

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра Матеріалознавства та ливарного виробництва

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри М та ЛВ
к.т.н., доц. Олександр КУЗИК
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2024__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Розробка технологічного процесу виготовлення
відливка корпус НШ 63Г-4-00-01 методом лиття в
кокіль»**

**«Development of a technological process for the
manufacture of a casting of the cover NSH 63G-4-00-01 by
casting in a coil»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ОЛ)-20
Станіслав Статінов
(прізвище та ініціали)

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк _____»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Керівник роботи:

к.т.н., доц.

Олександр СКРИПНИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доц.

(прізвище та ініціали)

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Матеріалознавства та ливарного виробництва
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М та ЛВ

Олександр КУЗИК

«___» _____ 2024 р.

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

Статінов Станіслав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення відливка корпус НШ 63Г-4-00-01 методом лиття в кокіль
- Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр СКРИПНИК
- Строк подання роботи до захисту 10.05.2024
- Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:
Розробити технологічний процес виготовлення виливка Корпус НШ100А-3-01 методом лиття в кокіль

Завдання:

- Обґрунтувати вибір матеріалу виливка та описати його властивості
- Привести характеристику деталі та розробити технічні умови на виливок
- Розробити технологічний процес виготовлення виливка
- Розрахувати і сконструювати ливникову систему
- Описати технологічний процес виготовлення виливка
- Описати процес проектування ливарної оснастки

Перелік графічного матеріалу:

- Кришка НШ 63Г-4-00-01
- Кокіль

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Процес виготовлення виливка	Скрипник О. В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей	6.05.2024	
2	Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок	9.05.2024	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	11.05.2024	
4	Розрахунок і конструювання ливникової системи	13.05.2024	
5	Опис технологічного процесу виготовлення виливка	16.05.2024	
6	Опис процесу проектування ливарної оснастки	22.05.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2024	
8	Оформлення презентації роботи	3.06.2024	
9	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	10.05.2024	

Дата видачі завдання «_____» _____ 2024__ р.

Керівник роботи _____ (Олександр СКРИПНИК)
(підпис)

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

Здобувач вищої освіти _____ (Станіслав СТАТІНОВ)
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка викладена на 32 стор. друкованого тексту і містить 2 рис., 8 табл., 15 літературних посилань.

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

Об'єкт розробки – процес виготовлення виливка із сплаву АК5М2 кришка НШ 63Г-4-00-01 методом лиття в кокіль масою 2,78 кг литтям в кокіль.

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

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

Результати розробки можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві виливків із сплаву АК5М2 в умовах серійного та масового виробництва.

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

ABSTRACTS

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

The explanatory note provides an analysis of the part design, technical specifications for the casting, the process of its manufacture, and the selected technological equipment. Also, the calculation of the casting and feeding system is performed, the mold manufacturing process is described, the characteristics of materials, parameters and methods of technical quality control of castings are given.

The object of development is the process of manufacturing a casting of AK5M2 alloy cover NSH 63G-4-00-01 by the method of investment casting weighing 10.78 kg by investment casting.

Subject of development - determination of technological parameters, drawing up a description of the casting production and its molding.

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

The results of the development can be recommended for implementation in the production of castings from AK5M2 alloy in serial and mass production.

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

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей.....	7
2 Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок.....	9
3 Розробка технологічного процесу виготовлення виливка.....	10
3.1. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів.....	10
3.2 Визначення положення виливка у формі.....	14
3.3 Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків.....	16
4 Розрахунок і конструювання ливникової системи.....	17
4.1 Розрахунок і конструювання підживлювача.....	17
4.2 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи.....	19
5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка.....	26
6 Опис процесу проектування ливарного оснащення.....	28
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	29
ЛІТЕРАТУРА.....	30
ДОДАТКИ.....	32

ВСТУП

Ливарне виробництво вважається однією з ключових галузей металообробки та заготівельною базою для машинобудування. Воно забезпечує виготовлення різноманітних металевих виробів та деталей, які використовуються в різних галузях промисловості. Так, впровадження сучасних технологій, нових матеріалів, наприклад кольорових сплавів та автоматизації є ключовими чинниками для розвитку та удосконалення виробництва в ливарній галузі [1].

Використання кольорових сплавів є важливим напрямком для підвищення якості та ефективності виробництва. Ось деякі переваги використання таких сплавів:

1. відносно висока міцність. Деякі кольорові сплави мають кращі механічні властивості порівняно зі звичайними сплавами, що дозволяє виготовляти надійні вироби;
2. зменшення ваги. Кольорові сплави можуть мати високу міцність при меншій масі, що дозволяє створювати легші та більш ефективні вироби;
3. корозійна стійкість. Багато кольорових сплавів мають високу стійкість до корозії, що робить їх ідеальними для застосування в агресивних середовищах;
4. точність та складність виготовлення. Кольорові сплави можуть бути легко формовані в складні конфігурації та деталі з високою точністю, що робить їх ідеальними для виробництва складних виробів.

Застосування кольорових сплавів значно підвищує якість та ефективність виробництва в ливарній галузі, а також дозволяє виготовляти більш надійні, легкі та точні вироби для різних галузей машинобудування [2].

1 Обґрунтування вибору матеріалу виливка та опис його властивостей

Матеріали та обладнання, які використовуються в ливарному виробництві, грають критичну роль у якості, вартості та ефективності виробництва. Оптимальний вибір цих складових є ключовим для досягнення успішних результатів у виробництві виливків.

Загальною метою є забезпечення оптимального вибору та використання матеріалів та обладнання для досягнення найкращих результатів у виробництві виливків, забезпечуючи якість, ефективність та конкурентоспроможність продукції.

Для виготовлення виливків кришка НШ 63Г-4-00-01 використовується сплав АК5М2 ДСТУ 2839-94 Сплави алюмінієві ливарні. Технічні умови [3].

Сплав АК5М2 відноситься до найпоширенішої групи ливарних алюмінієвих сплавів - силумінів (система Al-Si). Маркування сплаву вказує на його склад та характеристики. У цьому випадку, буква "К" в маркуванні сплаву вказує на те, що кремній є одним з основних легуючих елементів, а цифра 5 визначає його процентний вміст у сплаві [4].

Механічні властивості та хімічний склад сплаву наведено в табл. 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сплаву АК5М2 ДСТУ 2839-94

Межа короточасної міцності, σ_B МПа	Відносне видовження при розриві, σ_B %	Твердість по Брінеллю, HB
118 – 206	0,5 – 2,0	65 – 75

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сплаву АК5М2 ДСТУ 2839-94

Основні компоненти, % за масою					Домішок не більше, %			
Si	Mg	Cu	Mn	Al	Fe	Zn	Ni	Ti
4 - 6	0,2 - 0,8	1,5 - 3,5	0,2 - 0,8	осн.	до 1,3	до 1,5	до 0,5	0,05 – 0,2

Силуміни мають особливу структуру, характеризувану наявністю грубої голчатої евтектики, що складається з α -алюмінію та кристалів кремнію. У литому стані ці сплави складається переважно з евтектичної суміші та деякої кількості надлишкових кристалів кремнію.

Механічні властивості таких сплавів зазвичай є досить низькими, з межею міцності на розтягнення приблизно від 120 до 160 МПа і відносним подовженням менше 1%. Це обумовлено особливостями структури та композиції сплаву [5].

У зв'язку з цим, для поліпшення механічних властивостей силумінів часто застосовуються методи модифікації, які спрямовані на оптимізацію структури та властивостей сплаву. Під час модифікації рідкого силуміну додають невеликі кількості металевого натрію або солей натрію. Це призводить до подрібнення частинок евтектичної суміші, що сприяє покращенню механічних властивостей. Крім того, під час модифікації відбувається деяке переохолодження, що призводить до структурних змін у сплаві.

Після модифікації структура сплаву складається з надлишкових кристалів α -твердого розчину та дуже дисперсної евтектики. Ця евтектика має дуже дрібний розмір, що сприяє покращенню механічних властивостей сплаву.

Силуміни можуть містити різні добавки, такі як цинк, титан, залізо, калій, мідь у невеликих кількостях, які можуть впливати на їхні властивості. Силуміни мають добрі ливарні якості і легко зварюються.

Щодо їхніх властивостей, силуміни відомі своєю зносостійкістю і міцністю, але вони також можуть бути крихкими матеріалами. Це означає, що вони добре витримують великі навантаження, але при впливі ударної сили, наприклад, при падінні, вони можуть розколотися. Це є головним недоліком матеріалу [5].

Таким чином, при використанні силумінів важливо враховувати їхні особливості та обирати правильний сплав для конкретних застосувань з урахуванням умов експлуатації та потреб в міцності та довговічності виробу.

2 Характеристика деталі та розробка технічних умов на виливок

Деталь кришка НШ63Г-4-00-01 виготовляється литтям в кокіль з алюмінієвого сплаву марки АК5М2. Габаритні розміри деталі $207 \times 145 \times 35$ мм.

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

Максимальна товщина стінки виливка 35 мм, мінімальна 13 мм.

Відливаються шість ребер жорсткості і технологічна решітка, які отримуються за допомогою металевої вставки. Технічні вимоги допускають одиничні раковини на поверхнях, які не оброблюються, шлакові включення, забруднення та інші дефекти в кількості не більше 5 штук на деталь, діаметром не більше 2 мм і глибиною не більше 1,5 мм. Базові поверхні А і Б повинні бути чистими без ужимин і одутостей. Загальна пористість не повинна бути вище еталону № 2 шкали пористості по ДСТУ 3015-95 [6], а зональна не вище бала 3 шкали пористості по ДСТУ 2839-94.

З метою вирівнювання товщини стінки відливка, що дає можливість ліквідувати термічні вузли і концентрацію ливарних напруг, технологія отримання виливка передбачає виготовлення останнього литтям в кокіль, причому виливається одночасно одна деталь. Це дає можливість спростити кількість операцій з механічної обробки.

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

3 Розробка технологічного процесу виготовлення виливка

3.1 Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для плавки сплаву марки АК5М2 обираємо індукційну тигельну піч промислової частоти моделі ІАТ-2,5 [7], технічна характеристика якої наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика індукційної тигельної печі промислової частоти моделі ІАТ-2,5

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Продуктивність	т/год	0,9
Потужність	кВт	1000
Температура перегріву	°С	750
Витрата електроенергії	кВт×г/т	750
Габаритні розміри, ширина × довжина × висота	мм	16000 × 13790 × 6600
Маса печі, не більше	кг	19600

Перед початком плавки тигель печі просушують та фарбують захисним покриттям. Цей процес дуже важливий для забезпечення ефективності та безпеки плавки. Окрім того, правильна підготовка тиглів допомагає запобігти забрудненню та контамінації металевого розплаву.

Отже, основні кроки цього процесу включають наступне:

1. очищення тигля. Тигель очищають від бруду та старого покриття. Це дозволяє забезпечити належне зчеплення захисного покриття з поверхнею тигля;
2. нагрівання тигля. Тигель нагрівають до температури від 100 до 150 °С. Це допомагає випарувати будь-яку залишкову вологу та підготувати поверхню для нанесення покриття;
3. нанесення першого шару покриття. Перший шар покриття складається з розчину, який містить окис цинку, воду та рідке скло. Цей шар захищає тигель від впливу високих температур під час плавлення металу (склад: окис цинку - 250 г, вода технічна - 1 л, рідке скло - 100 г);
4. просушування першого шару. Після нанесення першого шару покриття тигель просушують при температурі від 150 до 200 °С протягом 10...15 хвилин.

Це дозволяє забезпечити зрівноважене висихання та фіксацію покриття на поверхні тигля;

5. нанесення другого шару покриття. Після просушування наносять другий шар покриття;
6. прокалювання тигля. Тигель з нанесеним покриттям прокалюють при температурі 750 °С. Це дозволяє випарувати будь-які залишкові розчинники та забезпечити стійкість покриття під впливом високих температур під час плавлення металу;
7. стійкість покриття. Покриття має стійкість приблизно від 10 до 15 плавок, що забезпечує необхідний захист тигля протягом цього періоду експлуатації.

Послідовність завалки шихтових матеріалів для сплаву АК5М2 виглядає наступним чином:

- відходи власного виробництва (ливники, підживлювачі, браковані деталі). Це матеріали, які вже були використані в вашому виробництві та мають хімічний склад, що відповідає готовому сплаву АК5М2. Вони можуть бути використані для повторного використання в процесі виробництва;
- лігатури (мідна, марганцева). Лігатури - це домішки, які додаються до основного металевого сплаву для покращення його властивостей. У вашому випадку, мідна та марганцева лігатури можуть бути додані для зміцнення та покращення інших характеристик готового сплаву;
- чушковий сплав АК5М2. Це основний матеріал, який використовується для формування кінцевого металевого сплаву. Він має визначений хімічний склад та властивості і є основним компонентом у процесі завалки шихтових матеріалів.

Ця послідовність дозволяє оптимально використовувати різні матеріали та забезпечує необхідний хімічний склад та властивості готового сплаву АК5М2.

Автоматизований процес виготовлення виливка кришки НШ63Г-4-00-01 проходить на кокільній машині моделі 82А303, технічна характеристика якої наведена в табл. 3.2.

Під час заливки кокілю необхідно слідкувати за рухом розплаву. Для заливки металу в кокіль використовуємо дозатор моделі BuhlLadle 2-23, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.3 [9].

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика кокільної машини моделі 82A303

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

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика дозатор моделі BuhlLadle 2-23

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Вага дози	кг	2...23
Горизонтальне переміщення	мм	2550
Точність дози	%	±2
Занурення у ванну печі	мм	770
Регулювання висоти вузла пресування	мм	420
Встановлена потужність	кВт	5
Габарити машини	мм	1400 × 640 × 1700
Система керування		DataView
Маса	кг	800

Після заливки виливок охолоджується і твердіє безпосередньо в кокілі.

В якості обладнання для обрубки ливникової системи використовуємо стрікопильний верстат моделі Karmetal KDG, технічна характеристика якого наведена в табл. 3.4 [10].

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика стрікопильного верстату моделі Karmetal KDG

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Кількість одночасно оброблених деталей	шт	1
Продуктивність	вил/год	80
Ріжучий елемент – стрікова пила	мм	3000 × 27 × 09
Привід стрікової пили – електродвигун		
а) потужність електродвигуна;	кВт	1,1
б) частота обертів;	об/хв	1400
в) швидкість різання.	м/хв	25...90
Затиснення деталі - гідравлічне:		

діаметр гідроциліндра	мм	80
зусилля затискання	кгс	750
Гідравлічний привід – станція з електродвигуном		
а) частота обертання валу електродвигуна	об/хв	2800
б) потужність електродвигуна	кВт	0,37
в) об'єм бака для мастила	л	40
Кут нахилу лещат	град	60
Діапазон нахилу	град	0...60
Споживча потужність	кВт	1,5
Габарити верстата:		
довжина × ширина × висота	мм	900 × 1750 × 1400
Вага	кг	480

Зачистка виливків від залишків ливниково-живильної системи виконується на зачисній машині моделі 4626, технічна характеристика якої наведена в табл. 3.5 [11].

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика зачисної машини моделі 4626

Найменування параметрів	Одиниці	Числове значення
Маса виливків	кг	до 25
Продуктивність	т/год	0,5 – 0,6
Максимальні розміри зачищеного виливка	мм	500 × 300 × 300
Потужність	кВт	80,3
Габаритні розміри машини	мм	5135 × 3340 × 2030
Маса	кг	8900

Після зачистки виливків для забезпечення якості та тривалості виробів проводять ще ряд важливих операцій, а саме:

1. контроль якості виливків. Контроль якості здійснюється через зовнішній огляд відповідних спеціалістів БТК цеху. Після виявлення недоліків проводиться їх виправлення. Після виправлення виливки проходять повторний контроль якості для перевірки виправлених недоліків;
2. фарбування виливків. Фарбування виливків здійснюється з метою захисту від корозії. Перед фарбуванням виливки промиваються в двокамерній машині і сушаться теплим повітрям. Після цього проводиться ґрунтовка виливок шляхом їх занурення у ванну з наступним просушуванням у камері при температурі 60 °С протягом 10 хвилин;
3. складування готових виробів. Після фарбування виливки направляються на склад готових виробів для подальшого використання.

Ці кроки демонструють систематичний підхід до забезпечення якості продукції та захисту від корозії, що є важливими аспектами в процесі виробництва.

3.2 Визначення положення виливка у формі

Для забезпечення точних розмірів і уникнення браку по газовим і усадочним раковинам, а також для спрощення обробки та зниження числа ліній роз'єму приймаються наступні заходи:

1. раціональне розташування підживлювача і забезпечення направленого затвердівання. Підживлювачі розташовують таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл металу під час заливки і створення умов для направленого затвердівання виливка;
2. мінімізація ліній роз'єму. Щоб зменшити число ліній роз'єму, які можуть створювати недоліки в відливці, необхідно ретельно розглянути конструкцію деталі і визначити оптимальне положення виливка у формі;
3. проста зовнішня поверхня виливка. Щоб спростити обробку виливка, його зовнішня поверхня має бути максимально простою і вільною від складних геометричних елементів.

Враховуючи ці аспекти положення виливка у процесі виготовлення в кокілі буде наступним:

1. виливка в кокілі розташована на торець так, що поздовжня його вісь паралельна вертикальній лінії роз'єму;
2. підживлювач встановлено в нижній частині плоскої поверхні, яка обробляється для забезпечення вільного підживлення виливка і направленого затвердівання;
3. постановку ребер жорсткості проводять знизу, а вставки монтуються на кокільній плиті теж знизу.

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

1. легке видалення з кокілю. Зменшує витрати на виробництво через економію часу та ресурсів;

- 2 відсутність виступаючих частин. Спрощує виготовлення кокілю та механічну обробку виливка, а також зменшує ризик пошкодження деталі під час видалення з кокілю;
- 3 мінімальні ливарні ухили для механічної обробки. Допомогає забезпечити належну товщину стінок виливка та зменшити кількість операцій подальшої обробки;
- 4 Проста лінія роз'єму. Збільшує стійкість кокілю та полегшує процес видалення виливка;
- 5 рівномірне охолодження. Допомогає уникнути нерівномірності властивостей матеріалу та можливих дефектів у виливці;
- 6 відсутність гострих кутів. Спрощує процес виготовлення та знижує ризик виникнення дефектів у внутрішній поверхні кокілю;
- 7 базова частина виливка розміщена в одній частині кокілю. Забезпечує точність розмірів відливка і спрощує процес виготовлення кокілю.

З аналізу конструкції деталі можна зробити такі висновки:

- а) деталь має просту поверхню. Це означає, що форма виливка може бути максимально спрощеною, що полегшує процес виготовлення виливка та обробки деталі.
- б) деталь має різні отвори, тому конструкція виливка змінена. Зміна конструкції виливка для врахування різних отворів допомагає забезпечити точність та якість виготовлення деталі. Використання складних стержнів для виготовлення виливка може допомогти уникнути деформації чи пошкодження деталі під час процесу видалення з кокілю. Окремі деталі виливка можуть краще оброблюватись, оскільки вони не мають зайвих елементів.

Зазначені пункти враховують ключові аспекти виготовлення виливків, що допоможе забезпечити високу якість продукції та оптимізувати процес виробництва.

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

Величина припуску на механічну обробку залежить від різних факторів, серед яких можна виділити наступні:

1. рід сплаву. Різні сплави можуть мати різні властивості, такі як твердість, міцність, усадку під час охолодження тощо. Це може впливати на необхідний обсяг припуску для забезпечення відповідної точності обробки;
2. розмір виливка. Більші розміри можуть потребувати більших припусків для компенсації можливих деформацій або розрізів під час механічної обробки;
3. точність виготовлення. Якщо виливок виготовляється з високою точністю, то може знадобитися менший припуск, щоб забезпечити потрібну геометричну точність після обробки;
4. положення в кокілі. На розмір припуску впливає те що виливок може бути розташований у неправильному положенні в кокілі. Це призводить до обмеженого доступу до певних ділянок під час обробки;
5. складність конфігурації. Чим складніша форма виливка, тим більше припуску може знадобитися для компенсації потенційних відхилень в геометрії під час обробки.

Урахування цих факторів допомагає встановити оптимальну величину припуску для кожного конкретного випадку з метою забезпечення високої якості обробки та відповідності геометричним вимогам.

Припуски на механічну обробку приймаємо відповідно до ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення [12]:

- зовнішні бокові поверхні - 3 мм;
- верхні поверхні - 3 мм.

Допуски на розміри відливка:

до 40 мм $\pm 0,5$ мм;

41 - 100 мм $\pm 0,5$ мм;

101 - 250 мм $\pm 0,7$ мм.

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

Припуск на усадку використовується для компенсації усадки матеріалу відливка під час охолодження і затвердіння.

У вашому випадку, з урахуванням матеріалу виливка (алюмінієвий сплав АК5М2) усадку приймають на рівні 1,8 - 2,0 %. Це означає, що всі лінійні розміри кокілю повинні бути збільшені на цей відсоток для компенсації очікуваної усадки матеріалу виливка.

Цей припуск допомагає забезпечити, що після охолодження і видалення відливка з кокілю, деталь матиме потрібні розміри та геометричну точність.

4 Розрахунок і конструювання ливникової системи

4.1 Розрахунок і конструювання підживлювача

Розрахунок оптимальної конфігурації підживлювача є важливим етапом процесу виготовлення виливків, оскільки він визначає ефективність і надійність живлення виливка рідким металом. З описаних положень можна зробити наступні висновки:

1. горизонтальний переріз підживлювача у формі кола. Форма кола надає підживлювачу оптимальний об'єм для рідкого металу та дозволяє рідкому металу рівномірно поступати до виливка. Крім того, круглий підживлювач допомагає забезпечити стійкість усадочних раковин і уникнути виходу їх за межі підживлювача;
2. час твердіння підживлювача. Час твердіння підживлювача повинен бути більше часу твердіння підживлюємого вузла для забезпечення постачання рідкого металу протягом усього процесу заливки;

3. об'єм підживлювача. Об'єм підживлювача повинен бути достатнім для компенсації усадки рідкого металу при затвердінні, щоб уникнути деформації або дефектів у виготовленій деталі;

4. усадочна раковина. Усадочна раковина повинна залишатися всередині меж підживлювача і не досягати його шийки, щоб уникнути забруднення рідким металом та забезпечити стабільність подачі рідкого металу до виливка.

Об'єм усадочної раковини визначають за формулою:

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

де $V_{\text{відл}}$ - об'єм відливка, см^3 ;

V_n - об'єм підживлювача, см^3 .

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

де r - радіус відливка, $r = 14,5$ см; $a = 6,5$ см, $d = 14,4$ см - проміжні розміри;

h - висота відливка, $h = 3,5$ см (лист БР-131.24.12.01.00.00).

$$V_{\text{відл}} = (3,14 \cdot 14,5^2 + 6,5 \cdot 14,5) \cdot 3,5 = 2640,5 \text{ см}^3$$

Визначаємо об'єм підживлювача:

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

де $\beta = 0,035 \dots 0,08$ – коефіцієнт [13];

$k = 0,25$ [13].

$$V_n = \frac{0,065}{0,25} \cdot 2640,5 = 686,5 \text{ см}^3$$

$$V_p = 0,065 \cdot (2640,5 + 686,5) = 216,25 \text{ см}^3$$

Приймаємо підживлювач овальної форми за специфіки конструкції відливка.

Приймаємо $a = 15,0$ см, $b = 7,5$ см [13], тоді висота підживлювача:

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

де a - довжина підживлювача, см;

b - ширина підживлювача, см.

$$h = \frac{216,25}{15 \cdot 7,5} = 2 \text{ см}$$

З урахуванням зменшення об'єму підживлювача за рахунок округлень приймаємо висоту підживлювача 50 мм.

4.2 Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Для виготовлення виливка кришка НШ 63Г-4-00-01 використовуємо нижню ливникову систему. Виправданість вибору нижньої ливникової системи для відливків подібної форми зазвичай базується на кількох ключових факторах, а саме:

1. спокійне заповнення форми. Нижня ливникова система дозволяє рідкому металу спокійно і рівномірно вливатися в форму, що мінімізує ризик спінювання, розбризкування та окислення розплаву;

2. затримка неметалевих включень. Ця система може ефективно затримувати неметалеві включення, які можуть бути присутні в розплаві, тим самим запобігаючи їх потраплянню в форму і впливу на якість виливки;
3. заповнюваність та витіснення повітря та газів. Нижня ливникова система сприяє задовільній заповнюваності форми і послідовному витискуванню повітря та газів, які можуть залишатися в порожнині форми під час заливки;
4. Легкість відділення та економія металу. Вона легко відділяється при обрубці, що спрощує процес виготовлення виливки, а також витрата металу на неї зазвичай менша, ніж на вертикально-щільову систему.

Враховуючи ці переваги, вибір нижньої ливникової системи для виливок подібної форми може бути обґрунтованим і сприяти досягненню бажаного результату з якістю виготовлення відливок.

Виходячи з маси відливка 2,780 кг та висоти 3,5 см орієнтовно задаємо співвідношення:

$$F_c : F_k : F_{жс}, \quad (4.5)$$

де F_c - площа перерізу стояка, см²;

F_k - площа поперечного перерізу колектора, см²;

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

Визначаємо висоту стояка:

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

де $h_{відл}$ - висота відливка, см;

$h_{нід}$ - висота підживлювача, см.

$$h_c = 3,5 + 5 = 8,5 \text{ см}$$

Виходячи із залежності між висотами стояка і чаші, приведений в [13] для $h = 100$ мм приймаємо висоту чаші $H_q = 40$ мм.

Розраховуємо початковий гідростатичний напір по формулі:

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

де h_q - рівень розплаву в чаші, мм; приймаємо $h_q = 35$ мм;

h_c - висота стояка, мм.

$$H_o = 65 + 35 = 100 \text{ мм}$$

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

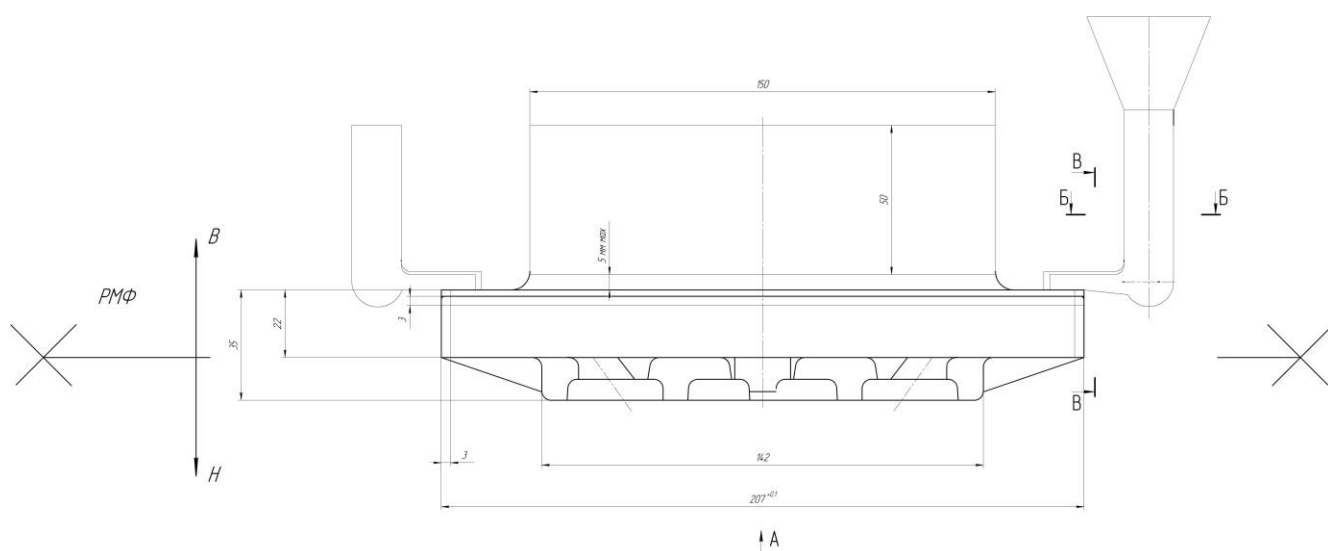


Рисунок 4.1 – Схема до розрахунку ливникової системи.

$$F_\phi = \pi \cdot r^2 + a \cdot b, \quad (4.8)$$

де r - радіус відливка, см;

a, b - розміри прямокутної ділянки посередині, см.

$$F_{\phi} = 3,14 \cdot 7,5^2 + 6,5 \cdot 14,5 = 150,5 \text{ см}^2$$

Знаходимо середній розрахунковий напір по формулі:

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

де H_0 - розрахунковий гідростатичний напір, см;

$h_{відл}$ - висота відливка, см (лист БР-131.24.12.01.00.00).

$$H_p = 10,0 - \frac{3,5}{2} = 8,25 \text{ см}$$

Визначення розрахункової швидкості руху розплаву по стояку. По номограмі [13] для бокової ливникової системи (тип Л-2А): $d_{ст} = 0,016$ м - діаметр стояка в нижньому перерізі; $H_0 = 0,1$ м - початковий гідростатичний напір; $L_k = 0,0$ м - довжина колектора; $n = 1$ - кількість живильників.

Для $F_c : F_k : F_{жс} = 1 : 2 : 3$, швидкість руху розплаву $V_c = 1,3$ м/с. Максимально допустима швидкість руху розплаву визначається [13] $V_{сmax} = 1,86$ м/с.

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

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

де $R = 2...6$ - коефіцієнт заповнюваності [13]. Приймаємо $R = 2$;

P_{ϕ} - периметр перерізу форми в місці підводу розплаву:

$$P_{\phi} = 2 \cdot \pi \cdot r + 2 \cdot a, \quad (4.11)$$

$$P_{\phi} = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 + 2 \cdot 6,5 = 60,1 \text{ см}$$

$$Q_{\phi} = 2 \cdot 60,1 = 120,2 \text{ см}^3/\text{с}$$

Визначаємо середню швидкість підйому розплаву у формі, за формулою:

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

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

F_{ϕ} - площа перерізу відливка, см^2 .

$$V_{\phi} = \frac{120,2}{150,5} = 0,78 \text{ см/с}$$

За рекомендаціями [13] для відливка товщиною $\sigma_{\text{від}} = 35 \text{ мм}$ і висотою $h_{\text{від}} = 35 \text{ мм}$ знаходимо мінімальну швидкість підйому розплаву $V_{\phi \text{ min}} = 0,45 \text{ см/с}$.

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

Визначаємо площу перерізу стояка за формулою:

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

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

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

$$F_c = \frac{120,2}{63,25} = 1,9 \text{ см}^2$$

Визначаємо діаметр стояка:

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

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

Приймаємо $D_c = 16 \text{ мм}$.

При вільному падінні течії розплаву в вертикальному каналі (стояку) швидкість руху розплаву збільшується, що може призвести до певних проблем з повітрям та газами. Особливо це стосується верхнього перерізу стояку.

Якщо вертикальний канал не має конусоподібної форми або не має додаткових засобів для контролю течії розплаву, може виникнути ефект підсмоктування повітря через роз'єм форми під час заливки в стояк. Це може призвести до втрати металу, утворення газових пазирів у відливці та інших дефектів.

Конусоподібна форма стояка або додаткові вентиляльні системи можуть допомогти зменшити цей ефект, забезпечуючи більш однорідний рух розплаву в каналі і запобігаючи підсмоктуванню повітря.

Для каналу круглого перерізу:

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

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

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

H - гідростатичний напір, см;

$\mu_r = 0,98$ - коефіцієнт витрати системи в ливниковій чаші [14].

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

де h_c – висота стояка, см;

h_r – висота рівня металу в чаші, см.

$$H = 6,5 + 3,5 = 10 \text{ см}$$

$$d_{ce} \geq 14 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,6^2 \cdot 10,5}{0,98^2 \cdot 5,2}} = 15,9 \text{ мм}$$

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

Визначаємо фактичну швидкість потоку в колекторі за формулою:

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

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

F_c - площа перерізу відливка, см^2 ;

F_k - площа перерізу колектора, см^2 .

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

Максимально допустима швидкість визначається за формулою:

$$V_{\kappa \max} = \frac{42}{R_{\kappa}}, \quad (4.18)$$

де R_{κ} - площа поперечного перерізу колектора, см^2 .

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

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

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

Товщину живильника приймаємо рівною $\delta_{\text{ж}} = 6 \text{ мм}$

Знаходимо висоту живильника:

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

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

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

$$c = \frac{6}{0,6} = 10 \text{ см}$$

5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка

Технологічний процес виготовлення виливка в кокіль включає ряд кроків, які дозволяють підготувати кокіль до заливки, забезпечують оптимальні умови для заливки металу, а саме:

1. Збирання кокілю. Кокіль збирається і встановлюється на гідравлічну машину за допомогою штоків бокових гідроциліндрів і направляючих. Також

встановлюються вставки, які необхідні для формування деяких особливих деталей виливка;

2. підготовка кокілю до роботи. Перед заливкою кокіль підігрівається до температури 250...300 °С за допомогою пальника для забезпечення оптимальних умов для заливки металу;

заливка кокілю. Після розігріву кокілю на нього наноситься фарба GILLOLIN AL223 за допомогою пульверизатора. Ця фарба служить протипригарним і теплоізоляційним покриттям. Перед нанесенням фарба розводиться водою в пропорції 1:3 і наноситься в два етапи з проміжним просушуванням на протязі від 2 до 3 хв;

3. охолодження та видалення виливка. Після просушування кокілю його закривають і встановлюють у необхідне положення напівформи. Після цього проводять заливку металу. Сплав АК5М2 заливають при температурі 720 °С. Після повного охолодження та затвердіння виливка стержні видаляються, а кокіль розкривається для вилучення виливка;

4. транспортування виливків на очисну ділянку. Виливки знімаються з кокілю за допомогою кліщів за підживлювач і переносяться у тару. Потім тару з відливками транспортують цеховим транспортом на очисну ділянку;

5. очищення виливків та контроль якості. На очисній ділянці виливки піддаються процесу очищення від залишків підживлювачів. Після цього вони направляються на естакаду очисної ділянки для подальшого контролю якості БТК цеху. Контроль включає перевірку твердості (від 90 до 110 НВ, заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі шарика 10 мм, навантажені 1000 кгс та витримці 30 с), візуальний огляд для виявлення дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, які оброблюються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку) і замір базових розмірів відливка;

6. перевірка на герметичність. Виливок кришка НШ63Г-4-00-01 перевіряється на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

Кожна з цих операцій має своє значення для забезпечення якості та точності виготовлення виливка. Технологічний процес включає в себе кроки, що

дозволяють підготувати кокіль до заливки, забезпечують оптимальні умови для заливки металу, а також здійснюють контроль якості після виготовлення відливка.

6 Опис процесу проектування ливарного оснащення

Кокіль для виготовлення виливків кришка НШ 63Г-4-00-01 виготовляється литтям з сталі 45 ДСТУ 7809:2015 [15]. Для покращення властивостей сталі її легують такими елементами: Cu - 1 %, V - 0,5 %, Ti - 0,1 %, Sn - 0,2 %, Al - 3 %. Легуючі елементи вводяться в ківш. Після виготовлення виливка проводиться механічна обробка формують поверхонь кокилю.

Кокіль має ребра жорсткості для зменшення металоємкості і ваги. Основа кокилю виготовляється з сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

Вставки виготовляються шляхом механічної обробки плоскої заготовки. Поверхні, які контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал вставок сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Бокові формують і плиту низу виготовляються шляхом механічної обробки плоскої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал - сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

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

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В бакалаврській роботі розроблена технологічний процес виготовлення виливка кришка НШ 63Г-4-00-01.

Виконано аналіз конструкції деталі кришка НШ 63Г-4-00-01 і технологічних умов на виливок, припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розмірів стержнів, вибрано описано обладнання для виготовлення виливків, описано технологічний процес виготовлення виливка і процес проектування ливарної оснастки.

Розрахована оптимальна ливниково-живильна система, яка дозволяє досягти якісного заповнення форми металом при мінімальних його втратах, що важливо для ефективного використання матеріалу та підтримки стабільної якості виливок.

Використання якісних матеріалів для виготовлення ливарної оснастки дозволяє забезпечити стійкість, довговічність та точність виготовлення виливків.

Враховуючи всі ці аспекти, можливо відмітити, що розроблений процес виготовлення виливків кришка НШ 63Г-4-00-01 ефективний і веде до отримання якісних виробів за вимогами замовників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хричиков В. Е., Меняйло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с.
2. Власенко А. М. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – К.: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
3. ДСТУ 2839-94 Сплави алюмінієві ливарні. Технічні умови (ГОСТ 1583-93). З Поправками (ІПС № 11-95), (ІПС № 4-97), (ІПС № 7-97), (ІПС № 10-97), (ІПС № 2-2004), (ІПС № 11-2005). – Введ. 1994–31–10. – К.: Держстандарт України, 1996. – 41 с.
4. В. М. Клименко, О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук Технологія конструкційних матеріалів. / Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. - 97 с.
5. Металургія легких металів. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090402 “Металургія кольорових металів” / Укл. Т.М. Нестеренко. – Запоріжжя, 2006. – 60 с.
6. ДСТУ 3015-95 Виливки із алюмінієвих сплавів. Загальні технічні умови. Зі зміною № 1 (ІПС № 6-2000) і поправкою (ІПС № 2-2000). – Введ. 1995–23–02. – К.: Науково-виробниче об’єднання спеціальних методів лиття (НВО «НДІСЛ»), 1996. – 7 с.
7. Бредихін В.М., Маняк М.О., Смирнов В.О., Пожуєв В.І., Червоний І.Ф., Грицай В.П. Металургія кольорових металів. Підручник. Ч.7. Вторинна металургія кольорових металів / Під ред. докт. техн. наук, професора Червоного І.Ф. – ЗДІА, Запоріжжя, 2009. – 452 с..
8. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 212 с.

9. Исин Д. К. Оборудование специальных способов литья: Учебник 1-том. – Казахстан: Алматы СКК, 2017. – 268 с.
10. Основы ленточного пиления и станки: учебно-методическое пособие для лабораторных работ / Ю. Р. Маркевич [и др.]; под ред. Э. М. Дечко, Ю. Р. Маркевича. – Минск: БНТУ, 2014. – 80 с.
11. Кашук В. А., Верещагин Ф. Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 480 с.
12. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. – Введ. 2020–24–02. – К.: Технічний комітет стандартизації «Ливарне виробництво» (ТК 177), 2021. – 7 с.
13. Іванова Л. Х. Литникові системи та їх розрахунки: Навч. посібник з грифом МОНУ/ Л. Х. Іванова, В. Є. Хричиков. – Дніпропетровськ: «Дніпро-VAL», 2011.– 504 с.
14. Вейник А. И. Кокиль. – Минск: Наука и техника, 1972. – 352 с.
15. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. – Введ. 2015–22–06. – К.: Технічний комітет зі стандартизації «Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термозміцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція з чавуну та сталі» (ТК 4), 2016. – 21 с.

ДОДАТКИ