

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Матеріалознавства та ливарного виробництва»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка
Корпус НШ32МА методом лиття в кокіль»**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го

курсу групи ПМ-22з-1

ОПП «Інжиніринг технологій,

мехатроніка та 3D-друк»

спеціальності 131 «Прикладна

механіка»

_____ Микола НОСОВ

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Сергій КОНОНЧУК

Рецензент:

Кропивницький – 2026

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 ОПП «Інжиніринг технологій,
мехатроніка та 3D-друк»,

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2026 р.

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

Носов Микола Олександрович

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення виливка Корпус НШ32МА методом лиття в кокіль»
2. Керівник роботи: Конончук Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 15.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: розробка технології лиття в кокіль виливка Корпус НШ32МА. Виконати огляд матеріалів, технологій і обладнання для виготовлення виливків із алюмінієвих сплавів. Розробити технологію виготовлення виливка Корпус НШ32МА 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	10.04.2026	
2	Розрахунки по технологічній частині	30.04.2026	
3	Креслення по технологічній частині	20.05.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2026	
5	Оформлення презентації роботи	15.06.2026	
6	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	15.06.2026	
9	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2026 р.

Підпис керівника

_____ Конончук С.В.

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Носов М.О.

Анотація

НОСОВ Микола Олександрович. Розробка технології виготовлення виливка Корпус НШЗ2МА методом лиття в кокіль. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2026. 41 с.

Перелік графічного матеріалу: 1) креслення деталі з модельно-ливарними вказівками; 2) креслення ливарної форми в зборі.

Для виготовлення виливків обрано алюмінієвий сплав АК5М2Ц4, наведено його хімічний склад, механічні та ливарні властивості. Для плавки сплаву використано електричні тигельні печі САТ-0,22/10 ємністю 220 кг. Описано процес підготовки печі до роботи, технологію плавки та рафінування алюмінієвих сплавів.

Для виготовлення виливків обрано однопозиційні кокільні машини моделі 5913. Наведено конструкцію, принцип роботи та основні технічні характеристики обладнання. Розглянуто процес підготовки кокіля до експлуатації та технологічний процес лиття у кокіль. Для відрізання ливників і підживлювачів передбачено використання стрічкопильного відрізного верстата, а для обдирки та зачистки виливків — обдирно-шліфувальних верстатів.

У роботі виконано аналіз конструкції деталі та технічних вимог до виливка, розроблено модельно-ливарні вказівки і технічні умови. Проведено розрахунок параметрів підживлювачів та ливниково-живильної системи, описано процес проектування ливарного оснащення та технологічний процес виготовлення виливка. Також обрано методи й параметри контролю якості готових виливків.

Розроблено технологічні креслення деталі з модельно-ливарними вказівками та креслення форми в зборі.

Ключові слова: сплав, плавильна піч, кокільний верстат, виливок, алюміній, рафінування, кокіль, підживлювач, ливникова система.

Abstract

NOSOV Mykola. Development of the technology for manufacturing the NSh32MA housing by chill casting. Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education: CUNTU, 2026. 41 p.

For the manufacture of castings, the aluminum alloy AlSi5Cu2Zn4 was selected, its chemical composition, mechanical and casting properties are given. For melting the alloy, electric crucible furnaces SAT-0.22/10 with a capacity of 220 kg were used. The process of preparing the furnace for operation, the technology of melting and refining aluminum alloys is described.

Single-position chill machines model 5913 were selected for the manufacture of castings. The design, principle of operation and main technical characteristics of the equipment are given. The process of preparing the mold for operation and the technological process of casting in the mold are considered. For cutting the sprues and feeders, a band saw cutting machine is used, and for stripping and cleaning the castings, stripping and grinding machines are used.

The work analyzes the design of the part and the technical requirements for the casting, develops model-casting instructions and technical conditions. The parameters of the feeders and the sprue-feeding system are calculated, the process of designing the casting equipment and the technological process of manufacturing the casting are described. Methods and parameters for quality control of finished castings are also selected.

Technological drawings of the part with model-casting instructions and drawings of the assembled mold are developed.

Keywords: alloy, melting furnace, mold machine, casting, aluminum, refining, mold, feeder, sprue system.

ЗМІСТ	Стор.
ВСТУП	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ	9
1.1. Особливості лиття в кокіль алюмінієвих сплавів	9
1.2. Хімічний склад та механічні властивості сплаву	10
1.3. Плавильний агрегат для плавки сплаву	12
1.4. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів	15
1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків	18
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ В КОКІЛЬ ВИЛИВКА «КОРПУС НШЗ2МА»	20
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок	20
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	22
2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми	23
2.2.2. Призначення припусків на механічну обробку	24
2.2.3. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок	25
2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи	26
2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково- живильної системи	26
2.3.2 Вибір місця підведення металу в порожнину форми	27
2.3.3 Вибір типу ливникової системи	27
2.3.4. Розрахунок і конструювання підживлювача	28
2.3.5. Розрахунок ливникової системи	30
2.4. Технологічний процес виготовлення виливка	34
2.5. Проектування ливарної оснастки	36
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	39
ДОДАТКИ	41

ВСТУП

Актуальність роботи. Ливарне виробництво має низку суттєвих переваг порівняно з іншими способами виготовлення деталей. Воно дає можливість отримувати виливки практично будь-якої форми та складності, у тому числі з внутрішніми порожнинами й елементами складної конфігурації. Процеси лиття характеризуються високою продуктивністю, особливо в умовах серійного та масового виробництва, а також забезпечують економічну доцільність при виготовленні великих партій продукції. Ливарні технології дозволяють використовувати широкий спектр матеріалів — від чорних і кольорових металів до спеціальних сплавів, полімерів і кераміки. Виливки відзначаються достатньо високими механічними властивостями та здатністю працювати в умовах значних навантажень. Крім того, лиття є одним із небагатьох способів отримання великогабаритних деталей складної форми.

Кокільне лиття алюмінієвих сплавів належить до перспективних напрямів сучасного ливарного виробництва. Підвищений попит на алюмінієві вироби, зумовлений їх малою густиною, високою міцністю та корозійною стійкістю, сприяє активному розвитку цього способу лиття. Удосконалення технологічних процесів, застосування сучасних матеріалів для виготовлення кокілів, автоматизація виробництва та використання систем точного контролю забезпечують підвищення якості виливків, зниження виробничих витрат і зростання продуктивності. Важливою перевагою є також екологічність процесу, оскільки алюміній добре піддається вторинній переробці та може ефективно використовуватися повторно.

Лиття в кокіль забезпечує високу точність розмірів, якісну поверхню та стабільність властивостей готових виробів, що має важливе значення для машинобудування та інших галузей промисловості. Метод є універсальним і дозволяє виготовляти виливки різної маси та габаритів — від невеликих деталей масою кілька грамів до виробів масою у сотні кілограмів.

Разом із перевагами кокільне лиття має і певні недоліки, серед яких висока вартість обладнання та кокільного оснащення, підвищені вимоги до матеріалів і технологічних режимів, а також необхідність залучення кваліфікованого персоналу. Це зумовлює конкуренцію даного способу з іншими методами лиття.

У зв'язку з цим актуальними є задачі розроблення технологічних процесів лиття алюмінієвих сплавів у кокіль, розрахунку та проектування ливниково-живильних систем, а також створення ефективного ливарного оснащення.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології лиття в кокіль виливка «Корпус НШ32МА».

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 – ливарна форма для виготовлення виливка «Корпус НШ32МА» методом лиття в кокіль.

Практичне значення – розраховано та спроектовано модельно-ливарне оснащення для виготовлення виливка «Корпус НШ32МА» методом лиття в кокіль.

Особистий внесок – Вибрано матеріали та обладнання для виготовлення виливка «Корпус НШ32МА» методом лиття в кокіль, розраховано ливниково-живильну систему, описано процес проектування ливарного оснащення, спроектовано креслення деталі з модельно-ливарними вказівками та креслення форми в зборі.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. Особливості лиття в кокіль алюмінієвих сплавів

Лиття в кокіль є одним із найбільш поширених способів виготовлення виливків з алюмінієвих сплавів. Суть процесу полягає у заливанні розплавленого металу в багаторазову металеву форму — кокіль, яка забезпечує формування вилівка та його прискорене охолодження. Завдяки високій теплопровідності металевій формі процес кристалізації відбувається значно швидше, ніж при литті в піщані форми, що позитивно впливає на структуру та механічні властивості виливків.

Однією з головних особливостей кокільного лиття алюмінієвих сплавів є отримання виливків з високою точністю розмірів та якісною поверхнею. Це дозволяє суттєво зменшити припуски на механічну обробку, знизити витрати металу та скоротити трудомісткість подальших операцій. Крім того, використання багаторазових металевих форм забезпечує стабільність геометричних параметрів і повторюваність якості продукції.

Для лиття в кокіль найчастіше застосовують алюмінієві сплави з добрими ливарними властивостями, високою рідкотекучістю та невеликою схильністю до утворення гарячих тріщин. Широке використання отримали силуміни та інші алюмінієві сплави, які забезпечують хороше заповнення форми та формування щільної структури вилівка.

Особливу увагу при кокільному литті приділяють підготовці кокіля до роботи. Перед заливанням форму очищають від залишків металу та оксидів, підігрівають до заданої температури й наносять захисне або теплоізоляційне покриття. Підігрів кокіля необхідний для запобігання передчасному затвердінню металу та зменшення термічних напружень у формі. Покриття полегшує видалення вилівка, підвищує стійкість кокіля та покращує якість поверхні виробу.

Через високу теплопровідність кокіля швидкість охолодження алюмінієвого сплаву значно зростає, що сприяє формуванню дрібнозернистої структури та підвищенню механічних властивостей виливків. Водночас надто швидке охолодження може призводити до виникнення внутрішніх напружень, неповного заповнення форми або утворення тріщин, тому важливе значення має правильний вибір температури заливання, режиму охолодження та конструкції ливниково-живильної системи.

Кокільне лиття характеризується високою продуктивністю та добре піддається механізації й автоматизації. Це робить його економічно ефективним у серійному та масовому виробництві. Метод широко застосовується у автомобілебудуванні, авіаційній промисловості, приладобудуванні та інших галузях для виготовлення корпусних деталей, кришок, поршнів, кронштейнів та інших відповідальних виливків.

Разом із перевагами процес має і певні недоліки. Виготовлення кокілів потребує значних матеріальних витрат, а складність конструкції виливків обмежується умовами рознімання форми та видалення готового виробу. Крім того, для забезпечення стабільної якості необхідно суворо дотримуватися технологічних режимів плавки, заливання та охолодження металу.

1.2. Хімічний склад та механічні властивості сплаву

Корпус шестеренного насоса НШ32МА виготовляється методом лиття в кокіль з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 відповідно до вимог ДСТУ 2839-94. Обраний сплав характеризується високими механічними властивостями, зокрема підвищеною міцністю, твердістю та достатнім відносним видовженням, що забезпечує надійність і довговічність роботи деталі.

Для підвищення експлуатаційних характеристик виливки після видалення з кокіля піддають термічній обробці. З цією метою застосовують часткове гартування з подальшим природним або штучним старінням. Термічна обробка здійснюється за режимом T1, що дозволяє сформувати

необхідну структуру сплаву та забезпечити заданий комплекс механічних властивостей.

Для проведення гартування біля кожної кокільної машини встановлюють спеціальні баки з водою, у які занурюють виливки безпосередньо після їх вилучення з форми. Завдяки швидкому охолодженню досягається підвищення міцності та твердості матеріалу, а також забезпечується стабільна якість готових виливків.

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
AK5M2Ц4	4,0–6,0	0,2–	1,5–	0,2–	0,05–	3,5–	< 1,3	Основа
		0,8	3,5	0,8	0,2	8,0		

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 спіральній пробі
AK5M2Ц4	T1	22 (216)	1,3	95–125	1,25	410

Максимальна твердість алюмінієвих виливків досягається внаслідок виділення розчинених легувальних елементів із твердого розчину сплаву. У випадках, коли природне старіння при кімнатній температурі не забезпечує необхідного рівня твердості та міцності, застосовують штучне старіння, або дисперсійне зміцнення.

Одним із поширених режимів такої термічної обробки є режим T1, який сприяє підвищенню механічних властивостей виливків, зокрема міцності та

твердості, що особливо важливо перед проведенням механічної обробки деталей. Під час штучного старіння в структурі сплаву утворюються дрібнодисперсні виділення, які зміцнюють матеріал і покращують його експлуатаційні характеристики.

Разом з тим, застосування подібної термічної обробки для дюралюмінієвих сплавів є небажаним, оскільки вона може негативно впливати на їх корозійну стійкість та знижувати механічну надійність матеріалу.

1.3. Плавильний агрегат для плавки сплаву

Плавку сплаву здійснюють в електричній тигельній печі опору САТ-0,22/10 (рис. 1.1). Електричні тигельні печі, що використовуються для плавки алюмінієвих сплавів, забезпечують високу якість розплаву, економічність процесу та достатню продуктивність. Завдяки простоті керування та стабільності температурного режиму такі печі широко застосовують як для попереднього розплавлення металу, так і для безпосереднього розливання у форми великого об'єму.



Рис. 1.1. Плавильна тигельна піч опору САТ-0,22/10

Піч обладнана автоматизованою системою регулювання температури, яка працює на основі твердотільних безконтактних реле та мікропроцесорних терморегуляторів. Система забезпечує можливість встановлення необхідної температури нагріву, часу плавки та тривалості витримки металу при заданому температурному режимі. Нагрівальні елементи виготовлені зі сплаву суперфехрالی та розміщені на міцних керамічних трубках, установлених уздовж бічних стінок печі.

Футеровка печі виконана із сучасних вогнетривких та теплоізоляційних матеріалів з енергозберігаючими властивостями, що дозволяє знизити теплоємність конструкції та мінімізувати втрати тепла під час роботи. Конструкцією також передбачений отвір для аварійного зливу металу. Для плавки використовується змінний карбідокремнієвий тигель, який характеризується високою термостійкістю та довговічністю. При періодичному режимі експлуатації стійкість тигля становить близько 180 плавок, а при безперервній роботі перевищує 300 плавок.

Місткість печі становить 220 кг металу, а тривалість плавки знаходиться в межах 150–180 хвилин.

Технічні характеристики печі наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики тигельної печі опору САТ-0,22/10

Параметр, од. вим.	Значення
Номінальна потужність, кВт	73
Максимальна температура нагрівальних елементів, °С	1000
Діапазон регулювання температури металу, °С	40...1000
Ємність печі, кг	220
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	1600
висота	1800
Маса печі, кг	1250

Підготовка до плавки. Перед початком роботи холодний тигель поступово нагрівають до робочої температури близько 900 °С. Після досягнення необхідного температурного режиму в розігрітий тигель завантажують метал. Перед завантаженням шихти тигель ретельно очищають від шлаку, оксидних плівок та залишків попередньої плавки.

Завантаження шихти. Шихтові матеріали завантажують відповідно до розрахунку шихти у визначеній послідовності. Спочатку в піч подають відходи власного виробництва — ливники, підживлювачі та браковані виливки, що відповідають хімічному складу сплаву АК5М2Ц4. Після цього завантажують чушковий сплав АК5М2Ц4. Для коригування хімічного складу та забезпечення необхідних властивостей сплаву за потреби використовують лігатури, зокрема мідну та марганцеву.

Модифікування сплаву. З метою покращення структури металу та підвищення механічних властивостей виливків застосовують модифікатор EUTEKTAL T200, який сприяє подрібненню зерна та формуванню більш однорідної структури сплаву.

Плавка «на болото». Допускається ведення плавки методом «на болото», при якому в тиглі залишають до 30 % рідкого металу попередньої плавки. Такий спосіб сприяє прискоренню процесу розплавлення шихти та зменшенню енергетичних витрат.

Рафінування розплаву. Для очищення розплавленого металу від газових і неметалевих включень перед розливанням проводять рафінування із застосуванням флюсу АЛ224. Необхідну кількість флюсу попередньо загортають у паперовий пакет товщиною не більше 10 мм. Перед проведенням операції готують плавильний інструмент — занурний дзвоник і шлакозчищалку, які покривають вогнетривкою фарбою та висушують. Також очищають і просушують виливниці.

Пакет із флюсом поміщають у занурний дзвоник, після чого його занурюють у центральну частину металевої ванни на глибину 50–100 мм від дна тигля при температурі розплаву 730–750 °С. Протягом 5–8 хвилин виконують

переміщення дзвоника по спіральній траєкторії, забезпечуючи рівномірний розподіл флюсу в об'ємі металу. Після завершення обробки дзвоник витягують та очищають. Процес рафінування вважається завершеним після припинення бурління металу.

Після рафінування розплав витримують протягом 10–15 хвилин для осадження неметалевих включень, а потім поверхню металу очищають від шлаку. Далі здійснюють розливання металу у форми. Якщо тривалість витримки розплаву перевищує 60 хвилин, процес рафінування виконують повторно. Після завершення плавки шлак видаляють із виливниці.

У процесі плавки відбуваються втрати металу внаслідок утворення шлаку, оксидних плівок, угару та втрат під час розливання. Дані про втрати металу при плавці алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 в печі опору САТ-0,22/10 наведені 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

1.4. Кокільна машина для лиття алюмінієвих сплавів

Для виготовлення виливка Корпус НШ32МА використовуються одно позиційні кокільні машини мод. 5913 (рис. 1.2). Технічна характеристика даної машини представлена в табл. 1.5:

Однопозиційні кокільні машини призначені для виготовлення виливків із алюмінієвих та інших кольорових сплавів методом лиття у металеві форми — кокілі. Такі машини широко застосовуються в умовах серійного та масового виробництва завдяки простоті конструкції, надійності роботи та можливості отримання виливків високої якості.

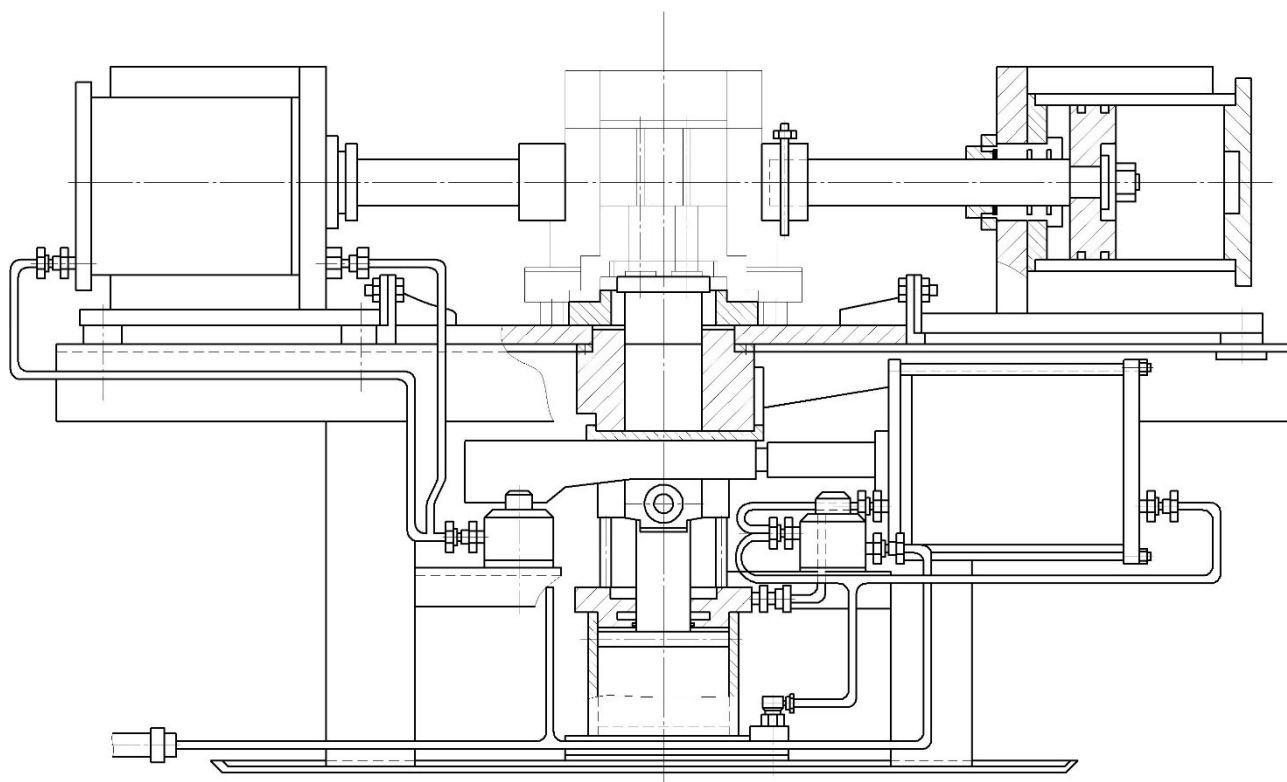


Рис. 1.2. Однопозиційна кокільна машина моделі 5913

Таблиця 1.5

Технічна характеристика карусельної кокільної машини моделі 5913

Параметри	Значення
Потужність двигуна, кВт	3
Розмір робочого місця для кріплення частини кокілю (ширина x висота), мм	500x400
Найменша відстань між плитами, мм	200
Хід плит, мм	400
Зусилля розмикання кокілю, кгс	4000
Продуктивність, заливок/год	до 60
Максимальна металоємність кокілю, кг:	
• для чорних сплавів	30
• для кольорових	20
Висота машини над рівнем підлоги, мм	875
Габаритні розміри, мм	2350x875x1500
Маса машини, кг	2500

Основним елементом машини є металевий кокіль, який складається з двох або більше частин, що утворюють порожнину майбутнього виливка. Кокіль встановлюється на станині машини та закріплюється за допомогою спеціальних механізмів. Відкривання і закривання форми здійснюється механічним, пневматичним або гідравлічним приводом. Однопозиційна машина забезпечує виконання всіх технологічних операцій на одному робочому місці: підготовку форми, заливання металу, охолодження, розкриття кокіля та видалення готового виливка.

Принцип роботи машини полягає у заповненні попередньо підігрітого кокіля розплавленим алюмінієвим сплавом. Після заливання метал кристалізується в металевій формі під дією інтенсивного відведення тепла через стінки кокіля. Після затвердіння виливка форма відкривається, а готовий виріб видаляється за допомогою виштовхувачів або вручну. Далі кокіль очищають, наносять захисне покриття та готують до наступного циклу роботи.

Однопозиційні кокільні машини забезпечують високу точність розмірів виливків, добру якість поверхні та стабільність геометричних параметрів. Завдяки швидкому охолодженню металу в кокілі формується дрібнозерниста структура, що позитивно впливає на механічні властивості алюмінієвих виливків. Крім того, використання багаторазових металевих форм дозволяє зменшити витрати формувальних матеріалів та скоротити тривалість виробничого циклу.

Для виготовлення алюмінієвих виливків кокільні машини оснащуються системами підігріву форми, механізмами фіксації та центрування кокіля, а також пристроями для охолодження. У сучасних конструкціях часто застосовуються автоматизовані системи керування, які дозволяють регулювати температуру кокіля, тривалість циклу лиття та послідовність виконання операцій.

До переваг однопозиційних кокільних машин належать висока продуктивність, можливість механізації процесу, стабільна якість виливків та довговічність кокілів. Водночас їх використання пов'язане з певними недоліками, серед яких значна вартість кокільного оснащення, обмеження щодо

складності конфігурації виливків та необхідність точного дотримання технологічних режимів.

Однопозиційні кокільні машини широко застосовуються у машинобудуванні, автомобільній та авіаційній промисловості для виготовлення корпусних деталей, кришок, кронштейнів, поршнів, елементів насосів та інших відповідальних виливків з алюмінієвих сплавів

1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків

Для відрізання ливниково-живильної системи використовується стрічкопилний верстат STILER BS 912B (Польща), технічні характеристики якого наведені в таблиці 1.6. Верстат призначений для різання алюмінію та його сплавів, а також кольорових і чорних металів. Обладнання характеризується високою продуктивністю, надійністю роботи та достатньою жорсткістю конструкції при відносно компактних габаритах, що спрощує його встановлення та експлуатацію у виробничих умовах.

Опускання пильної головки здійснюється за допомогою гідроциліндра, а плавне регулювання швидкості різання забезпечується клапаном контролю потоку масла. Швидкість руху стрічкової пилки змінюється шляхом регулювання передавального числа шківів між електродвигуном та черв'ячною передачею. Для підвищення якості різання та зменшення зношування інструменту верстат оснащений системою подачі охолоджувальної рідини з електронасосом та спеціальним баком.

Конструкцією верстата передбачені сучасні засоби безпеки, що відповідають вимогам стандартів СЕ. Після завершення процесу різання робота обладнання автоматично припиняється за допомогою кінцевого вимикача. Також верстат оснащений аварійним вимикачем типу «грибок безпеки» та системою мікрОВимикачів, які блокують роботу обладнання при відкриванні захисних кожухів ремінної передачі або стрічкової пилки.

Таблиця 1.6. Технічна характеристика 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 шківів 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 обробки виливків застосовується обдирно-шліфувальне обладнання. Зокрема, верстат моделі 3М634 використовується для видалення облоя, залишків ливниково-живильної системи, заусенців та інших поверхневих дефектів. Крім основних операцій з очищення виливків, даний верстат дозволяє виконувати різні слюсарні роботи, зокрема зняття фасок, обробку ливників, заточування металорізального та деревообробного інструменту, а також точіння і профілювання металевих виробів.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ В КОКІЛЬ

ВИЛИВКА «КОРПУС НШ32МА»

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок

Виливок «Корпус НШ32МА» (рис. 2.1) виготовляти з алюмінієвого ливарного сплаву АК5М2Ц4, хімічний склад якого повинен відповідати вимогам чинної нормативної документації (табл.1.1). Спосіб виготовлення виливка – лиття в кокіль. Клас точності виливка – 9Т, ступінь короблення – 5, ступінь точності поверхні – 5. Ливарні припуски на механічну обробку, формувальні ухили, радіуси заокруглень і граничні відхилення розмірів повинні відповідати кресленню виливка та вимогам стандартів на кокільне лиття алюмінієвих сплавів, а саме: різностінність не більше 1 мм, короблення не більше 1 мм, перекіс по роз'єму до 1 мм. Ливарні уклони становлять 3°, а ливарні радіуси - 3 мм.

Поверхня виливка повинна бути чистою, без залишків формувальних матеріалів, пригару та оксидної плівки. На виливку не допускаються тріщини, неспаї, усадкові раковини, шлакові та інші сторонні включення, газова пористість і дефекти, які можуть погіршити міцність, герметичність або механічну оброблюваність деталі. Допускаються окремі незначні поверхневі дефекти, якщо вони не впливають на експлуатаційні характеристики виробу та не виводять розміри за межі встановлених допусків. Загальна пористість не повинна перевищувати еталон №2 шкали пористості за ДСТУ 2839-94.

Ливниково-живильна система повинна бути повністю видалена. Місця зрізання ливників, випорів і прибутків необхідно зачистити врівень з поверхнею виливка. Облой, задирки та гострі країки повинні бути видалені або притуплені. Після механічної обробки привалочні поверхні та отвори корпусу повинні забезпечувати необхідну точність взаємного розташування і герметичність з'єднань відповідно до вимог креслення.

Виливок повинен забезпечувати отримання деталі, придатної до механічної обробки та подальшої експлуатації в складі шестеренчастого насоса.

Герметичні порожнини корпусу після механічної обробки повинні витримувати випробування на герметичність без протікань і запотівання.

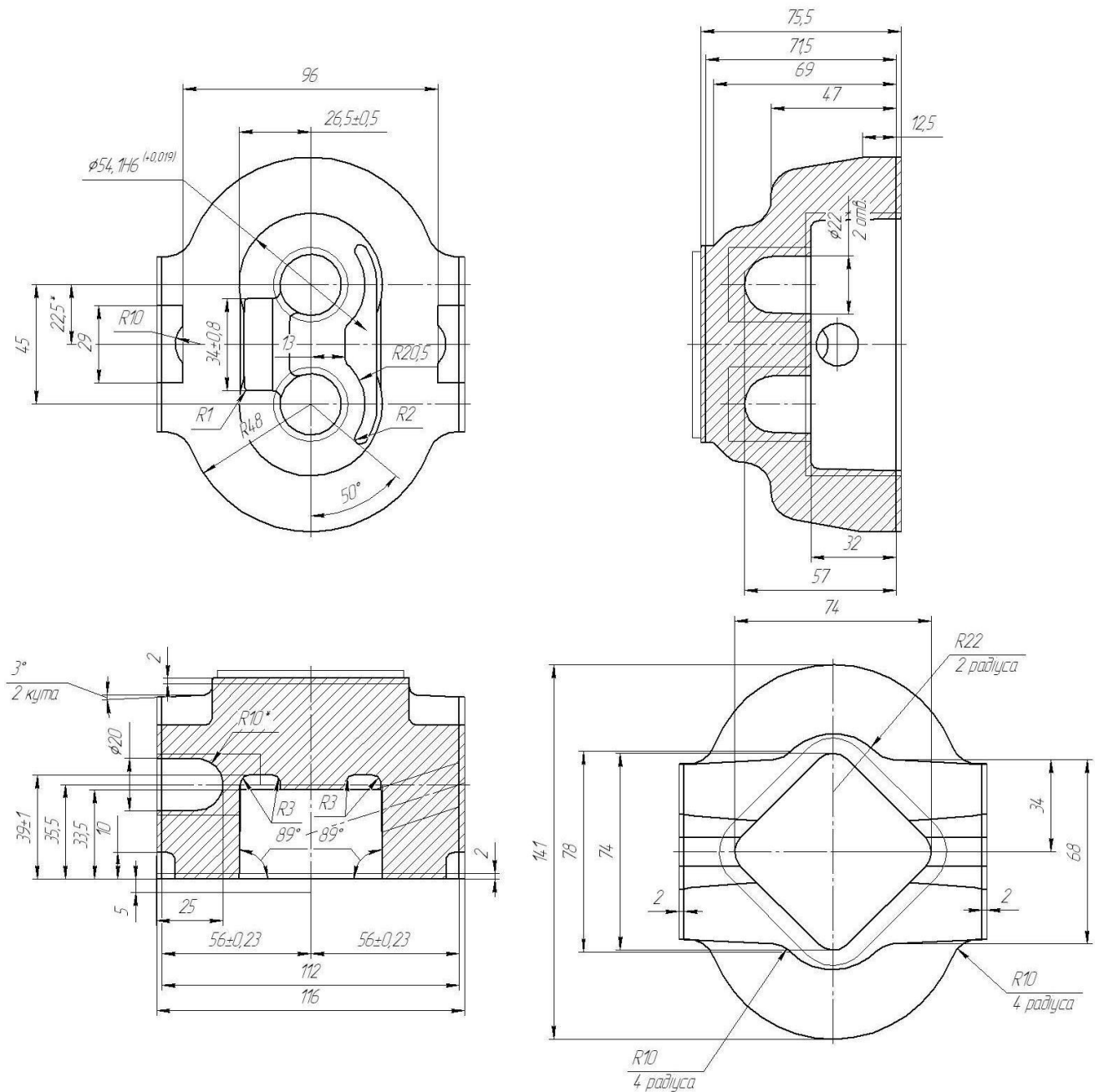


Рис. 2.1. Виливок корпус насоса НШ32МА

Виливок Корпус НШ32МА являє собою деталь складної просторової конфігурації. Його зовнішня поверхня утворена плоскими боковими стінками та торцевими поверхнями, виконаними у вигляді двох циліндрів, що перетинаються. Внутрішня порожнина також має складну форму і формується за допомогою виступів металевого стержня. Механічній обробці підлягають

внутрішні та бокові поверхні деталі. Базові поверхні повинні бути якісно сформовані та не мати раковин, заливів, неметалевих включень та інших дефектів, що можуть негативно вплинути на точність обробки і експлуатаційні характеристики виробу.

Габаритні розміри корпусу становлять $141 \times 116 \times 71,5$ мм. Маса готової деталі дорівнює 1,5 кг, маса виливка — 2,45 кг. Твердість матеріалу після виготовлення повинна знаходитися в межах 100–125 НВ.

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка

Перед розробленням технологічного процесу виготовлення виливка необхідно виконати детальний аналіз конструкції деталі та технічних вимог до неї. Такий аналіз дає змогу оцінити технологічність конструкції, визначити особливості формування виливка та обрати найбільш раціональні технологічні рішення, спрямовані на забезпечення необхідної якості виробу.

Після аналізу конструкції визначають положення виливка у формі під час заливання металу та його кристалізації. Правильно вибране положення забезпечує сприятливі умови заповнення форми розплавом, сприяє спрямованому твердінню металу та зменшує ймовірність утворення ливарних дефектів. Одночасно встановлюють поверхню роз'єму форми, яка повинна забезпечувати зручність виготовлення форми, складання стержнів та видалення виливка після його затвердіння.

Наступним етапом є призначення припусків на механічну обробку та усадку сплаву. Припуски на механічну обробку забезпечують отримання після оброблення поверхонь необхідної точності та шорсткості, а усадкові припуски компенсують зміну лінійних розмірів виливка під час охолодження і кристалізації металу.

Під час розроблення креслення виливка також визначають радіуси заокруглень і ливарні ухили. Заокруглення сприяють покращенню умов заповнення форми металом, зменшують концентрацію напружень та запобігають

утворенню тріщин. Ливарні ухили забезпечують безперешкодне видалення моделі або вилівка з форми без пошкодження формотворних поверхонь.

Правильне визначення зазначених параметрів є важливою умовою отримання якісного вилівка, який відповідає вимогам конструкторської документації та умовам подальшої експлуатації.

2.2.1 Вибір поверхні роз'єму форми. Одним із найважливіших етапів розроблення технології виготовлення вилівка є вибір поверхні роз'єму форми. Рационально вибрана поверхня роз'єму забезпечує спрощення процесу формування, складання форми та вилучення вилівка, а також сприяє підвищенню його якості та зниженню ймовірності виникнення дефектів.

Вибір поверхні роз'єму здійснюють з урахуванням конфігурації вилівка, його габаритних розмірів, розташування оброблюваних поверхонь та конструкції стержнів. При цьому необхідно дотримуватися загальноприйнятих принципів ливарного виробництва. Поверхня роз'єму повинна бути максимально простою та, по можливості, плоскою, що полегшує виготовлення форми та забезпечує її точне складання. Бажано мінімізувати кількість поверхонь роз'єму, оскільки їх збільшення ускладнює технологію формування та підвищує ризик зміщення частин форми.

Важливо також забезпечити зручність установаження та фіксації стержнів, а базові та оброблювані поверхні розташовувати таким чином, щоб вони не перетиналися площиною роз'єму. Це сприяє підвищенню точності вилівка та зменшенню обсягів механічної обробки.

Для вилівка «Корпус шестеренчастого насоса НШ32МА» прийнято вертикальне розташування поверхні роз'єму, яка проходить через середину деталі. Такий варіант забезпечує простоту виготовлення форми, зручність установаження стержня та безперешкодне видалення вилівка після його затвердіння. Крім того, обрана поверхня роз'єму дає змогу забезпечити необхідну точність формування основних конструктивних елементів корпусу та відповідає вимогам технологічності ливарного виробництва.

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

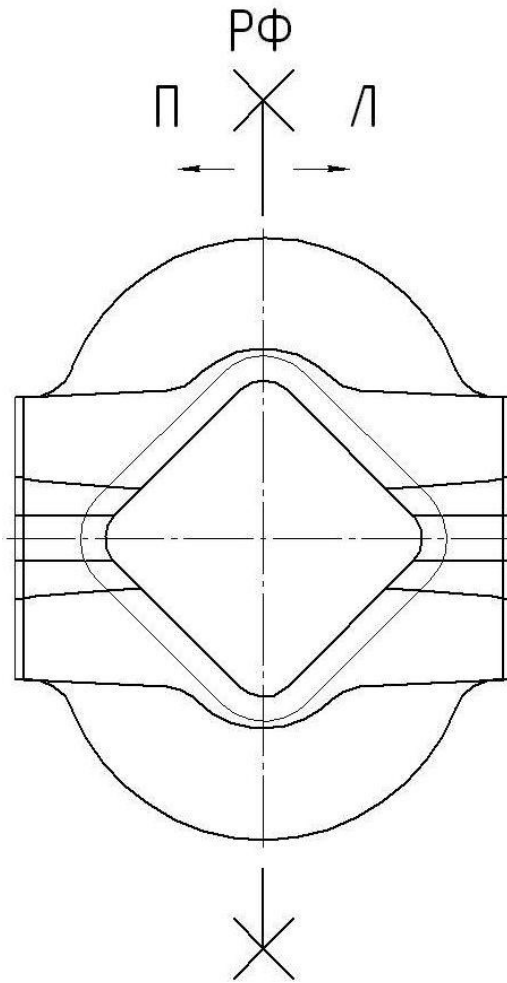


Рис. 2.2. Положення та поверхня роз'єму виливка

2.2.2. Призначення припусків на механічну обробку. Розміри виливка визначають на основі номінальних розмірів готової деталі з урахуванням припусків на механічну обробку. Призначення припусків необхідне для видалення поверхневого шару металу, який може містити ливарні дефекти, а також для забезпечення заданої точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь і необхідної шорсткості після механічної обробки.

Величина припуску залежить від ряду факторів, зокрема габаритних розмірів виливка, положення оброблюваної поверхні у формі під час заливання, способу лиття, марки сплаву та вимог до точності виготовлення. Крім того, на вибір припуску впливають особливості конструкції деталі та характер подальшої механічної обробки.

Для виливка «Корпус шестеренчастого насоса НШ32МА», який виготовляється з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 литтям у кокіль, припуски на механічну обробку приймають відповідно до вимог ГОСТ 26645–85. Нормативні значення забезпечують отримання необхідної точності оброблених поверхонь при мінімальних витратах металу та трудомісткості механічної обробки.

Призначені припуски враховують положення окремих поверхонь у формі та особливості процесу формування виливка. Прийняті значення припусків на механічну обробку для всіх оброблюваних поверхонь наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Припуски механічну обробку відливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль

Положення при заливці	Найбільший розмір	Найменший розмір
Верх	2,0	1,6
Низ	2,0	1,6
Збоку	2,0	1,6
Внутрішня поверхня	2,0	1,6

2.2.3. Розроблення креслення модельно-ливарних вказівок. Креслення модельно-ливарних вказівок розробляють на основі креслення деталі «Корпус шестеренчастого насоса НШ32МА». Воно є основним технологічним документом, який визначає особливості виготовлення виливка та містить усі необхідні дані для проєктування модельного комплекту, ливарної форми і ливниково-живильної системи. Креслення виконують відповідно до вимог чинних стандартів на конструкторську та технологічну документацію.

На кресленні модельно-ливарних вказівок відображають положення виливка у формі під час заливання та кристалізації металу, поверхню роз'єму форми, припуски на механічну обробку, ливарні ухили, стержневі знаки, а також елементи ливниково-живильної системи. Крім того, на кресленні зазначають усі технологічні розміри, необхідні для виготовлення моделі та стержневих ящиків.

Зображення виливка повинно відповідати його положенню у формі під час заливання металу. На кресленні наносять припуски на механічну обробку, які

забезпечують отримання після механічної обробки поверхонь із заданими розмірами та якістю. Отвори, що виконуються механічною обробкою і не формуються стержнями, умовно zakresлюють суцільними лініями. Поверхню роз'єму форми та вилівка позначають відповідними умовними позначеннями згідно з вимогами стандартів.

Припуски на механічну обробку, ливарні ухили та інші технологічні елементи показують на кресленні окремими графічними позначеннями. Шорсткість поверхонь указують відповідно до вимог конструкторської документації. Якщо для всіх поверхонь прийнято однакову шорсткість, її позначення допускається розміщувати у правому верхньому куті креслення.

На кресленні також показують елементи ливниково-живильної системи: ливникову чашу, стояк, живильники, шлаковловлювач та підживлювач. Їх розташування повинно забезпечувати спокійне заповнення форми металом, спрямоване твердіння вилівка та компенсацію усадкових явищ. Ливниково-живильну систему зображають у масштабі креслення тонкими суцільними лініями із зазначенням основних розмірів і характеристик перерізів її елементів.

Розроблене креслення модельно-ливарних вказівок є основою для подальшого проектування технологічного процесу виготовлення вилівка та забезпечує отримання якісного виробу, що відповідає вимогам конструкторської документації.

2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи

2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково-живильної системи. Ливниково-живильна система є одним із найважливіших елементів технології лиття, оскільки забезпечує підведення рідкого металу до порожнини форми, її заповнення та створення умов для спрямованого твердіння вилівка. Від правильності вибору конструкції ливниково-живильної системи значною мірою залежить якість готового виробу, рівень технологічних втрат металу та ймовірність утворення ливарних дефектів.

До складу ливниково-живильної системи входять ливникова чаша (або ливникова воронка), стояк, шлаковловлювач, живильники та підживлювачі. Ливникова чаша призначена для приймання потоку розплаву та забезпечення його рівномірного надходження у стояк. Стояк являє собою вертикальний канал, через який метал надходить до горизонтальних елементів системи. Шлаковловлювач служить для затримання неметалевих включень, оксидних плівок та інших забруднень, що можуть міститися в розплаві. Живильники забезпечують безпосереднє надходження металу в порожнину форми, а підживлювачі компенсують усадку металу під час кристалізації та запобігають утворенню усадкових дефектів.

При проектуванні ливниково-живильної системи необхідно забезпечити спокійне заповнення форми, мінімізувати турбулентність потоку металу, знизити небезпеку захоплення газів та оксидних включень, а також створити умови для спрямованого твердіння виливка. Раціонально спроектована система сприяє підвищенню якості виливків та зменшенню кількості браку.

2.3.2 Вибір місця підведення металу в порожнину форми. Для виливка «Корпус шестеренчастого насоса НШ32МА» підвід металу прийнято здійснювати в нижню частину форми. Такий спосіб заповнення забезпечує більш спокійний рух розплаву та зменшує його перемішування під час надходження до порожнини форми. При нижньому підводі метал поступово піднімається знизу догори, витісняючи повітря та гази через вентиляційні канали.

Крім того, при такій схемі заповнення оксидні плівки та неметалеві включення концентруються у верхній частині виливка, що сприяє покращенню якості його робочих поверхонь. Нижній підвід металу особливо ефективний при литті алюмінієвих сплавів, які характеризуються підвищеною схильністю до утворення оксидних плівок. Зазначена схема заповнення належить до сифонного типу та широко застосовується у виробництві відповідальних алюмінієвих виливків.

2.3.3 Вибір типу ливникової системи. З урахуванням конструкції виливка, його маси, матеріалу та прийнятого способу лиття для виготовлення

корпусу насоса обрано розширювальну нижню сифонну ливникову систему горизонтального типу. Така система забезпечує плавне заповнення порожнини форми, зменшує швидкість руху металу в живильниках та сприяє затриманню неметалевих включень у шлаковловлювачі.

Перевагою розширювальної системи є поступове збільшення сумарної площі поперечних перерізів елементів за напрямком руху металу, що дозволяє знизити турбулентність потоку та покращити умови формування виливка. Прийнята конструкція є типовою для кокільного лиття алюмінієвих сплавів і забезпечує отримання якісного виливка з мінімальною кількістю дефектів. Схему ливникової системи наведено на рис. 2.3.

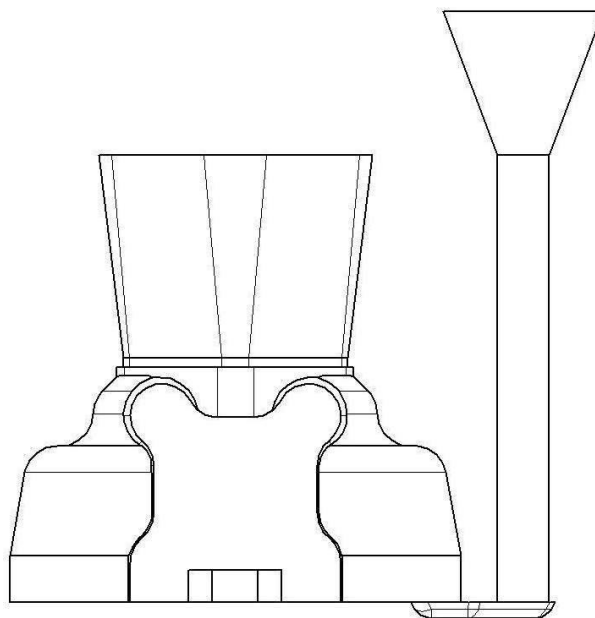


Рис. 2.3. Конструкція ливникової системи

2.3.4. Розрахунок конструкції підживлювача. Основним призначенням підживлювача є компенсація об'ємної усадки металу під час кристалізації та охолодження виливка. Підживлювач створює запас рідкого металу, який надходить у зони, що тверднуть останніми, запобігаючи утворенню усадкових раковин, пористості та інших усадкових дефектів. Крім того, підживлювач забезпечує спрямоване твердіння виливка та підвищує щільність металу у відповідальних перерізах деталі. Враховуючи сказане, встановлюємо підживлювач зверху виливка.

Розрахунок розмірів підживлювача виконуємо за наступною методикою.

Висота підживлювача:

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

де x_{ε} - коефіцієнт усадкової раковини, $x_{\varepsilon} = 9 \dots 12$ [15];

$\varepsilon_{\varepsilon}$ - відношення об'єму усадкової раковини $\varepsilon_{\varepsilon} = 9 \dots 12$ [15];

V_n - необхідний об'єм підживлювача.

$$V_n = \frac{\beta}{k} V_{\text{від}}, \quad (2.2)$$

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

$k = 0,25$ [14];

$V_{\text{від}}$ - об'єм вилівка $V_{\text{від}} = 875 \text{ см}^3$.

$$V_n = \frac{0,07}{0,25} \cdot 875 = 245 \text{ см}^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{10}{9,5} \cdot 245} = 63,5 \text{ мм}$$

Діаметр підживлювача:

$$D = H \cdot (1,1 \dots 1,5) = 69,8 \dots 95,2 \text{ мм}$$

Для більш ефективного живлення термічних вузлів відливка та виходу газів із ливарної форми конструктивно приймаємо підживлювач у формі зрізаної піраміди (рис. 2.4).

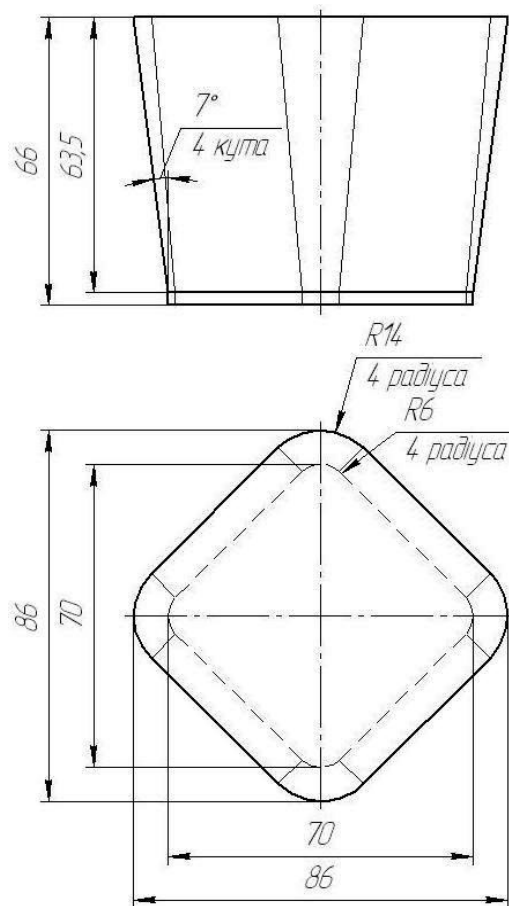


Рис. 2.4. Форма і розміри підживлювача

2.3.5. Розрахунок ливникової системи. Розрахунок ливникової системи є важливим етапом проєктування технології виготовлення виливка, оскільки від правильного вибору розмірів і співвідношення її елементів залежить якість заповнення форми та відсутність ливарних дефектів. Під час розрахунку необхідно забезпечити такі умови руху розплаву, за яких метал надходитиме у порожнину форми рівномірно та без надмірної турбулізації.

Однією з основних вимог є обмеження значення критерію Рейнольдса для окремих елементів ливникової системи. Це дозволяє підтримувати впорядкований характер руху металевого потоку та зменшити ймовірність захоплення оксидних плівок, газів і неметалевих включень. Особливо важливим це є при литті алюмінієвих сплавів, які характеризуються підвищеною схильністю до утворення оксидних плівок на поверхні розплаву.

Другим важливим фактором є забезпечення такої швидкості руху металу, яка гарантує повне заповнення порожнини форми до початку кристалізації.

Недостатня швидкість може призвести до утворення недоливів, неспаїв та інших дефектів, пов'язаних із передчасним охолодженням металу, тоді як надмірна швидкість викликає турбулентне заповнення форми, ерозію формотворних поверхонь та захоплення повітря.

Для одержання якісних виливків з алюмінієвих сплавів необхідно забезпечити поступове зниження швидкості руху металу від стояка до живильників. З цією метою застосовують розширювальні ливникові системи, у яких сумарна площа поперечних перерізів елементів збільшується за напрямком руху розплаву. Така конструкція сприяє стабілізації потоку металу, зменшує турбулентність і забезпечує більш сприятливі умови заповнення форми.

Для виливка «Корпус шестеренчастого насоса НШЗ2МА» прийнято розширювальну нижню сифонну ливникову систему, яка забезпечує плавне надходження розплаву в порожнину форми, знижує небезпеку утворення оксидних включень та сприяє отриманню якісного виливка без дефектів заповнення. Співвідношення площ перерізів елементів ливникової системи наступне:

$$F_c : F_k : F_{жс} = 1 : 1,15 : 1,3, \quad (2.3)$$

де F_c , F_k , $F_{жс}$ - відповідно площі поперечного перерізу стояка, колектора, живильника.

Мінімальна швидкість підйому металу у формі:

$$u_0 = (3,0 \dots 4,2) l_0, \quad (2.4)$$

де u_0 - початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

l_0 - характерна товщина стінки відливка, см.

При литті дрібних та середніх виливків у кокіль площа поперечного перерізу стояка визначається за формулою:

$$F_c = \frac{(3,0 \dots 4,2)G}{\rho H_0 l_0 u_c}, \quad (2.5)$$

де G – Маса металу, що заливається у форму, г.

ρ - густина рідкого розплаву, г/см³, $\rho = 2,7$ г/см³ [12];

H_0 – початковий статичний напір металу (висота металу над місцем підведення), см, $H_0 = 14$ см;

l_0 - середня товщина стінки відливка, см, $l_0 = 2,3$ см;

u_c - швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

$$u_c = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.6)$$

де μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,65 \dots 0,75$ (для нижнього підводу металу) [15];

H_p - статичний напір, $H_p = H_0 - \frac{p^2}{2c}$.

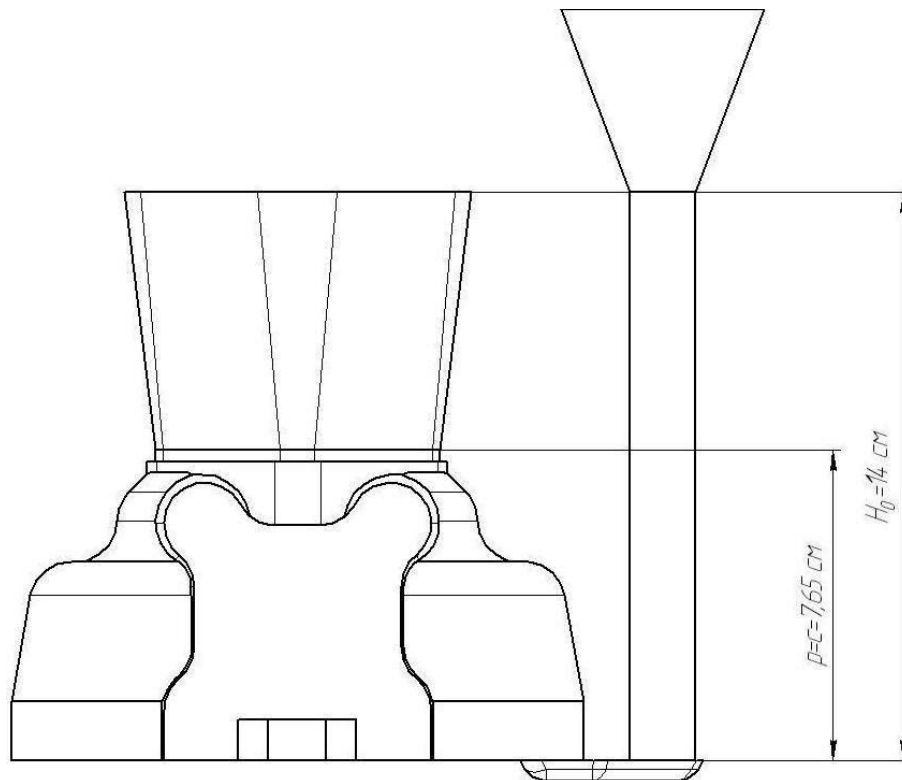


Рис. 2.5. Схема до розрахунку статичного напору

$$H_p = 14 - \frac{7,65^2}{2 \cdot 7,65} = 10,175 \text{ см}$$

$$u_c = 0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 10,175} = 91,8 \text{ см/с}$$

Маса металу, що заливається у форму визначається як сума маси виливка $G_в$ і маси ливникової системи $G_{л.с}$:

$$G = G_в + G_{л.с} = 2450 + 1225 = 3670 \text{ г};$$

Тоді площа перерізу стояка згідно з формулою (2.5):

$$F_C = \frac{(3,0 \dots 4,2) 3670}{2,7 \cdot 14 \cdot 2,3 \cdot 91,8} = 1,46 \dots 1,94 \text{ см}^2$$

Визначаємо діаметр стояка:

$$D_{cm} = \sqrt{\frac{4F_{cm}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,94}{3,14}} = 1,58 \text{ см.}$$

Приймаємо $D_{cm} = 16 \text{ мм}$.

Уточнюємо площу перерізу стояка з урахуванням прийнятих розмірів:

$$F_{cm} = \frac{\pi D_{cm}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ см}^2$$

Виходячи із співвідношення (2.3), приймаємо $F_{жс} = F_{cm} \cdot 1,3 = 2 \cdot 1,3 = 2,60 \text{ см}^2$ (в нашому випадку ливникова система складається зі стояка та живильника).

Живильник приймаємо прямокутний з закругленими нижніми краями, ширина – 54 мм, довжина – 5 мм, з радіусом скруглень 5 мм.

Перерізи елементів ливникової системи показано на рис. 2.6.

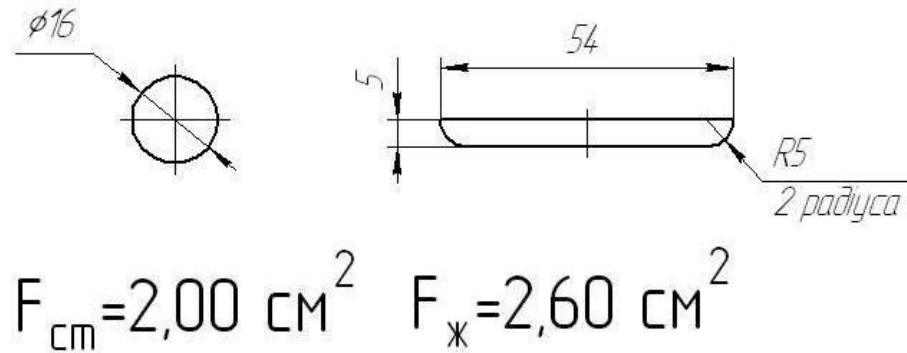


Рис. 2.6. Перерізи елементів ливникової системи

2.4. Технологічний процес виготовлення виливка

Технологічний процес виготовлення лиття у кокіль складається з комплексу послідовних операцій, які забезпечують отримання якісного виливка із заданими геометричними параметрами та експлуатаційними властивостями. До основних операцій належать підготовка кокілю до роботи, заливання металу, охолодження та видалення виливка, його очищення і контроль якості.

Виготовлення виливка здійснюється у металевому кокілі, встановленому на кокільному верстаті. Перед початком роботи кокіль збирають, встановлюють на плиту машини та монтують необхідні металеві стержні, які забезпечують формування внутрішніх порожнин корпусу насоса. Після складання кокілю перевіряють правильність установа всіх елементів та працездатність механізмів відкривання і закривання форми.

Для забезпечення стабільних умов лиття та зменшення термічних напружень кокіль перед заливанням розігрівають до температури 150–200 °С за допомогою газового пальника. Попередній підігрів сприяє покращенню заповнення порожнини форми металом і запобігає передчасному охолодженню розплаву.

На робочі поверхні розігрітого кокілю наносять теплоізолююче протипригарне покриття *Gillolin AL223 G*. Перед нанесенням порошкоподібну фарбу розводять водою у співвідношенні 1:5. Покриття наносять

пультверизатором у два шари. Після нанесення першого шару здійснюють його сушіння протягом 2–3 хвилин, після чого наносять другий шар. Рекомендована товщина покриття становить близько 0,2 мм. За необхідності окремі ділянки кокілю можуть піддаватися додатковому фарбуванню.

Після висихання покриття кокіль закривають за допомогою гідравлічного приводу машини та встановлюють стержні в робоче положення. Підготовлена форма готова до приймання розплавленого металу. Заливання кокілю здійснюють через ливниково-живильну систему, спроектовану для забезпечення спокійного та рівномірного заповнення порожнини форми.

Після заливання металу відбувається його охолодження та кристалізація. Тривалість витримки вилівка у кокілі становить 10–15 хвилин, залежно від температури заливання, товщини стінок та умов охолодження. Після завершення кристалізації за допомогою гідроприводу видаляють стержні, а кокіль відкривають.

Затверділий вилівок витягують із кокілю, захоплюючи його за підживлювач спеціальними кліщами. Вилівки складають у транспортну тару, після чого вони подаються цеховим транспортом на очисну дільницю для подальшої обробки.

На очисній дільниці виконують відділення підживлювачів і елементів ливникової системи на стрічкопильному верстаті. Після обрізання залишок металу в місці відділення підживлювача не повинен перевищувати 3 мм. За необхідності проводять додаткове зачищення поверхні відливка від задирок і слідів різання.

Після очищення вилівки направляють на дільницю технічного контролю. Контроль якості проводять вибіркоким методом відповідно до вимог технічної документації. Одним із основних контрольованих параметрів є твердість металу. Її вимірюють у зоні підживлювача в центральній частині вилівка за методом Брінелля на твердомірі ТШ-2 кулькою діаметром 10 мм при навантаженні 1000 кгс і витримці 30 с. Допустимі значення твердості повинні відповідати вимогам до сплаву АК5М2Ц4.

Крім того, здійснюють зовнішній огляд виливків для виявлення тріщин, раковин, неспаїв, газової пористості та інших поверхневих дефектів. На оброблюваних поверхнях допускаються лише незначні дефекти, глибина яких не перевищує двох третин призначеного припуску на механічну обробку.

Під час контролю також перевіряють основні базові та габаритні розміри вилівка, які повинні відповідати вимогам креслення та встановленому класу точності. Для корпусів насосів додатково проводять випробування на герметичність на спеціальних гідравлічних стендах. Вилівок вважається придатним, якщо під час випробувань не виявлено протікань, запотівання або інших ознак порушення герметичності.

Після проходження технічного контролю придатні вилівки передають на механічну обробку або на склад готових виливків для подальшого використання у виробництві шестеренчастих насосів.

2.5. Проектування ливарної оснастки

У процесі проектування ливарної оснастки для виготовлення відливків корпусу НШ32МА передбачено використання металевої форми, елементи якої виготовляються методом лиття з конструкційної нелегованої сталі 35Л. Дана марка матеріалу є традиційною для виробництва великогабаритних деталей та забезпечує однорідність фізико-механічних властивостей як основних робочих частин, так і безпосередньо основи кокілю. Для досягнення регламентованих параметрів точності та заданого рівня шорсткості формоутворюючих поверхонь після отримання заготовки здійснюється їх подальша чистова механічна обробка. З метою інтенсифікації виробничого процесу, зниження матеріаломісткості та загальної маси оснастки у конструкції форми інтегровано систему раціонально розташованих ребер жорсткості.

Формування внутрішніх контурів та порожнин відливка забезпечується за допомогою системи металевих стержнів різної конфігурації, які виготовляються з конструкційної якісної вуглецевої сталі 45 відповідно до вимог ГОСТ 1050-74.

Округлі та плоскі стержні отримують шляхом профільної механічної обробки круглих і плоских заготовок відповідно, з обов'язковим наступним поліруванням усіх поверхонь, що безпосередньо контактують з розплавом. Для суттєвого підвищення експлуатаційного ресурсу, зносостійкості та механічної міцності оснастки в умовах циклічного термічного навантаження всі стержні піддають хіміко-термічній обробці. Технологічний процес передбачає проведення азотування для формування дифузійного шару завтовшки $h=0,05$ мм із забезпеченням показників твердості у межах HRC 30...35.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розв'язане важливе технічне завдання розробки технології виготовлення виливка Корпус НШ32МА методом лиття в кокіль.

При розв'язанні даного завдання вирішено наступні задачі:

- вибрано матеріали та обладнання для виготовлення виливків та описано роботу ливарного обладнання;
- розраховано і сконструйовано ливникову систему;
- описано технологічний процес виготовлення виливка;
- описано процес проектування ливарного оснащення;

У першому розділі обґрунтовано вибір алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 для виливків, наведено його хімічний склад, механічні та ливарні властивості. Для плавки сплаву обрано електричні тигельні печі САТ-0,22/10 місткістю 220 кг, а також описано підготовку обладнання, процеси плавки та рафінування. Лиття здійснюється на однопозиційних кокільних машинах моделі 5913, технічні характеристики та будову яких детально розглянуто. Окремо висвітлено підготовку кокіля до роботи, технологію лиття та фінішну обробку виливків, що включає відрізання ливникової системи на стрічкопильному верстаті та зачистку залишків на обдирно-шліфувальному обладнанні.

У другому розділі проведено аналіз конструкції деталі й технічних вимог до виливка, на основі чого розроблено модельно-ливарні вказівки та технічні умови. Виконано розрахунок параметрів живильника і ливниково-живильної системи, а також описано етапи проектування ливарної оснастки. На завершення представлено повний технологічний процес виготовлення виливка та визначено оптимальні параметри для контролю його якості.

Розроблені креслення деталі з модельно-ливарними вказівками та форми в зборі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксьонов П. Н. Обладнання ливарних цехів. - М.: Машинобудування, 1997. - 510с.
2. Сафронов В. Я. Довідник з ливарного обладнання. - М.: Машинобудування, 1985. - 319 с.
3. Тітов Н.Д., Степанов Ю.А. Технологія ливарного виробництва: Підручник для машинобудівних технікумів. 2-ге вид. Перероб. - М.: Машинобудування, 1978. - 432 с.
4. Степанов Ю. А., Баландін Г. Ф., Рибкін В. А. Технологія ливарного виробництва. - М.: Машинобудування, 1983. - 287 с.
5. Ливниково-живильні системи. Конструювання та розрахунок ливникових систем. Навчальний посібник/Л.А. Большаков. - Маріуполь: ПДТУ, 2007. - 125 с.
6. Рубцов Н. Н. Спеціальні види лиття. - М.: Машгіз, 1955. - 331 с.
7. Білопухов А. К. Технологічні режими лиття під тиском. - М.: Машинобудування, 1967. - 239 с.
8. Галдін Н. М. Літникові системи для виливків з легких сплавів. - М.: Машинобудування, 1978. - 195 с.
9. Лиття в кокіль / За ред. А. І. Вейніка. - М.: Машинобудування, 1980. - 415 с.
10. Дубінін Н.П. Беліков О.А та ін Кокільне лиття - Довідковий посібник. М.: Машинобудування, 1967. - 456с.
11. Баландін Г. Ф. Теорія формування виливка. М. Видавництво МДТУ ім. н.е. Баумана, 1998 рік. 359 с.
12. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1971. С. 352.
13. Фрідляндер І.М. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1983.С.560.

14. Колобнєв, І.Ф. Термічна обробка алюмінієвих сплавів/І.Ф. Колобнєв. М.: Металургія, 1966. - 394с.
15. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1971. С. 352.
16. Белов А.Ф., Добаткін В.І., Квасов Ф.І. та ін Алюмінієві сплави. Промислові деформовані, спечені та ливарні алюмінієві сплави. Довідник М.: Металургія.1972.С. 552.
17. Фрідляндер І.М. Металознавство алюмінію та його сплавів. Довідник М: Металургія. 1983.С.560.
18. Колобнєв, І.Ф. Термічна обробка алюмінієвих сплавів. М: Металургія, 1966. 394с.
19. Застосування алюмінієвих сплавів. Довідкове керівництво / М. Б. Альтман [та ін]. Москва: Металургія, 1973. 408 с.
20. Конончук С.В., Пукалов В.В. Удосконалення технологічного процесу лиття у кокіль алюмінієвих сплавів. Литва – 2018: XIV Міжнар. наук.-практ. конф. Запоріжжя: АА Тандем, 2018. С. 119-120.
21. Підвищення продуктивності процесу лиття алюмінієвих сплавів на основі дослідження теплового режиму кокіля / Конончук С.В., Скрипник О.В., Свяцький В.В., Пукалов В.В. Литва – 2021: XVII Міжнар. наук.-практ. конф. Запоріжжя: АА Тандем, 2021. С. 107-111.
22. Конончук С.В. Підвищення продуктивності процесу лиття шляхом регулювання теплового режиму кокілю на основі комп'ютерного дослідження потоку повітря у каналах стрижня / С.В. Конончук, О.В. Скрипник, В.В. Свяцький, В.В. Пукалов // Центральноукраїнський науковий вісник: Технічні науки, вип. 5(36). 2022 нар. 3. 39-50.
23. Спеціальні способи лиття: довідник / В.А. Єфімов, Г.А. Анісович, В.М. Бабич та ін; за заг. ред. В.А. Єфімова. М.: "Машинобудування", 1991. 436 с.

ДОДАТКИ