підшипникова НШ100А методом лиття в кокіль. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2024. 41 с.

Вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК5М2Ц4, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву. Для плавки сплаву вибрано електричні тигельні печі САТ-0,3/10 С ємністю 300 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів. Для виготовлення виливків обрано шести позиційні карусельні кокільні машини 59К613. Описано будову та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки кокіля 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 виливків.

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

Ключові слова: алюміній, виливок, модельно-ливарні вказівки, рафінування, кокіль, підживлювач, ливникова система.

ЗМІСТ	Стор.
ВСТУП	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ	8
1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву	9
1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву	10
1.3. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів	14
1.4. Вогнетривкі покриття для кокілів та плавильного інструменту	16
1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків	18
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВКА	20
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок	20
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка	22
2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми	22
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку	23
2.2.3. Вибір радіусів скруглень та ливарних ухилів	24
2.2.4. Припуски на усадку	24
2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок	25
2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи	26
2.3.1. Основні положення при конструюванні ливникові системи	26
2.3.2. Вибір місця підводу металу	26
2.3.3. Тип ливникової системи	26
2.3.4. Розрахунок конструкції підживлювача	27
2.3.5. Розрахунок ливникової системи	29
2.4. Технологічний процес виготовлення відливка	32
2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки	35
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	39
ДОДАТКИ	41

ВСТУП

Актуальність роботи. Ливарне виробництво – один із древніших видів обробки металів з яким знайоме людство. Археологічні розкопки показали, що у прадавніх центрах людської культури вже за 5000 років до н.е. виробництво відливок було на дуже високому рівні.

Ливарне виробництво розвивалось, вдосконалювалось відносно до потреб людства. Спочатку виготовлення прикрас, зброї, а з початку XVIII ст. почало розвиватись ливарне виробництво для машинобудування.

Ливарне виробництво є однією з основних заготівельних баз машинобудування. У всіх галузях машинобудування використовуються литі заготовки. Литтям отримують заготовки будь якої складності з мінімальними припусками на механічну обробку з високою якістю.

Основним напрямком вдосконалення і розвитку ливарного виробництва є розширення , використання відомих і створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалу і енергії, зменшити витрати роботи, підвищити продуктивність і умови праці, зменшити шкідливу дію на зовнішнє середовище і в результаті підвищити ефективність виробництва.

В виробництві литих заготовок значне місце посідають спеціальні види лиття: по виплавляємим моделям, в кокіль, під тиском, відцентрове лиття і інші, які дозволяють отримувати відливки підвищеної точності і частоти поверхні з мінімальними припусками на механічну обробку, а іноді без механічної обробки, високу якість відливок. Технологічні процеси отримання відливки таким способом порівняно із литтям в піщаноглинясту форму, дозволяють підвищити умови праці, відрізняються малою матеріало і енергоємністю. Тому область використання цих способів лиття в машинобудуванні постійно розширюється, а технологічні процеси і обладнання вдосконалюється.

Вдосконалення і розробка нових технологічних процесів, створення високопродуктивних машин для їх втілення, керування ливарними процесами і

звісно підвищення якості і ефективності виробництва повинні є пріоритетними напрямками розвитку ливарного виробництва.

Тому вирішення задач розробки технологічного процесу лиття в кокіль алюмінієвих сплавів, розрахунку і проектування ливниково-живильної системи та задач проектування ливарного оснащення є актуальними.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології лиття в кокіль виливка «Обойма підшипникова 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;

Об'єкт дослідження – технологічний процес лиття в кокіль алюмінієвих сплавів.

Предмет дослідження – розробка модельно ливарного оснащення для виготовлення виливка «Обойма підшипникова НШ100А» методом лиття в кокіль.

Практичне значення – розраховано та спроектовано модельно ливарне оснащення для виготовлення виливка «Обойма підшипникова НШ100А» методом лиття в кокіль.

Особистий внесок – Вибрано матеріали, обладнання для виготовлення виливка «Обойма підшипникова НШ100А» методом лиття в кокіль 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

Вибір виду ливарної технології залежить від необхідної точності виготовлення виливків, їх складності, сплаву, міцності, тощо. Також важливу роль у цьому питанні відіграють необхідна продуктивність виробництва, економічність, екологічність, енергоефективність, можливість та доступність використання необхідних на виробництві матеріалів та обладнання.

Виливки з алюмінію зазвичай отримують спеціальними способами литва: в оболонкові форми, по виплавляємим моделям, литтям під тиском та в кокіль.

Для плавки алюмінієвих сплавів зазвичай використовують тигельні або подові плавильні печі: електричні печі опору, газові печі, індукційні печі. При виборі плавильного агрегату визначальними критеріями є його технічні характеристики : продуктивність, маса виплавляемого металу (ємність печі), габаритні розміри, споживання енергоносіїв, наявність комунікацій для підключення, зручність експлуатації і обслуговування.

В якості шихтових матеріалів використовують алюміній в чушках, металобрухт алюмінію, відходи власного виробництва. Для корегування хімічного складу сплаву використовують різноманітні лігатури – спеціальні сплави алюмінію з легуючим елементом (олово, цинк, мідь, титан, кремній, магній, тощо). Засвоєння елемента з лігатури значно краще, ніж при додаванні чистого компонента в розплав.

Для очистки алюмінієвих сплавів від неметалевих та шкідливих домішок і газів використовують спеціальні рафінуючі флюси, які при контакті з рідким металом під дією високої температури виділяють гази, які інтенсивно перемішують розплав, захоплюючи неметалеві домішки і гази, виносять їх на поверхню. Після рафінування необхідно витримати метал для

спливання шлаку, який потім зчищають з поверхні металу шлакозчищалкою у спеціально підготовлену виливницю.

Для лиття алюмінієвих сплавів використовують ручні кокілі, а також одно, або багатопозиційні кокільні машини. Привід кокільних машин може бути електричний, пневматичний, гідравлічний.

Також в ливарних цехах і дільницях алюмінієвого кокільного литва використовують різноманітні допоміжні матеріали: вогнетривкі покриття на тиглі, плавильний інструмент, кокілі, виливниці, графітові змазки для змащування рухомих частин форми.

1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву

Деталь – блок обойми підшипникової шестеренчатого насосу НШ100А-3-05 виготовляється литтям у кокіль алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 по ТУ СОУ 29.1–05786100–005:2011. Даний сплав має добрі механічні властивості (міцність, твердість, відносне видовження) при частковому гартуванні виливків відразу після вибивки з кокілю з використанням природного або штучного старіння по режиму термічної обробки Т 1. Для забезпечення такого виду термообробки необхідно біля кожної кокільної машини передбачити баки з водою, в які опускаються відливки після вилучення з кокіля. Таким чином проводиться термічна обробка – часткове гартування для забезпечення відливок необхідними механічними властивостями.

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
АК5М2Ц4	4,0–6,0	0,2– 0,8	1,5– 3,5	0,2– 0,8	0,05– 0,2	3,5– 8,0	< 1,3	Основа

Таблиця 1.2

Механічні властивості сплавів

Сплав	Вид ТО	Границя міцності при розтягу, кгс/мм ² (Па)	Відносне видовження, %	Твердість, НВ	Лінійна усадка, %	Рідинотекучість (мм) по спіральної пробі
AK5M2Ц4	T1	22 (216)	1,3	95–125	1,25	410

Для того щоб алюмінієвий виливок міг досягти максимальної твердості, різні розчинені в алюмінії елементи повинні виділитись з розчину. Проте не всі алюмінієві сплави можуть досягти достатньої твердості в результаті природного старіння при кімнатних температурах. Проблема вирішується за допомогою дисперсійного зміцнення, яке ще називають штучним старінням. Режим T1 – штучне старіння – дозволяє підвищити механічну міцність виливків та деталей, особливо якщо надалі планується їх механічна обробка. При цьому такий вид обробки негативно позначається на корозійній та механічній стійкості дюралюмінію та по відношенню до нього використовується рідко.

1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву

Плавку сплаву виконують в тигельній печі опору САТ-0,3/10 С (рис. 1.1) фірми Бортек (Україна). Стаціонарні тигельні печі для плавки алюмінію з електричним підігрівом характеризуються дуже хорошою якістю розплаву та високою продуктивністю плавлення з оптимальною енергоефективністю. Вони зручні в керуванні та добре підходять для попереднього розплавлення, а також для прямого розливання у великі форми.



Рис. 1.1. Плавильна тигельна піч опору САТ-0,3/10 С

Електропіч обладнана системою автоматичного регулювання температури на основі твердотільних безконтактних реле та мікропроцесорних регуляторів температури, що дозволяють задавати температуру, час набору температури, та час витримки садка при зазначеній температурі. Нагрівачі (спіралі із суперфехралі) розміщені на міцних карамічних трубках на бічних стінках печі. Піч футерована сучасними енергозберігаючими вогнетривкими та теплоізолюючими матеріалами, що забезпечують малу теплоємність печі та низькі втрати енергії. У печі є отвір для аварійного зливу металу. Застосовується взаємозамінний карбідокремнієвий тигель. Стійкість тигля при періодичній експлуатації становить 180 плавок. При безперервному режимі роботи печі стійкість тигля перевищує 300 плавок.

Ємність печі 300 кг. Швидкість плавки 150 – 180 хв.

Технічні характеристики печі наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Технічні характеристики тигельної печі опору САТ-0,3/10 С

Параметр, од. вим.	Значення
Номінальна потужність, кВт	73
Максимальна температура нагрівальних елементів, °С	1000
Діапазон регулювання температури металу, °С	40...1000
Ємність печі, кг	300
Параметри електроживлення	3×380 В, 50 Гц
Стабільність підтримки температури в тепловому режимі, що встановився, °С	±5
Тип терморегулятора / Тип термопар	ТРП-08-ТП / ТХА
Габаритні розміри машини, мм:	
довжина	1400
ширина	1800
висота	1900
Маса печі, кг	1380

Перед початком плавки холодний тигель необхідно підготувати до плавки, для чого його поступово нагрівають в печі до робочої температури 900 °С. Метал завантажують у розігрітий тигель. Перед завантаженням шихти тигель повинен бути очищений від шлаку та залишків металу попередньої плавки.

Завалку шихтових матеріалів виконують згідно розрахунку шихти у наступній послідовності: відходи власного виробництва (ливники, підживлювачі, браковані деталі), що за хімічним складом відповідають готовому сплаву АК5М2Ц4, чушковий сплав АК5М2Ц4. 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.

Допускається плавку металу вести «на болото», для чого в тиглі залишають до 30 % рідкого металу попередньої плавки.

Після розплавлення металу для його очищення від газових та металевих включень перед розливкою в форми, 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.

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 АК5М2Ц4 в плавильній печі опору САТ-0,3/10 С приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Втрати при плавці алюмінієвих сплавів

Марка сплаву	Види втрат, %			
	Шлак	Оксидні плівки	Угар	Загальні втрати
АК5М2Ц4	4,500		1,610	6,110

1.3. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів

Для виготовлення виливка Обойма підшипникова НШ100А використовуються шести позиційні карусельні кокільні машини 59К613 (рис. 1.2). Технічна характеристика даної машини представлена в табл. 1.5:

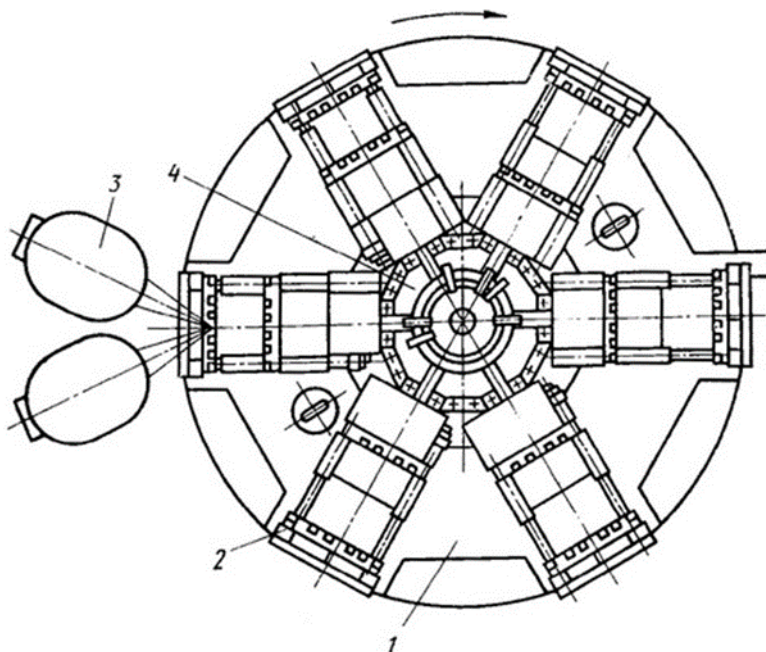


Рис. 1.2. Карусельна кокільна машина моделі 59К613

1 – платформа, 2 – кокільна секція, 3 – дозатор розплаву, 4 – гідравлічна розподільна колонка управління

Таблиця 1.5

Технічна характеристика карусельної кокільної машини моделі 59K613

Параметри	Значення
Кількість позицій	6
Розмір робочого місця для кріплення частини кокілю (ширина x висота), мм	500x400
Найменша відстань між плитами, мм	500
Хід плити, мм	400
Зусилля розмикання кокілю, кгс	4000
Час повороту каруселі на 1 позицію, с	6
Діаметр каруселі, мм	4600
Продуктивність, заливок/год	до 180
Максимальна металоємність кокілю, кг:	
• для чорних сплавів	40
• для кольорових	10
Висота машини над рівнем підлоги, мм	2350
Спільна висота, мм	2900
Маса машини, кг	25000

Шестипозиційні карусельні кокільні машини 59K613 призначені для масового виробництва відливків з чорних і кольорових сплавів в кокілях з вертикальним роз'ємом. На кожній позиції такого кокілю є рухома і нерухома плита для кріплення на них відповідних частин кокілю. Привід машин – гідравлічний, цикл роботи – напіваавтоматичний.

Всі технологічні операції в межах одного цикла – заливка розплаву в кокіль, охолодження відливка в кокілі, виштовхування відливка з кокілю, очищення і нанесення вогнетривкого покриття на робочу поверхню кокілю – виконуються за заданою програмою на певних позиціях і регулюються за часом.

1.4. Вогнетривкі покриття для кокilів та плавильного інструменту

Для захисту плавильного інструменту та формуютьуючих поверхонь кокilю 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	—	—
Cillolin A1223	—	—	—	250 г

Вогнетривке покриття для кокilів Cillolon AL223G фірми Schaffer (Німеччина) має наступні властивості:

- дуже добра теплопровідність;
- забезпечує чудову адгезію, особливо щодо рухомих частин форми;
- створює однорідну поверхневу структуру формуютьуючої поверхні та запобігає холодним настилам металу;
- має високу стійкість і, як наслідок, скорочує час простою, викликаний очищенням і повторним нанесенням покриття;
- забезпечує найвищий рівень точності розмірів;
- запобігає надто швидкому утворенню осаду в ємності з рідким покриттям завдяки тиксотропному компоненту;
- полегшує видалення готових відлитої деталей з форми;
- покращує текучість розплаву за рахунок збільшення глибини шорсткості поверхні лиття.

Головна перевага фарб серії Cillolin це сумісність різних по теплопровідності фарб. Можна наносити фарби різної теплопровідності та ковзання як у різних елементах порожнини форми (ливникова система, прибуток, промивники) так і пошарово.

Наприклад, на стрижнях спочатку наноситься базове покриття Cillolin 3500G, а потім Cillolin A1130, для кращого вилучення стрижня з виливка.

Фарбу Cillolin 3500G зазвичай використовують як базове покриття для забезпечення гарної основи для інших покриттів. При використанні прес-форми 24 години на добу під час лиття кокіль покриття Cillolin 3500G необхідно оновлювати кожен тиждень. Як правило, мінімальний термін служби покриття серії Cillolin один тиждень після фарбування.

Для захисту інструменту, жолобів та ливникових систем застосовують покриття на спиртової основі Cillolin A1500.

Фарбу Cillolin 223G використовують для товстостінних виливків, наприклад, обойми гідронасоса.

Для отримання хороших експлуатаційних характеристик вогнетривкого покриття необхідно суворо дотримуватись таких вимог:

- Розведення кокільних фарб Cillolin (за винятком A1500) має проводитися м'якою водою з дотриманням пропорцій. Як правило, розводять концентрат водою у пропорціях від 1:3 до 1:6. Концентрат фарби перед додаванням води добре перемішують до однорідного стану.
- Формоутворюючі поверхні кокіля ретельно очищають. За можливості піскоструменем. Не повинно бути на поверхні кокіля залишків протипригарної фарби, олії, сажі.
- Нагріти кокіль до 250°C.
- Наносити покриття необхідно в декілька тонких шарів із інтервалом між шарами приблизно одна хвилина, щоб виключити утворення повітряних бульбашок під час випаровування води. Для нанесення фарби використовують повітряний розпилювач. Мінімальна товщина покриття, як правило, складає 0,2 мм. Реально, товщина покриття підбирається дослідним шляхом, залежно від

конкретного виливка та технології лиття. Якщо використовувати концентрат фарби в нерозбавленому вигляді, тоді товщину покриття можна довести до 5 мм (наприклад, Cillolin 285GN).

- В область роз'ємів з малими уклонами наносять фарбу Cillolin Al130, яка забезпечує легке ковзання при вилученні виливка. Цей матеріал потрібний періодично наносити знову, оскільки його знос вищий.

Виконання перелічених вимог гарантує отримання якісного покриття кокіля. Практика використання вітчизняними підприємствами кокільних фарб серії Cillolin підтвердила їх ефективність та надійність при кокільному литті виливків з алюмінієвих сплавів.

1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків

Для відрізання ливникової системи використовують стрікопильний верстат STILER BS 912B (Польща), технічна характеристика якого вказана у табл. 1.7. Стрікопильний верстат по металу STILER BS 912B 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. Швидкість опускання голови регулюється гідроциліндром. Відповідна швидкість опускання пилки досягається завдяки клапану, що регулює потік олії між камерами приводу. Бажана лінійна швидкість ремня досягається шляхом зміни передавального числа на шківках між черв'ячною передачею та приводним двигуном. В основі знаходиться бак охолоджуючої рідини з електронасосом. Безпека під час різання забезпечується електронікою, яка відповідає всім вимогам СЕ. На верстаті є кінцевий вимикач, який зупиняє верстат після завершення процесу різання, аварійний вимикач, так званий «Гриб безпеки», серія мікровимикачів, які вимикають машину, коли ми відкриваємо кришку ремінної передачі або кришку ріжучої стрічки.

Таблиця 1.7

Технічна характеристика стрічкопильного верстата STILER BS 912B

Зона обробки при 90°	Діаметр 230 мм
	180x310 мм
Зона обробки при 45°	Діаметр 150 мм
	150x130 мм
Розміри полотна пили	27x0,9x2655 мм
Регулювання лещат	0 - 45°
Діаметр шківа пили	230 мм
Швидкості стрічки	26, 50, 73, 95 м/хв
Потужність мотору	1100 Вт/с
Ємність для охолоджувальної рідини	8 літрів
Швидкість різання: безступінчаста	0...50 м/хв
Габаритні розміри верстата	1500x500x1100 мм
Маса	250 кг

Для фінішної очистки виливків використовуємо обдирно-шліфувальні верстати. Обдирно-шліфувальний верстат мод. 3М634 призначений для зачищення та обдирки виливків від обля, 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.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВКА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок

Деталь – це виріб, виконаний із однорідного матеріалу без використання збірних або монтажних операцій. Відливком називається деталь, отримана безпосередньо литтям металу в спеціальну форму, в якій проходить кристалізація.

Деталь – блок обойми підшипникової НШ100А-3-05 (рис.2.1) шестеренчатого насосу виготовляється литтям у кокіль алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 по ТУ СОУ 29.1–05786100–005:2011, хімічний склад та механічні властивості якого приведені в табл. 1.1 та 1.2. Відливок III групи, точність відливка 9-0-0-7т ГОСТ 26645. Різностінність не більше 1 мм, короблення не більше 1,5 мм, перекис по роз'єму до 0,5 мм. Ливарні уклони – 3°, ливарні радіуси – 2...3 мм. Загальна пористість повинна бути не вище еталона №2 шкали пористості по ДСТУ 2839.

Обойма має нескладну конфігурацію ззовні і у внутрішній порожнині. В корпусі шестеренчатого насосу служить для жорсткого зв'язку між корпусом та крилами (кінцями) обойми з метою стабілізації міжцентрової відстані проточки під опори шестерен.

Обойма має циліндричну форму. У внутрішній порожнині є круглі отвори меншого діаметра – під цапфи шестерен, більшого діаметра – під шестерні. В середній частині по довжині обойми знаходяться клиноподібні отвори, які сходяться на зустріч один одному перпендикулярно осі насоса, виконують роль всмоктуючих отворів. На зовнішній поверхні знаходяться вісім впадин двох типорозмірів.

Габарити деталі Ø154x131 мм. Маса деталі – 4,1 кг, вага відливка – 5,9 кг. Твердість – 75...115 НВ.

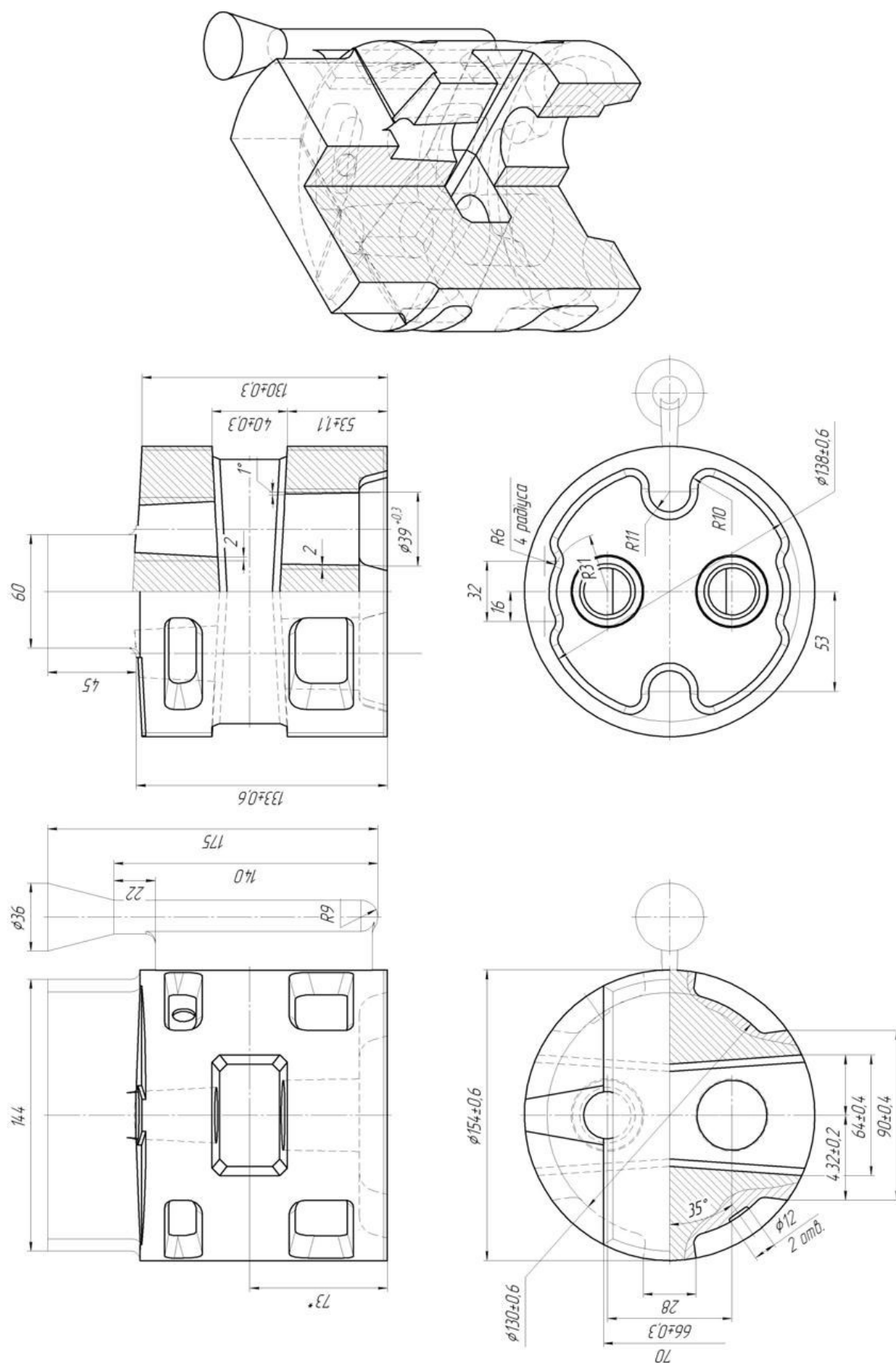


Рис. 2.1. Відливок Обойма підшипникова НШ100А-3-05

На поверхнях, які є базовими не повинно бути раковин, заливів, неметалічних включень, вони повинні бути чистими. На деяких не оброблюваних поверхнях відливка допускаються одиничні раковини, неметалічні включення в кількості 4 шт., діаметром не більше 3 мм, глибиною не більше половини припуску на механічну обробку, відстань між дефектами не менше 10 мм.

Допуск зміщення відливка по площині роз'єму – 0,8 мм. На поверхнях, які обробляються, допускаються різні дефекти, які не перевищують глибини в 0,5 припуску на механічну обробку.

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

Перш ніж приступити до технологічного процесу виготовлення відливка потрібно проаналізувати і досконально вивчити його конструкцію та технологічні вимоги. Після того, як був виконаний аналіз, необхідно визначити положення відливка у формі в період заливки і затвердіння, поверхні роз'єму форми, встановити величину припусків на механічну обробку і усадку, радіуси скруглень і ливарні уклони.

2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми

Для отримання якісного відливка, необхідно необхідно вибрати раціональний роз'єм форми. Поверхня роз'єму визначається конструкцією відливка, технологічними вимогами та місцевими конструктивними особливостями відливка. Але слід користуватись загальними положеннями з технології ливарної форми та теорії ливарного виробництва:

- поверхня роз'єму повинна займати вертикальне положення;
- число поверхонь роз'єму повинно бути мінімальним;
- вибираючи роз'єм форми треба забезпечити зручність контролю розмірів форми;

- поверхня роз'єму повинна по можливості бути плоскою;
- роз'єм форми повинен бути таким, щоб не було підвісних стержнів, а головні стержні мали зручне розташування;
- роз'єм повинен бути вибраний так, щоб бази механічної обробки розташовувались в одній частині форми з оброблюваними поверхнями та не перетинались площиною роз'єму.

Проаналізувавши всі вимоги, вибираємо лінію роз'єму: вона має вертикальне розташування з однією поверхнею роз'єму по середині деталі, при якому не буде проблем з видаленням відливка із форми.

Поверхню роз'єму форми показано на кресленні відливка та на рис. 2.2.

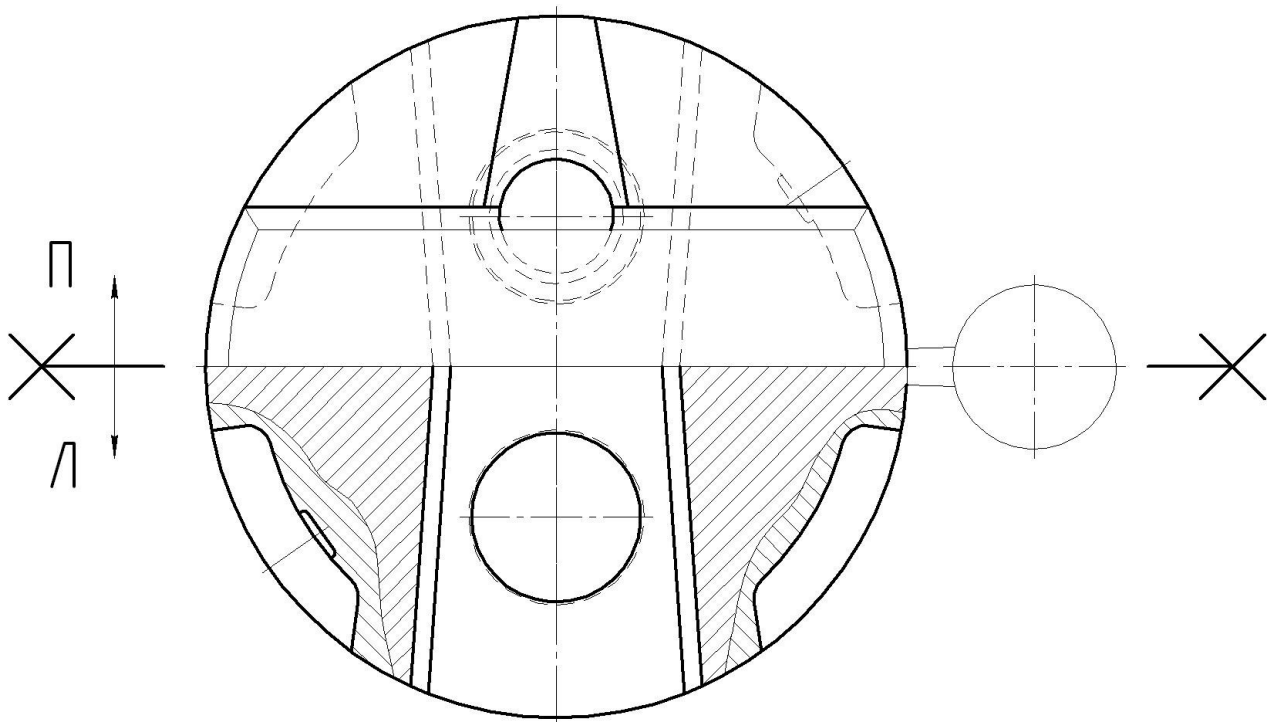


Рис. 2.2. Вибір поверхні роз'єму відливка

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку

Розміри відливків відраховують від розмірів готової форми на величину припуску на механічну обробку. Величина припуску вибирається від

найбільшого розміру відливка, положення оброблюваної поверхні при заливці (зверху, знизу, збоку), способу отримання відливка, класу точності відливка.

Величина припуску на механічну обробку для відливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль регламентується ГОСТ 26645. Припуски на механічну обробку для поверхонь зводимо у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Припуски механічну обробку відливків із алюмінієвих сплавів
при литті в кокіль**

Найбільший розмір	Положення при заливці	Найменший розмір
3,0	Верх	2,0
3,0	Низ	2,0
3,0	Збоку	2,0
3,0	Внутрішня поверхня	2,0

2.2.3. Вибір радіусів скруглень та ливарних ухилів

Радіуси закруглень регламентовані ГОСТ 10948. На креслені вказані не всі значення скруглень, але вони занесені в технічні вимоги на відливки, як і ливарні уклони,:

- невказані ливарні уклони – 3°;
- ливарні радіуси – 3 мм.

2.2.4. Припуски на усадку

Під припуском на усадку розуміють збільшення усіх ливарних розмірів моделі на величину ливарної усадки. Усадка виражається у % від розмірів відливка. Приймаємо лінійну усадку для алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 при литті в кокіль 1,3%, а об'ємну – 2,0%.

2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок

Креслення модельно-ливарних вказівок розроблено на основі креслення блоку обойми підшипникової. Технологічне креслення – це креслення з технологічними зазначеннями у відповідності з ГОСТ 3.1125. На кресленні деталі слід вказати:

- положення відливка у формі в період заливки та затвердіння;
- поверхню роз'єму форми та напрям роз'єму напівформ;
- припуски на механічну обробку і їх величину;
- формувальні уклони;
- розташування поверхонь моделі на формі;
- границі стержнів та зазори;
- місце установки, розміри елементів ливниво-живильної системи;
- перерізи елементів ливниково-живильної системи.

Розташування проекції креслення відливки повинно відповідати положенню її при заливці форми металом. На кресленні відливка вказують величину припуску на механічну обробку. Отвори, які не виконують литтям, закреслюють суцільною лінією. На кресленні деталі відливка, відповідно ГОСТу, наносять елементи ливарної форми. Роз'єм відливка та форми показаний прямим відрізком, над яким проставляють літери РФ. Всі елементи наносяться відповідно до ГОСТ 2.423.

Припуски на механічну обробку зображуємо суцільною тонкою лінією, величинну припуску вказують цифрою перед знаком шорсткості поверхні, або величиною уклону та ливарними розмірами.

Позначення шорсткості поверхні та правила нанесення їх на креслення відливка здійснюють згідно з ГОСТ 2.309. Якщо шорсткість всіх поверхонь однакова, то вона повинна позначатись в правому верхньому куті креслення.

Зображення ливникової системи, підживлювача та нанесення розмірів виконують за ГОСТ 2.423. Ливникову систему зображують на кресленні модельно-ливарних вказівок в масштабі креслення суцільною тонкою лінією

червоного кольору. Площу перерізу елементів не штрихують, в кожному перерізі елементів допускається вказувати площу перерізу (см²), кількість елементів, сумарну площу.

2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи

2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково-живильної системи

Ливниково-живильна система складається з послідовно з'єднаних каналів між собою, за допомогою яких рідкий метал підводять у порожнину ливарної форми. Зазвичай ливникова система складається з: ливникової чаші або воронки, стояка, шлаковловлювача та живильника. Живильник безпосередньо примикає до ливникової порожнини форми та повинен бути виконаний так, щоб живильник можна було б відокремлювати від відливка не пошкоджуючи його.

2.3.2. Вибір місця підводу металу

Місце підводу металу вибираємо в середній частині відливка по лінії роз'єму. При такому підводі розплав заповнює ливарну порожнину більш рівномірно, окисні плівки спливають догори, поверхня відливка стає більш чистою та гладкою. Прийнята система називається боковою з щільовим живильником і широко використовується для відливків даної конфігурації із алюмінієвих сплавів.

2.3.3. Тип ливникової системи

Конструкцію ливникової системи вибираємо типову: розширюючу, бокову з щільовим живильником, горизонтальну (рис. 2.3).

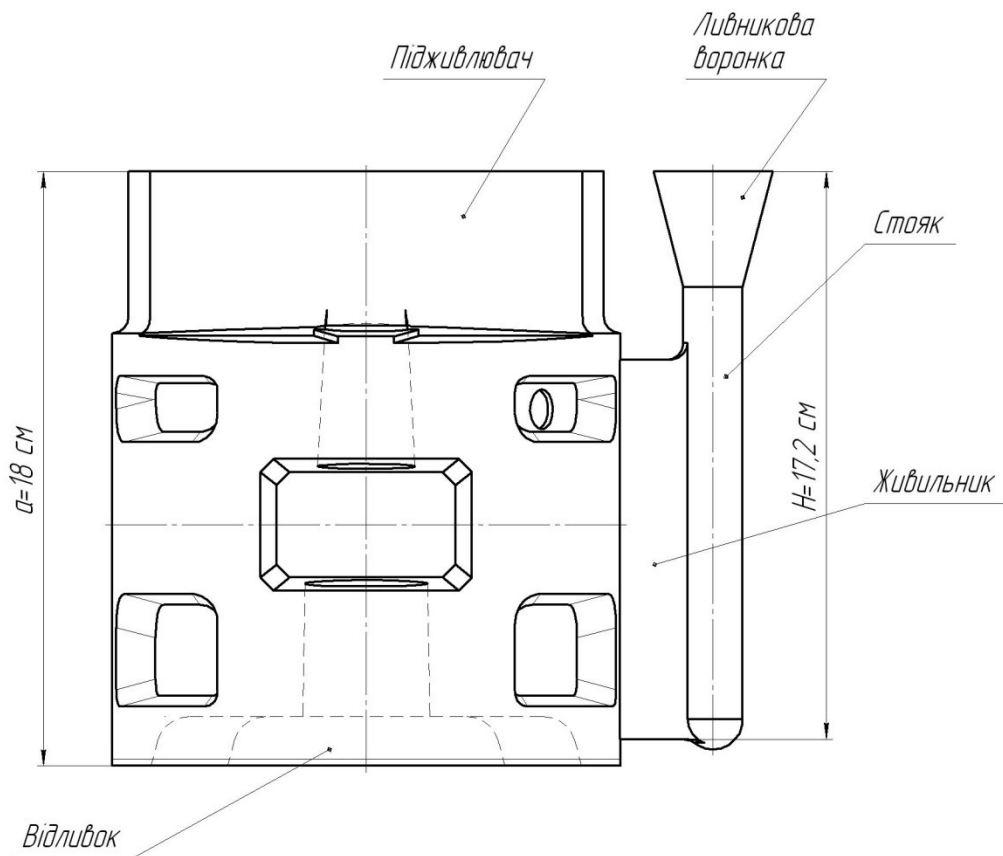


Рис. 2.3. Конструкція ливникової системи

2.3.4. Розрахунок конструкції підживлювача

Основне призначення підживлювача – попередження утворенню раковин та рихлот у відливку та перехід усадочних раковин з робочої частини в підживлювач. Підживлювач встановлюють в тих частинах, які під час технологічного процесу затвердівають останні. В проектуємому відливку підживлювач раціонально встановлювати в верхній частині.

Розрахунок розмірів підживлювача ведемо за такою методикою.

Висота підживлювача розраховується за формулою:

$$H = \sqrt[3]{\frac{x_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\varepsilon}} V_{\Pi}}, \quad (2.1)$$

де x_ε – коефіцієнт усадочної раковини, $x_\varepsilon = 9 \dots 12$;

ε_ε – відношення об'єму усадочної раковини $\varepsilon_\varepsilon = 9 \dots 12$;

V_Π – необхідний об'єм підживлювача, см^3 .

$$V_\Pi = \frac{\beta}{k} V_{\text{відл}}, \quad (2.2)$$

де β – коефіцієнт $\beta = 0,035 \dots 0,08$;

$k = 0,25$;

$V_{\text{відл}}$ – об'єм відливка $V_{\text{відл}} = 2200 \text{ см}^3$.

$$V_\Pi = \frac{0,07}{0,25} \cdot 2200 = 616 \text{ см}^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{10}{9} \cdot 616} = 88 \text{ мм}$$

Діаметр підживлювача розраховується за формулою:

$$D = H(1,1 \dots 1,5), \quad (2.3)$$

$$D = 88 \cdot (1,1 \dots 1,5) = 97 \dots 132 \text{ мм}$$

Вага розрахованих підживлювачів коливається від 1,8 до 3,2 кг при вазі відливка 4,6 кг, що становить 39...70% його ваги. Металоємність відливка дуже завищена.

Для більш ефективного живлення термічних вузлів відливка та виходу газів із ливарної форми раціонально буде конструктивно прийняти підживлювач, форма і розміри якого вказані на рис. 2.4, також необхідно буде утеплити його азбестовою вставкою товщиною 5 мм по всій боковій поверхні теплообміну.

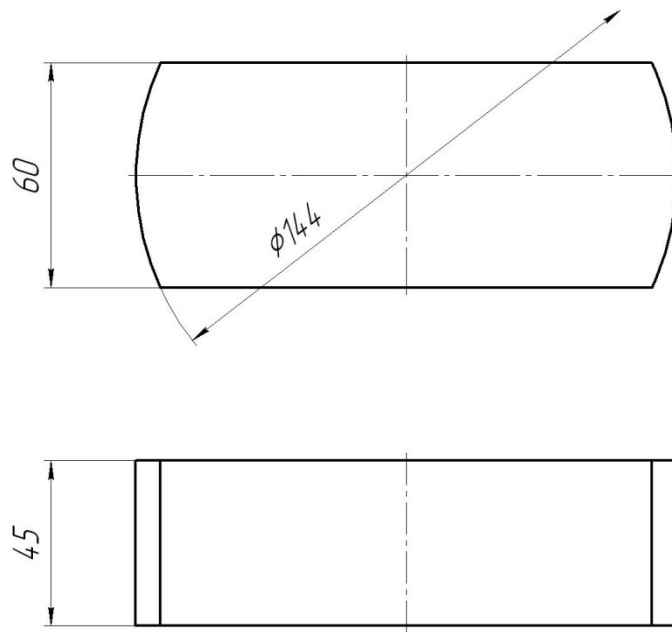


Рис. 2.4. Схема з розмірами підживлювача

2.3.5. Розрахунок ливникової системи

Розміри елементів ливникової системи для відливів із алюмінієвих сплавів визначають виходячі із положень:

- значення критерія Рейнольдса Re для різних елементів ливникової системи не повинно перевищувати мінімальне попадання окислів та неметалічних включень в форму внаслідок порушення щільності;
- швидкість руху розплаву у формі повинна забезпечувати її заповнення без утворення у відливку недоливів та спаїв.

Для отримання якісних відливок із алюмінієвих сплавів швидкість руху розплаву повинна знижуватись від перерізу стояка до живильника. Тому для даного відливка застосовуємо розширюючу ливникову систему зі співвідношенням:

$$F_{ст.} : F_{ж.} = 1 : 4, \quad (2.4)$$

де $F_{ст.}$, $F_{ж.}$ — площі поперечного перерізу стояка, та живильника відповідно.

Для визначення середнього значення мінімальної швидкості підйому металу у формі u_0 використовують різні теоретичні та експериментальні залежності. Досить точною є залежність:

$$u_p = (3,0 \dots 4,2) l_{\text{відл}}, \quad (2.5)$$

де u_p – початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

$l_{\text{відл}}$ – характерна товщина стінки відливка, см.

При литті мілких та середніх відливків у кокіль площа поперечного перерізу стояка визначається за формулою:

$$F_{\text{ст}} = \frac{(3,0 \dots 4,2)G}{\rho H_{\text{відл}} l_{\text{відл}} u_p}, \quad (2.6)$$

де G – вага відливка, г, $G=5900$ г;

ρ – густина розплаву, г/см³, $\rho=2,75$ г/см³;

$H_{\text{відл}}$ – висота відливка, см, $H_{\text{відл}}=18$ см;

$l_{\text{відл}}$ – характерна товщина стінки відливка, см, $l_{\text{відл}}=2,0$ см;

u_p – швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

$$u_p = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.7)$$

де μ – коефіцієнт втрати напору, $\mu=0,6 \dots 0,7$;

H_p – статичний напір. Для обраного підводу металу у форму $H_p = H$ (рис. 2.3),

$$u_p = 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 17,2} = 110 \text{ см/с}$$

$$F_{\text{ст}} = \frac{(3,0 \dots 4,2) \cdot 5900}{2,75 \cdot 18 \cdot 2,0 \cdot 110} = 1,63 \dots 2,27 \text{ см}^2$$

Визначаємо діаметр стояка:

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ст}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,27}{\pi}} = 1,71 \text{ см}$$

Приймаємо $D_{\text{ст}} = 18 \text{ мм}$. Уточнюємо площу перерізу стояка з урахуванням прийнятого розміру:

$$F_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ст}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} = 2,50 \text{ см}^2$$

Приймаємо $F_{\text{ст}} = 2,50 \text{ см}^2$, тоді $F_{\text{ж}} = 9,20 \text{ см}^2$ (в нашому випадку ливникова система складається зі стояка та живильника).

Живильник приймаємо прямокутний ширина – 8 мм, висотою – 115 мм.

Перерізи елементів ливникової системи показано на рис. 2.5.

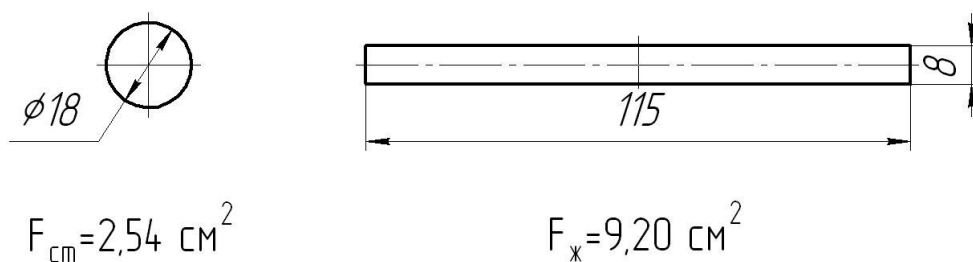


Рис. 2.5. Перерізи елементів ливникової системи

2.4. Технологічний процес виготовлення відливка

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

1. Відливочний блок обойми підшипникової шестеренчатого насосу НШ100А-3-05 виготовляється литтям в кокіль, який монтується на кокільний верстат 59К613, технічна характеристика якого приведена в розділі 1, кокіль монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі. Також вмонтовані стержні. Напівформа та кокіль в зборі показані на рис. 2.6, 2.7 відповідно.

2. Після збирання кокілю проводиться його розігрів до температури 150...200 °С за допомогою пальника.

3. На розігрітий кокіль пульверизатором наноситься фарба Gillolin AL223G. 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 2...3 хв. Рекомендований шар фарби – 0,2 мм. В процесі роботи в разі потреби проводити повторне фарбування.

4. Після просушування кокілю, за допомогою гідроприводу машини, кокіль закривається і встановлюються в необхідне положення стержні. Можна проводити заливку металу,

5. Метал – алюмінієвий сплав АК5М2Ц4. Температура заливки сплаву 720...740 °С. Сплав заливається в форму ковшем ємністю 10 кг.

6. Після охолодження, повного затвердіння відливка і досягнення температури витягування (8...10 хв), за допомогою гідроприводу видаляються стержні і кокіль розкривається.

7. Відливочний блок знімають з кокілю захопивши кліщами за підживлювач і скидають у бак з водою, для проведення часткового гартування відливка та

забезпечення його необхідними механічними властивостями. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну дільницю.

8. На очисній дільниці відливки цеховим транспортом подаються на робоче місце біля стрічковийного верстата для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 5 мм.

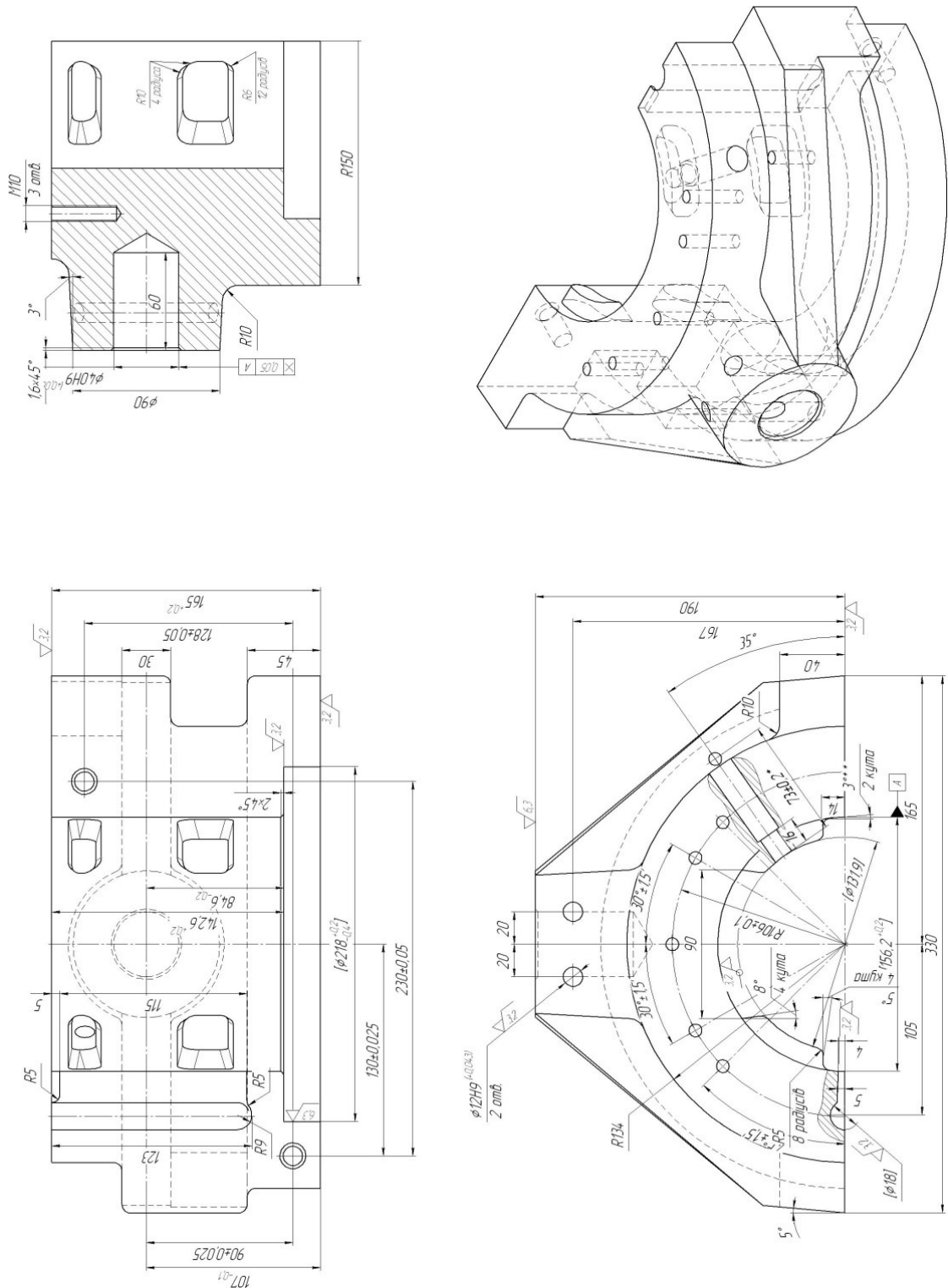


Рис. 2.6. Напівформа кокіля

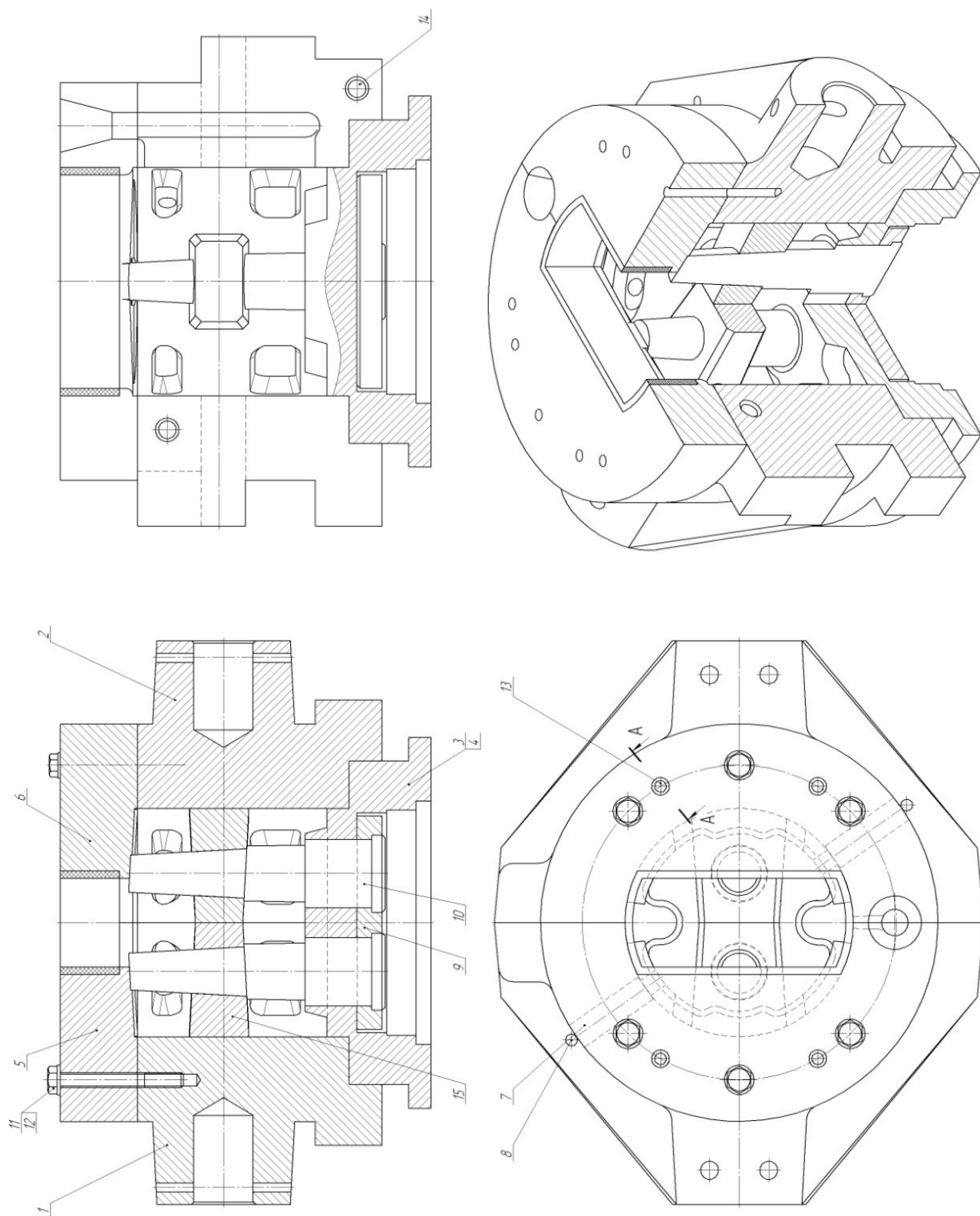


Рис. 2.7. Кокіль в зборі

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

- Твердість заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі кульки 10 мм навантажені 1000 кгс та витримці 30 с. Періодичність вимірювання твердості виливка – один раз на партію виливків 100 шт на трьох виливках;
- Механічні властивості виливка перевіряють на трьох відлитих зразках металу різних плавов один раз на тиждень;
- Хімічний склад сплаву перевіряють спектральним аналізом на відлитих зразках металу кожної плавки;
- Пористість виливка перевіряють на трьох вирізаних з тіл трьох відливків зразках один раз на місяць;
- Візуальний огляд відливків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що обробляються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);
- Розміри виливка перевіряються один раз при встановленні нової форми або переналагоджуванні обладнання. Базові розміри виливка перевіряються щозміни на трьох виливках;
- Відливок перевіряється на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки

Кокіль для виготовлення відливків блоку обойми підшипникової шестерного насосу НШ100А-3-05 виготовляється литтям сірого чавуну СЧ20. Половини кокілю мають вибірки і ребра жорсткості для зменшення теплоакумуляуючих властивостей та ваги форми. Після виготовлення відливка проводиться механічна обробка формоутворюючих поверхонь кокілю. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Плоскі привалочні поверхні, що не контактують з металом мають шорсткість 3,2...6,3 мкм. Решта поверхонь – без механічної обробки. Поверхні, що не контактують з металом мають шорсткість 3,2...6,3 мкм.

Вертикальні стержні мають форму зрізаного конуса з ливарним уклоном 3° . Стержні виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050.

Плоскі бокові стержні виготовляються шляхом механічної обробки плоских заготовок. Контактуючі поверхні з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050. Поверхні, що не контактують з металом мають шорсткість $3,2 \dots 6,3$ мкм.

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

ВИСНОВКИ

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

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;

В першому розділі вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків алюмінієвий сплав АК5М2Ц4, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву.

Для плавки сплаву вибрано електричні тигельні печі опору САТ-0,3/10 С фірми Бортек (Україна) ємністю 300 кг. Описано процес підготовки печі до плавки. Описано процес плавки та рафінування алюмінієвих сплавів.

Для виготовлення виливків обрано шести позиційні карусельні кокільні машини 59К613. Описано будову, принцип роботи та технічні характеристики машини. Описано процес підготовки кокіля 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 виливків.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1997. – 510с.
2. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 319 с.
3. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. Перераб. – М.: Машиностроение, 1978. – 432 с.
4. Степанов Ю. А., Баландин Г. Ф., Рыбкин В. А. Технология литейного производства. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
5. Литниково-питающие системы. Конструирование и расчет литниковых систем. Учебное пособие / Л.А. Большаков. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. – 125 с.
6. Рубцов Н. Н. Специальные виды литья. – М.: Машгиз, 1955. – 331 с.
7. Белопухов А. К. Технологические режимы литья под давлением. – М.: Машиностроение, 1967. – 239 с.
8. Галдин Н. М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов. – М.: Машиностроение, 1978. – 195 с.
9. Литье в кокиль / Под ред. А. И. Вейника. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
10. Дубинин Н.П. Беликов О.А и др. Кокильное литье – Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1967. – 456с.
11. Баландин Г. Ф. Теория формирования отливки. М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998 год. 359 с.
12. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Metallovedenie aliuminiya i ego spлавov. Справочник. М.: Металлургия. 1971. С. 352.
13. Фридляндер И.Н. Metallovedenie aliuminiya i ego spлавov. Справочник. М.: Металлургия. 1983.С.560.

14. Колобнев, И.Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов / И.Ф. Колобнев. М.: Металлургия, 1966.— 394с. 24. Литье в кокиль / Под ред. А.И. Вейника. М.: Машиностроение, 1980. 415 с.

15. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. М.: Металлургия. 1971. С. 352.

16. 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.

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

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

ДОДАТКИ