

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Матеріалознавства та ливарного виробництва»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технології виготовлення виливка
Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-
глинисту форму»**

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ-22мб-1

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

_____ Роман ШУЛЬГА

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Сергій КОНОНЧУК

Рецензент:

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр КУЗИК

« ____ » _____ 2025 р.

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

_____ Шульга Роман Олександрович

1. Тема роботи: «Розробка технології виготовлення виливка Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-глинисту форму»
2. Керівник роботи: Конончук Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 15.06.2025 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: розробка технології лиття в піщано-глинисту форму виливка Корпус СЕТ 00.109. Виконати огляд існуючих способів виготовлення виливків з сірого чавуну. Розробити технологію виготовлення виливка Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-глинисту форму.
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	10.04.2025	
2	Розрахунки по технологічній частині	30.04.2025	
3	Креслення по технологічній частині	20.05.2025	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2025	
5	Оформлення презентації роботи	15.06.2025	
6	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	15.06.2025	
9	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2025	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис керівника

_____ Конончук С.В.

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Шульга Р.О.

Анотація

ШУЛЬГА Роман Олександрович. Розробка технології виготовлення виливка Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-глинисту форму. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти: ЦНТУ, 2025. 36 с.

Перелік графічного матеріалу: 1) креслення деталі з нанесенням модельно-ливарних вказівок; 2) креслення ливарної форми в зборі.

Вибрано в якості матеріалу для виготовлення виливків сірий чавун СЧ200, описано хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву. Для плавки сплаву використано електродугову піч ДСП-12 з кислотою футеровкою. Описано принцип роботи печі. Виконано розрахунок шихти методом підбору. Для виготовлення виливків вибрано автоматичну ливарну лінію ІЛ-225. Описано будову, принцип роботи та технічні характеристики лінії. Вибрано стержневий автомат для виготовлення стержнів. Вибрано матеріали та обладнання для приготування формувальних та стержневих сумішей. Описано роботу очисного відділення.

Виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок, розроблені модельно-ливарні вказівки та технічні умови на виливок, розраховано та спроектовано ливниково-живильну систему, описано технологічний процес виготовлення виливка, описано процес проектування ливарної оснастки.

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

Ключові слова: виливок, чавун, електродугова піч, футеровка, шихта, ливниково-живильна система, стержень, опока, формувальна суміш.

Abstract

SHULHA Roman. Development of the casting manufacturing technology for the SET 00.109 housing by sand-clay mold casting method. Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education: CUNTU, 2025. 36 p.

List of graphic material: 1) drawing of the part with the application of model-casting instructions; 2) drawing of the casting mold as a whole.

Gray cast iron SCh200 was selected as the material for manufacturing the castings, the chemical composition, mechanical and casting properties of the alloy were described. An electric arc furnace DSP-12 with an acid lining was used for melting the alloy. The principle of operation of the furnace was described. The charge was calculated using the selection method. An IL-225 automatic casting line was selected for manufacturing the castings. The structure, principle of operation and technical characteristics of the line are described. A core machine for the manufacture of cores was selected. Materials and equipment for the preparation of molding and core mixtures were selected. The operation of the cleaning department was described.

The analysis of the design of the part and technical conditions for the casting was performed, model-casting instructions and technical conditions for the casting were developed, the sprue-feeding system was calculated and designed, the technological process of manufacturing the casting was described, the process of designing the casting tooling was described.

Technological drawings of the part were developed with the development of model-casting instructions and the mold assembly.

Keywords: casting, cast iron, electric arc furnace, lining, charge, sprue-feeding system, core, crucible, molding mixture.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	7
1. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ	9
1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву	9
1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву	10
1.3. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів	15
1.4. Сумішоприготувальне відділення	18
1.4.1. Вибір формувальної та стержневої суміші.	21
1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків	22
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА КОРПУС СЕТ 00.103	24
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок	24
2.2. Розробка модельно-ливарних вказівок	24
2.2.1. Визначення положення відливка у формі.	24
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків	25
2.3. Розрахунок і конструювання ливникової системи	25
2.3.1. Визначення габаритних розмірів опоки	25
2.3.2. Визначення оптимальної тривалості заливки	26
2.3.3. Визначення площі перерізу каналів ливникової системи	27
2.4. Опис технологічного процесу виготовлення відливка	29
2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки	31
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	34
ДОДАТКИ	36

ВСТУП

Актуальність роботи. Ливарне виробництво відіграє важливу роль у забезпеченні машинобудування заготовками, виготовляючи широкий спектр литих деталей складної форми з мінімальними припусками на механічну обробку та високими експлуатаційними властивостями.

Сучасний розвиток ливарної галузі орієнтований на оптимізацію технологічних процесів з метою зменшення витрат матеріалів та енергоресурсів, підвищення продуктивності праці, покращення умов на виробництві та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Це, своєю чергою, сприяє підвищенню якості та ефективності виробництва.

Ливарне виробництво відзначається широким спектром методів лиття, технологічних рішень, обладнання, інструментів і матеріалів. Така різноманітність обумовлена складністю технологічного процесу та специфікою сучасних конструкцій технічних виробів. Актуальні тенденції розвитку спрямовані на виготовлення легких, складних за формою і високоточних відливків із застосуванням високоміцних сплавів, у тому числі кольорових металів, а також високоефективних технологій.

Основні напрямки прогресу в ливарному виробництві пов'язані з автоматизацією процесів, модернізацією систем контролю якості та виробництва, що забезпечує покращення умов праці, зменшення екологічного навантаження, підвищення якості відливків і економічної ефективності. Використання сучасного обладнання та автоматизованих технологій дозволяє значно підвищити рівень готової продукції.

У цьому контексті особливої актуальності набувають завдання розробки технологічного процесу лиття у піщано-глинисті форми, а також розрахунок і проектування ливниково-живильної системи та ливарної оснастки.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка технології виготовлення вилівка Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-глинисту форму.

Поставлена мета досягнута шляхом вирішення таких задач:

- характеристика матеріалів та обладнання, що використовуються в технологічному процесі;
- розробка технічних умов та модельно-ливарних вказівок на виливок;
- розрахунок і конструювання ливниково-живильної системи;
- розробка технологічного процесу виготовлення виливка;
- опис процесу проектування ливарного оснащення.

Об'єкт дослідження – технологічний процес лиття чавуну в піщано-глинисту форму.

Предмет дослідження – розробка модельно-ливарного оснащення для виготовлення виливка «Корпус СЕТ 00.109» методом лиття в піщано-глинисту форму.

Практичне значення – розраховано та спроектовано модельно ливарне оснащення для виготовлення виливка «Корпус СЕТ 00.109».

Особистий внесок – Вибрано матеріали, обладнання для виготовлення виливка «Корпус СЕТ 00.109», розраховано ливниково-живильну систему виливка, описано процес проектування ливарного оснащення, спроектовано креслення модельно-ливарних вказівок та форми в зборі.

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

Для плавки сірого чавуну використовуються різні печі, зокрема вагранки, дугові електропечі та індукційні тигельні печі. Виготовлення форм здійснюється за допомогою формувальних машин, які в умовах масового виробництва інтегруються в автоматичні лінії. На автоматичних формувальних лініях всі операції, включаючи формовку, заливку, витримку та вибивку, виконуються автоматично.

Формувальні та стержневі суміші готуються у сумішоприготувальному відділенні, що містить сита, магнітні сепаратори та змішувачі. Стержні виготовляються на стержневих автоматах з гарячою оснасткою (для термореактивних сумішей) або з холодною оснасткою (для холоднотвердіючих сумішей).

Процес лиття в піщано-глинисті форми передбачає використання великої кількості шихтових, формувальних та допоміжних матеріалів. Як шихтові матеріали для плавки сірого чавуну зазвичай використовуються чушковий ливарний чавун марок Л1-Л4, переробний чавун, чавунний та сталевий лом, відходи власного виробництва (ливники, брак), а також феросплави, зокрема феросиліцій та феромарганець. Ці матеріали зберігаються на шихтовому дворі, розташованому поблизу плавильного відділення. Формувальні матеріали включають кварцевий пісок, бентонітову глину, оборотну суміш та різні зв'язуючі речовини, такі як рідке скло, смоли та каталізатори. До допоміжних матеріалів відносяться роздільні покриття (гас, мелений графіт, кокс), гранульоване вугілля та тальк.

1.1. Хімічний склад та механічні властивості сплаву

Для виробництва виливків Корпус Н105 використовується сплав СЧ200 згідно з ДСТУ 8833:2019. Застосування цього сплаву гарантує відповідність

механічних властивостей виливків (міцність, твердість, відносне видовження) необхідним вимогам. Хімічний склад, механічні та ливарні властивості сплаву наведено в табл. 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву

Сплав	C	Si	Mn	S	P
СЧ200	3,3–3,5	1,4–2,4	0,7–1,0	До 0,15	До 0,2

Таблиця 1.2 – Механічні та ливарні властивості сплаву

Сплав	Границя міцності при розтягу, МПа	Відносне видовження, %	Твердість, МПа	Лінійна усадка, %	Рідинотекучість (мм) по спіральній пробі
СЧ200	21 (200)	1,3	143–255	1,2	410

1.2. Плавильний агрегат для плавки сплаву

Для плавки сірого чавуну, що використовується для виготовлення фасонних виливків, як плавильний агрегат застосовуються дугові електропечі з ефективними системами очищення відхідних газів [4]. Сірий чавун СЧ200 є залізо-вуглецевим сплавом з середнім вмістом вуглецю 3,5%. Він відноситься до евтектичних сплавів і має відносно низьку температуру плавлення. З економічних міркувань доцільно використовувати кислу футерівку. При цьому шихта повинна відповідати технічним умовам за вмістом сірки та фосфору, оскільки десульфурація та дефосфорація в кислих печах не проводяться.

Для плавки, перегріву металу та доводки по хімічному складу використовується дугова електропіч. Ємність печі визначається на основі розрахункових даних програми цеху, яка становить 2...3 години потреби цеху в рідкому металі. Приймається дугова електропіч ємністю 12 тон моделі ДСП – 12 (рис. 1.1), характеристики якої наведені в таблиці 1.3.

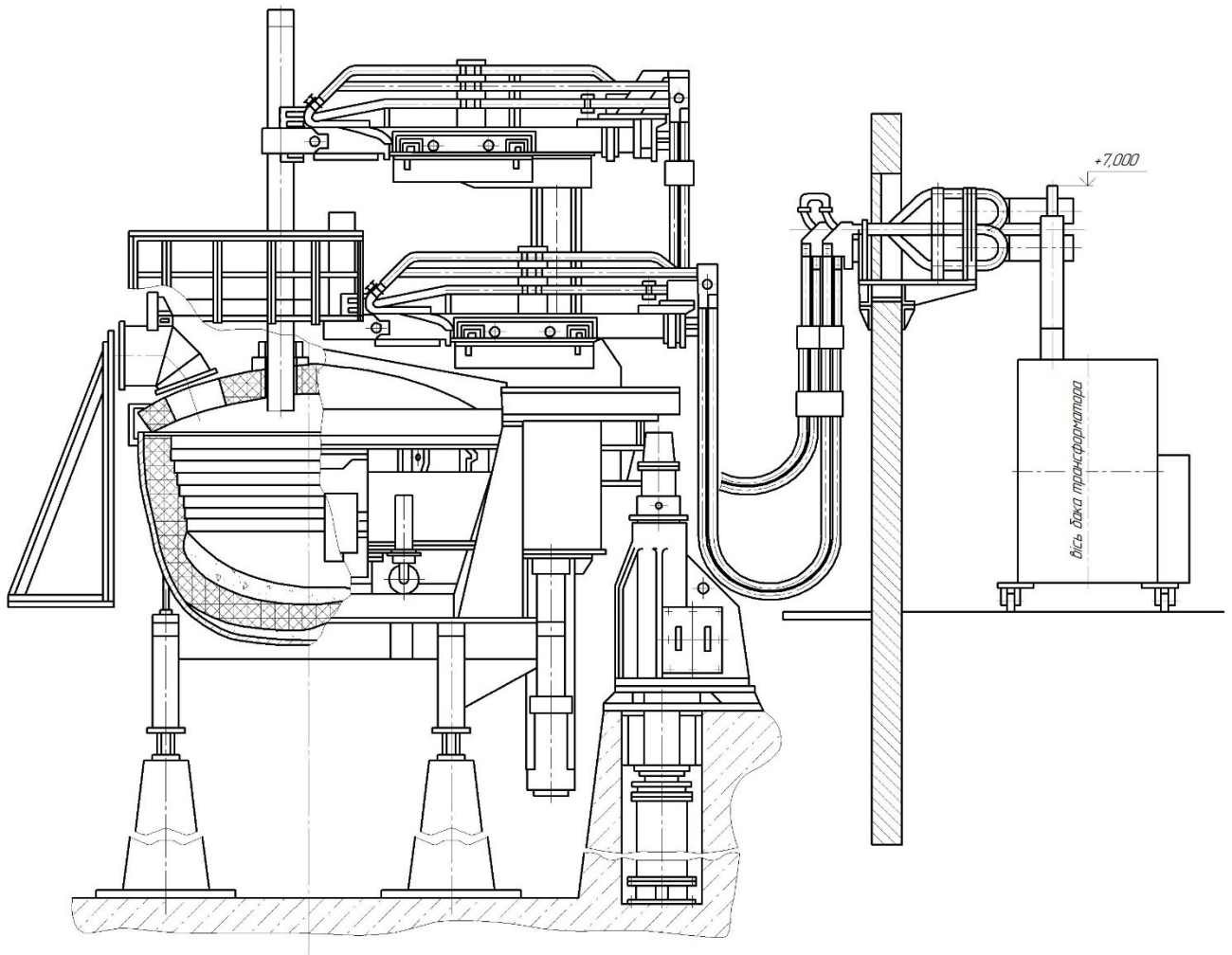


Рис. 1.1. Електродугова піч ДСП – 12

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика дугової електропечі ДСП – 12

Параметр	Показник
Номінальна потужність трансформатора, кВт	8000
Ємність печі, т	12,0
Тривалість плавки (повний цикл), год	2,3
Продуктивність, т/год	5,2
Маса металоконструкцій печі, т	80

Електродугова піч ДСП-12 для плавки чавуну - це потужний агрегат, що складається з міцного сталевого корпусу, викладеного вогнетривкою футерівкою для захисту від високих температур та хімічної дії розплавленого металу. Графітові електроди, через які пропускається електричний струм, створюють електричну дугу, що плавить шихту. Спеціальні механізми регулюють

положення електродів, забезпечуючи стабільність дуги та рівномірний прогрів шихти. Система подачі шихти завантажує матеріали для плавки, а система відведення газів видаляє шкідливі пари, забезпечуючи безпеку та охорону навколишнього середовища. Система автоматичного регулювання контролює та регулює процес плавки, включаючи температуру, рівень металу та інші параметри, забезпечуючи високу якість плавки. Після плавлення розплавлений метал випускається через випускний отвір у спеціальні розливні ковші. Завдяки своїй потужності та автоматизації, ДСП-12 забезпечує високу ефективність та якість плавки чавуну.

Розрахунок шихти методом підбору при плавці чавуну в електродуговій печі ДСП-12 з кислотою футеровкою [7]. Сплав СЧ200 відповідає хімічний склад елементів, % за масою, табл. 1.4.

Таблиця 1.4. – Вміст хімічних елементів в чавуні СЧ20

Елемент	Хімічний склад	Середній склад
C	3,3 – 3,5	3,4
Si	1,4 – 2,4	1,9
Mn	0,7 – 1,0	0,85
P	до 0,2	0,1
S	до 0,15	0,07
C + Si	4,9 – 5,7	5,3

Визначаємо хімічний склад шихти, %.

Беремо ΔK_i для $Si_{угар} = 15\%$; $Mn_{угар} = 25\%$; $C_{угар} = 5\%$; $P_{угар} = 0\%$; $S_{угар} = 50\%$.

Масову долю i -го елемента в шихті (для всіх видів плавки) під час плавлення в індукційній печі:

$$K_{iш} = K_{ip} \cdot \frac{B}{100 \pm \Delta K_i}$$

де K_{ip} – масова доля i -го елемента в розплавленому чавуні, %, що відповідає вмісту елемента в відливках;

B – кількість отриманого рідкого металу в % від маси металу завалки: $B = 91\%$.

ΔK_i – угар або пригар i -го елемента.

$$C_{ш} = 3,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 2,03$$

$$Si_{ш} = 1,9 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,26$$

$$Mn_{ш} = 0,85 \cdot 91 / (100 - 25) = 1,03$$

$$P_{ш} = 0,1 \cdot 91 / (100 - 0) = 0,18$$

$$S_{ш} = 0,07 \cdot 91 / (100 - 50) = 0,13$$

$$C_{ш} = 3,3 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,16; \quad C_{ш} = 3,5 \cdot 91 / (100 - 5) = 3,35$$

$$Si_{ш} = 1,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 1,50; \quad Si_{ш} = 2,4 \cdot 91 / (100 - 15) = 2,57$$

$$Mn_{ш} = 0,7 \cdot 91 / (100 - 25) = 0,85; \quad Mn_{ш} = 1,0 \cdot 91 / (100 - 25) = 1,21$$

$$P_{ш} = 0,1 \cdot 91 / (100 - 0) = 0,1; \quad S_{ш} = 0,07 \cdot 91 / (100 - 50) = 0,13$$

$$3,16 \leq C_{ш} \leq 3,35, \quad 1,5 \leq Si_{ш} \leq 2,57, \quad 0,85 \leq Mn_{ш} \leq 1,21, \quad P_{ш} \leq 0,2, \quad S_{ш} \leq 0,13$$

Знаходимо зміну вмісту елементів під час плавки:

$$\Delta C = 100 \cdot \frac{C_{ш} - C_p}{C_{ш}} = 100 \cdot \frac{3,26 - 3,4}{3,26} = -4,3 \%$$

Отже, маємо пригар вуглецю, на що показує знак „-”.

$$\Delta Si = 100 \cdot \frac{Si_{ш} - Si_p}{Si_{ш}} = 100 \cdot \frac{2,03 - 1,9}{2,03} = 6,4 \%$$

$$\Delta Mn = 100 \cdot \frac{Mn_{ш} - Mn_p}{Mn_{ш}} = 100 \cdot \frac{1,03 - 0,85}{1,03} = 17,5 \%$$

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{P_{ш} - P_p}{P_{ш}} = 100 \cdot \frac{0,18 - 0,1}{0,18} = 44,4 \%$$

$$\Delta S = 100 \cdot \frac{S_{ш} - S_p}{S_{ш}} = 100 \cdot \frac{0,13 - 0,07}{0,13} = 0,5 \%$$

Таблиця 1.5. – Необхідний хімічний склад чавуну марки СЧ200 і шихти

Марка	Масова доля елементів, %:				
	Вуглець C	Кремній Si	Марганець Mn	Фосфор P	Сірка S
				не більше	
СЧ200	3,16 – 3,35	1,50 – 2,57	0,85 – 1,21	0,1	0,13
Середнє	3,26	2,04	1,03	0,1	0,13

Для визначення вмісту компонентів у шихті проводимо розрахунок шихти методом підбору. Результати зводимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок шихти методом підбору

№ п/п складової шихти	Компонент шихти	Марка	Марка компонента в шихті	Масова доля елементів, %:									
				C		Si		Mn		P		S	
				в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті	в компоненті	в шихті
1	Ливарний чавун	Л1	10,0	3,65	0,365	3,4	0,340	1,3	0,130	0,08	0,008	0,05	0,005
2	Ливарний чавун	Л2	10,0	3,75	0,375	3,0	0,300	1,2	0,120	0,05	0,005	0,03	0,003
3	Ливарний чавун	Л4	16,0	3,95	0,632	2,2	0,352	0,7	0,112	0,07	0,011	0,04	0,006
4	Переробний чавун	ПЛ1	14,0	4,0	0,560	0,7	0,098	0,75	0,105	0,1	0,014	0,03	0,004
5	Чавунний лом	СЧ	10,0	3,1	0,310	1,6	0,16	0,085	0,009	0,15	0,002	0,10	0,001
6	Відходи свого виробництва	СЧ200	25,0	3,5	0,875	1,9	0,475	0,85	0,213	0,2	0,005	0,15	0,038
7	Сталевий лом		15,0	0,3	0,045	0,2	0,030	0,6	0,090	0,05	0,008	0,05	0,008
8	Феросиліцій	ФС75	-	3,0	-	77,0	-	0,4	-	0,05	-	0,02	-
9	Феромарганець	ФМп85	0,5	1,5	0,008	2,5	0,013	85,0	0,425	0,3	0,002	0,03	0,0002
Всього у шихті			100,5		3,170		1,768		1,204		0,1		0,1
Необхідний склад шихти					3,16 - 3,35		1,50 - 2,57		0,85 - 1,21		0,1		0,1

1.3. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Для виробництва виливків використовується автоматична ливарна лінія ІЛ-225 виробництва Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш" (див. рис. 1.2). На цій лінії всі етапи виробництва, від формування до вибивання готової форми, повністю автоматизовані. Розмір опоки становить 900×600 мм в світлі. Висота верхньої опоки відповідає висоті моделі, що використовується для формування нижньої частини форми, а інша використовується для верхньої частини.

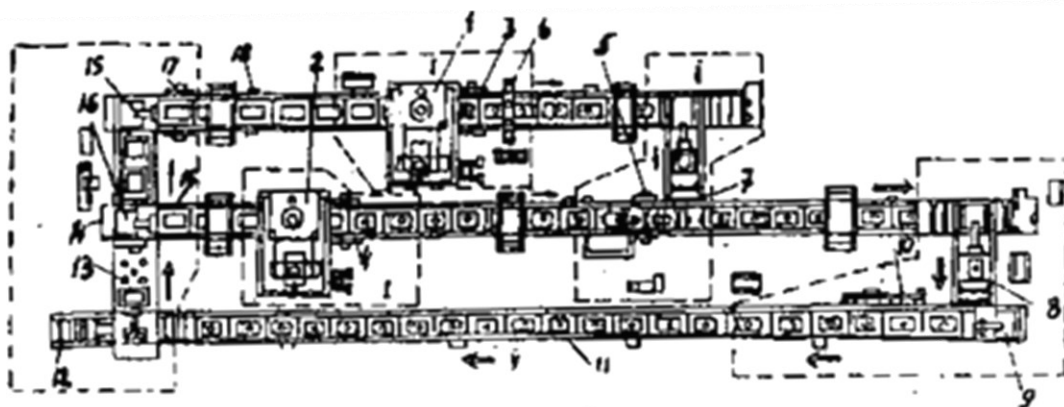


Рис. 1.2. Автоматична лінія ІЛ 225

Автоматична формувальна лінія ІЛ-225 — це сучасний агрегат для автоматизації процесу виготовлення форм для лиття, що забезпечує високу продуктивність та точність виготовлення відливків. Лінія складається з міцного корпусу, що забезпечує стабільність та безпеку роботи, формувальних машин, які автоматично формують форми з використанням спеціальних сумішей, системи подачі матеріалів для завантаження формувальної суміші, комп'ютеризованої системи управління, яка контролює всі етапи процесу, включаючи формування, заливку та вибивку, вивантажувальних механізмів для вивантаження готових форм та відливків, а також систем охолодження для забезпечення оптимальних умов роботи. Принцип роботи включає завантаження формувальної суміші системою подачі у формувальні машини, автоматичне формування напівформ, встановлення стержнів, збирання форм, заливку розплавленим металом, витримку відливків для досягнення необхідних

властивостей та автоматичну вибивку. Переваги включають високу продуктивність, точність виготовлення та зниження витрат за рахунок автоматизації. Автоматична формувальна лінія ІЛ-225 є важливим елементом сучасного ливарного виробництва, що дозволяє досягати високих результатів у виготовленні відливків.

Процес формування починається з виготовлення нижньої напівформи на формувальному пресі В-440М [11]. Готова напівформа по рольгангам переміщується на обдув стисненим повітрям для видалення частинок формувальної суміші з порожнини форми. Верхня напівформа також виготовляється на формувальному пресі В-440М. З ділянки виготовлення стержнів готові стержні транспортуються до місця збирання напівформ, де їх вручну встановлюють у нижню напівформу. Потім, за допомогою розпаровщика опок ІС-10-001, верхня напівформа з'єднується з нижньою. Зібрана форма транспортується по рольгангам на ділянку заливки. Заливка форми здійснюється автоматичним заливщиком з ковшем ємністю 250 кг. Перед заливкою чавун повинен бути очищений від шлаку [5].

Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225 наведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225

Назва характеристики	Числове значення
Розміри опок (внутрішні), мм	900 × 600 × 150
Продуктивність, форм /год.	240
Маса відливки, кг	60
Кількість пар опок	100
Витрати повітря, м ³ /год	110
Потужність, кВт	115
Маса, кг	220000
Габаритні розміри, мм	65200 × 9300 × 6855

Для виготовлення стержнів застосовуємо універсальний стержневий автомат моделі 4509А (табл. 1.7).

Стержневий автомат моделі 4509А — це спеціалізоване обладнання, яке використовується в ливарному виробництві для виготовлення стержнів з стержневої суміші. Цей автомат забезпечує високу продуктивність і точність у процесі формування стержнів. Давайте розглянемо його принцип роботи.

Принцип роботи стержневого автомата 4509А наступний.

1. **Подача сировини:** Процес починається з подачі піщаної суміші, яка використовується для виготовлення стержнів. Суміш подається в автомат через спеціальні механізми.

2. **Формування стержнів:**

- Суміш заповнює форму, де під впливом стисненого повітря або механічного тиску відбувається ущільнення піску.
- Автомат використовує поворотний стіл для переміщення форм, що дозволяє ефективно організувати процес формування.

3. **Нагрівання:** Після формування стержні проходять через кільцеву піч, де відбувається їх нагрівання. Це необхідно для забезпечення міцності стержнів.

4. **Охолодження:** Після нагрівання стержні охолоджуються, щоб досягти необхідних механічних властивостей.

5. **Вивантаження:** Готові стержні автоматично вивантажуються з системи, готові до подальшої обробки або використання в литті.

Переваги стержневого автомата 4509А.

- **Висока продуктивність:** Автоматизація процесу дозволяє значно збільшити обсяги виробництва стержнів.
- **Точність:** Використання сучасних технологій забезпечує високу точність виготовлення.
- **Економія ресурсів:** Зменшення витрат на ручну працю та підвищення ефективності виробництва.

Стержневий автомат моделі 4509А є важливим елементом сучасного ливарного виробництва, що дозволяє досягати високих результатів у виготовленні стержнів.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика піскострільного автомату моделі 4509А

Назва характеристики	Величина
Найбільша маса стержня, кг	10
Продуктивність, зломів/год.	120 ... 140
Розміри стержневого ящика, мм	600 × 400 × 200
Тривалість цикла, с	25
Ємність робочого резервуара, л	25
Потужність електродвигуна, кВт	140
Габарити, мм	4700 × 3900 × 3000
Маса, кг	13000

1.4. Сумішоприготувальне відділення

Сумішоприготувальне відділення ливарного цеху – це важливий елемент виробничого процесу, відповідальний за підготовку формувальних і стержневих сумішей. Його устрій залежить від масштабів виробництва та використовуваних технологій, але загалом включає наступні компоненти:

1. Складські приміщення: Для зберігання піску, зв'язуючих речовин (смоли, глини), добавок (тверді масла, графіт), та інших матеріалів. Важливо забезпечити правильні умови зберігання, щоб запобігти псуванню матеріалів.

2. Системи транспортування: Для переміщення матеріалів між складами та обладнанням. Це можуть бути конвеєри, транспортери, бункери тощо. Ефективна система транспортування є ключовою для безперебійної роботи відділення.

3. Обладнання для підготовки матеріалів: Сюди входять дробилки для подрібнення піску, сита для просіювання, магнітні сепаратори для видалення металевих домішок, сушарки для видалення вологи.

4. Міксери (сумішоприготувальні машини): Це основне обладнання відділення. В них змішуються всі компоненти формувальної або стержневої суміші у заданих пропорціях. Існують різні типи міксерів: планетарні, лопатеві, барабанні. Вибір типу залежить від типу суміші та вимог до її якості.

5. Система контролю якості: Для моніторингу параметрів суміші (вологість, гранулометричний склад, міцність). Це може включати лабораторне обладнання та автоматизовані системи контролю.

6. Системи подачі готової суміші: Для транспортування готової суміші до формувальних машин або до місць зберігання.

Робота відділення:

Процес починається з завантаження необхідних матеріалів у міксери. Компоненти змішуються у заданих пропорціях, зазвичай за допомогою автоматизованих систем. Після змішування суміш проходить контроль якості. Якщо суміш відповідає вимогам, вона транспортується до формувальних машин або до місць зберігання. Регулярне технічне обслуговування та контроль якості є важливими для забезпечення безперебійної роботи сумішоприготувального відділення та високої якості формувальних і стержневих сумішей.

Залежно від типу ливарного виробництва та масштабів, сумішоприготувальне відділення може бути оснащено різним обладнанням та мати різну ступінь автоматизації. Однак основні принципи роботи залишаються незмінними: забезпечення якісної підготовки формувальних та стержневих сумішей для безперебійного виробничого процесу.

Для приготування формувальної суміші змішувач вихровий мод. AMW1250 (рис.1.3).

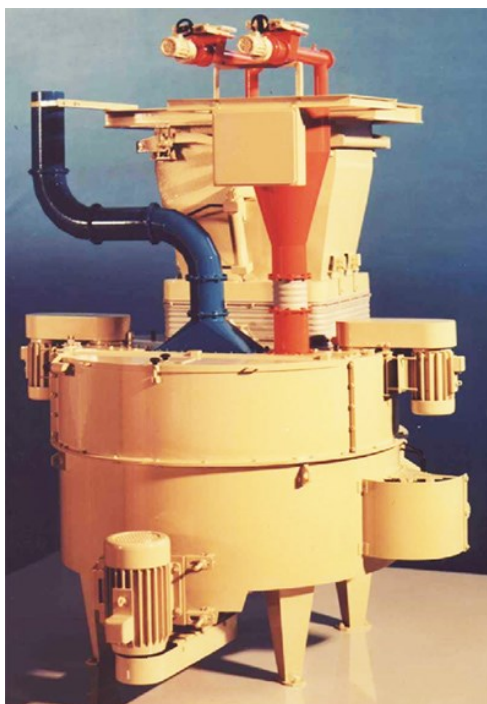


Рис. 1.3. Змішувач вихровий мод. AMW1250

Змішувач є агрегатом, що працює за періодичним принципом. Необхідна кількість свіжого кварцового піску та регенованого піску подається зверху через ваги змішувача. Спочатку подається регенований пісок, а потім свіжий кварцовий. Бентоніт і вугільний пил також дозуються через ваги. Подача компонентів здійснюється за допомогою двох дозуючих шнеків, які встановлені на бункері установки для приготування суміші. Встановлене вагове обладнання дозволяє точно визначити необхідну кількість бентоніту та вугільного пилу, а всі зважені компоненти відображаються на цифровому дисплеї.

Особливу увагу приділяють дозуванню води. У обчислювальному блоці обробляються дані з датчиків, які вимірюють залишкову вологість, температуру суміші та вагу компонентів, що дозволяє визначити необхідну кількість води для подачі у змішувач.

Процес приготування суміші виконується за допомогою спеціальної установки для перемішування, яка реалізує короткочасне чергування процесів змішування, злипання та розпушування. Це забезпечує високу живучість та ущільнюваність суміші. Конструкція змішувача запобігає утворенню агломератів, навіть при високому вмісті зв'язуючих компонентів.

Технічна характеристика змішувача наведена в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики змішувача AMW1250

Продуктивність 1-вихрового змішувача (щільність піску 1300 кг/м ³), м ³ /год	25
Продуктивність 2-вихрового змішувача (щільність піску 1300 кг/м ³), м ³ /год	50
Тривалість циклу, с	90
Максимальна потужність двигуна, кВт	121
Об'єм замісу, дм ³	1250
Підведення стисненого повітря, дюйм	R1/2
Діаметр змішувача, мм	2250
Висота змішувача без дозуючих пристроїв, мм	2150

1.4.1. Вибір формувальної та стержневої суміші. Вибір формувальної суміші є критичним етапом у ливарному виробництві, оскільки він безпосередньо впливає на якість кінцевих відливок. При виборі враховуються різні фактори, включаючи тип металу, з якого виготовляються відливки (чавун, сталь, алюміній та ін.), а також компоненти суміші: пісок, глина, спеціальні добавки (графіт, вугілля) та вода. Ключовим є досягнення оптимальних пропорцій цих компонентів, щоб забезпечити необхідні властивості суміші, такі як: достатня текучість для повного заповнення форми, міцність для утримання форми під час заливки металу та газопроникність для запобігання дефектів у відливках. Процес приготування суміші передбачає використання точних дозаторів для контрольованого вимірювання компонентів та спеціальних змішувачів для досягнення однорідної консистенції. Постійний контроль якості, включаючи вимірювання вологості, зернового складу та міцності, є важливим для забезпечення стабільності процесу. Перед використанням кожної нової суміші обов'язково проводяться випробування на невеликих зразках. Крім того, не слід забувати про безпеку: необхідно дотримуватися всіх правил техніки безпеки та використовувати засоби індивідуального захисту. Склад та механічні властивості формувальної та стержневої суміші приведені у таблицях 1.8, 1.9.

Таблиця 1.8 - Склад і фізико-механічні властивості формувальної суміші

Складова суміші і параметри	Значення параметру
Оборотна суміш, %	96
Пісок кварцовий K02, K016, %	3
Вугілля гранульоване, %	0,15
Бентоніт, %	0,15
Вода, %	до вологості 3,0 - 4,0
Вміст глиняної складової, %	11
Вміст активного бентоніту, %	8
Втрати при прожарюванні %	3
Вологість, %	3,5
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,12-0,15
Газопроникність, одиниць	80
Плинність, одиниць	80

Таблиця 1.9 - Склад стержневої суміші і її фізико-хімічні властивості

Складові суміші і властивості	Значення параметра
Пісок кварцовий, %	95,24
Смола СФ, %	3,54
Каталізатори МІ, %	0,7
Гас, %	0,52
Газопроникність, одиниць	80
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,005 - 0,01
Вологість, %	1,8 - 2,8

1.5. Обладнання для фінішної очистки виливків

Фінішна очистка виливків є ключовим етапом ливарного виробництва, спрямованим на видалення залишків формувальних матеріалів, окалини та інших

забруднень з поверхні готових виробів. Це не тільки покращує зовнішній вигляд, але й значно підвищує якість та експлуатаційні характеристики виливків. Для досягнення цієї мети використовується різноманітне обладнання. *Галтувальні барабани* застосовуються для попереднього очищення, обрубки і охолодження виливків, що також сприяє видаленню забруднень та покращенню поверхні. *Дробометне обладнання* для очищення металевим дробом використовує металеві частинки під високим тиском для ефективного видалення окалини та інших забруднень, забезпечуючи високу якість очищення. У випадках, коли механічні методи недостатні, застосовуються спеціальні способи очищення, включаючи хімічні розчини або ультразвукові технології, що дозволяють видалити важкодоступні забруднення. *Піскоструминні установки* використовують струмінь абразивного матеріалу для очищення поверхні, забезпечуючи високу якість обробки та підготовку до подальших етапів, таких як механічна обробка або нанесення покриттів. Зачисне обладнання використовується для видалення облою, залишків ливникової системи, заливів, заусенців на поверхні виливків.

Фінішна очистка є критично важливою для забезпечення якості та довговічності виливків, а вибір конкретного обладнання залежить від типу матеріалу, з якого виготовлені виливки, та вимог до їх обробки. Правильне застосування цих технологій гарантує відповідність найвищим стандартам якості продукції.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА КОРПУС СЕТ 00.103

2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на відливок

Відливок відноситься до 12 класу точності за ГОСТ 26645 - 85, виготовляється із чавуну СЧ200 згідно з ДСТУ 8833:2019. Різностінність не більше 0,8 мм. Присутні припуски на механічну обробку.

Внутрішні отвори відливка отримуємо за допомогою стержнів (6 шт.) та інші 2 отвори отримуємо за допомогою свердлення. Конструкція даної деталі простої конфігурації, тонкостінна, її маса і габаритні розміри невеликі. Це дозволяє виконати її суцільною. Роз'ємних частин немає, роз'єм моделі і форми один. Зміщення по лінії роз'єму більше 2 мм не допускається.

На необроблюваних поверхнях допускаються одиничні ливарні дефекти розміром до 2 мм у кількості не більше 3 шт. на поверхню. А на оброблюваних поверхнях допускаються ливарні дефекти величиною не більше $\frac{1}{2}$ припуску на механічну обробку.

Маса деталі 9,4 кг, твердість СЧ200 170...229 НВ згідно з ДСТУ 8833:2019.

Даний відливок є технологічним.

2.2. Розробка модельно-ливарних вказівок

2.2.1. Визначення положення відливка у формі. При заливці металу у форму, відповідно до вибраної формувальної лінії, перевагу надають горизонтальному положенню поверхні роз'єму. Це означає, що поверхня роз'єму моделі та форми для нашого вилівка також розташовується горизонтально. Такий підхід спрощує використання машинної формовки. Розташування роз'єму спроектовано таким чином, щоб модель не мала знімних частин. Це забезпечує ефективну набивку форми, легкість її складання, надійне встановлення стержнів, зручний контроль розмірів форми та безперешкодне вилучення моделі з форми.

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

Припуски на механічну обробку 2,5-3 мм.

Припуск на ливарну усадку виражається у відсотках від розміру виливка.

Значення величини ливарної усадки для чавуну СЧ20 складає 1 %.

Кромки притуплюємо до 2 мм. Для виливка Корпус СЕТ 00.109 ливарні радіуси складають 8 мм.

Формувальні уклони становлять 1°.

Розміри стержня вибираємо з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку (див. креслення БР-131.25.09.01.00). Розміри стержневих знаків вибираємо у відповідності з ГОСТ 3606-57 [1]. В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо знаки стержнів довжиною 20 мм та 35 мм.

Величини уклонів знакових частин вибираємо із [11], які складають при таких розмірах висоти знаків – 10°. Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від максимального розміру стержня. Для знака стержня Ст. 1 (D = 36 мм): бокові зазори рівні 0,25 мм, торцевий зазор 0,15 мм. Для знака стержня Ст. 2 (D = 36 мм): бокові зазори рівні 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм. Для знака стержня Ст. 3 (D = 36 мм): бокові зазори рівні 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм.

2.3. Розрахунок і конструювання ливникової системи

2.3.1. Визначення габаритних розмірів опоки. Вибір розміру опок, в яких формуються виливки, залежить від кількох ключових факторів: габаритів самих виливків, їх кількості в одній формі, розмірів ливникової системи та розташування моделей на підмодельній плиті. Ефективність використання простору в опці визначається коефіцієнтом металоємності, який відображає співвідношення маси металу, використаного для виливків, до маси формувальних та стержневих матеріалів. Цей коефіцієнт варіюється в залежності

від складності, товщини стінок та габаритів виливки, зазвичай перебуваючи в діапазоні від 0,25 до 1,2.

Відстань між окремими моделями визначається як 0,3–0,5 від висоти "h", де "h" представляє висоту моделі у верхній та нижній частинах форми, а також відстань від моделі до верхньої та нижньої границь форми. При заливці декількох виливків через спільну ливникову систему в одній опоці, відстань між ними в площині роз'єму повинна бути не менше 20–25 мм. Відстань від тіла виливка до стінок опоки зазвичай становить 50–100 мм, а від стержневого знаку до бокової стінки опоки - 0–50 мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини дорівнює 100 мм. Враховуючи, що для виготовлення відливка застосовуємо автоматичну лінію ІЛ 225, з розмірами опоки $900 \times 600 \times 150$ мм кількість відливків в одній опоці приймаємо 6 шт.

2.3.2. Визначення оптимальної тривалості заливки. Ливниково-живильна система служить для забезпечення заповнення ливарної форми металом з оптимальною швидкістю, що виключає утворення у відливку недоливів і неметалічних включень, і об'ємної усадки в період затвердіння відливка [3]. Ливникова система - це поєднання каналів, які служать для заливки розплаву в форму і для затримання шлаку.

Знаходимо масу металу, необхідного для заливання форми:

$$G_m = 6 \cdot G + (0,3 \cdot G) \cdot 6,$$

де G - маса відливка, $G = 9,4$ кг.

$$G_m = 6 \cdot 9,400 + (0,3 \cdot 9,400) \cdot 6 = 73,32 \text{ кг}$$

Час заливки форми відливків з товщиною стінок 8-15 мм:

$$t = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_m},$$

де G_m – маса відливоків разом з ливниковою системою, кг.

S – коефіцієнт товщини стінки, мм.

δ – товщина відливка, мм.

$$\delta = 12 \text{ мм.}$$

При $\delta = 8 \dots 15$ мм, $S = 1,8$:

$$t = 1,8 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 73,32} = 17,25 \text{ с.}$$

Оптимальна тривалість заливки забезпечує необхідну швидкість підйому рідкого металу у формі [2].

2.3.3. Визначення площі перерізу каналів ливникової системи [6].

Сумарна площа живильників:

$$\sum F_{жс} = \frac{G_m}{\rho \cdot t \cdot v} = \frac{G_m}{\rho \cdot t \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}},$$

де μ – коефіцієнт витрати. Приймаємо $\mu = 0,4$

g – прискорення вільного падіння, м/с^2

H_p – розрахунковий статичний напір, м.

Так як обрано заливку металу по роз'єму форми, то статичний напір розраховується за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{c}{8},$$

де c – висота відливка, мм

H – висота стояка від місця підведення розплаву в форму, мм;

$$H_p = 0,133$$

$$\sum F_{жс} = \frac{73,32}{7000 \cdot 17,25 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,133}} = 9,4 \text{ см}^2$$

$$F_{жс} = \sum F_{жс} / n,$$

де n – кількість живильників, $n = 12$

$$F_{жс} = 9,4/12 = 0,78 \text{ см}^2.$$

Приймаємо $F_{жс} = 0,7 \text{ см}^2$, $\sum F_{жс} = 12 \cdot 0,7 = 8,4 \text{ см}^2$

За знайденою величиною $\sum F_{жс}$ знаходимо площу шлаковловлювачів і стояка за таким співвідношенням:

$$\sum F_{жс} : \sum F_{шл} : \sum F_{ст} = 1:1,1:1,15$$

$$\sum F_{шл} = \sum F_{жс} \cdot 1,1 = 8,4 \cdot 1,1 = 9,24 \text{ см}^2$$

Приймаємо $\sum F_{шл} = 8,8 \text{ см}^2$, $F_{шл} = 8:2 = 4,4 \text{ см}^2$

Сумарна площа стояка: $\sum F_{ст} = \sum F_{жс} \cdot 1,15 = 8,4 \cdot 1,15 = 9,66 \text{ см}^2$

Діаметр стояка $D_{ст} = 3,5 \text{ см}$, приймаємо $3,5 \text{ см} = 35 \text{ мм}$

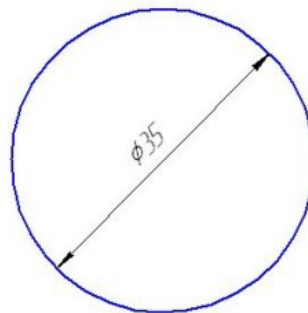


Рис. 2.1. Переріз стояка

Розрахунок ливникової воронки:

$$D_г = (1,5...3) \cdot D_{ст} = 1,5 \cdot 35 = 52,5 \text{ мм}$$

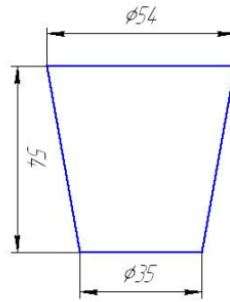


Рис. 2.2. Переріз воронки

В зв'язку з технологічною необхідністю приймаємо діаметр воронки 54 мм, переріз шлаковловлювача площею 4 см^2 , з розмірами:

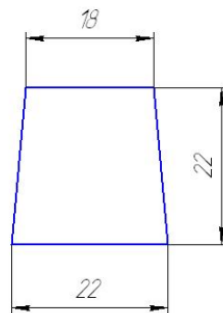


Рис. 2.3. Переріз шлаковловлювача

Переріз живильника площею $0,72 \text{ см}^2$, з розмірами:

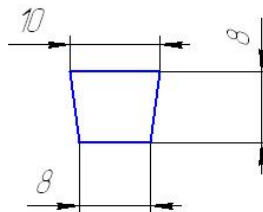


Рис. 2.4. Переріз живильника

2.4. Опис технологічного процесу виготовлення вилівка

2.4.1. Формування. Основний етап формування здійснюється машинним способом, механізуючи ключові операції ущільнення та вилучення моделі з форми. Формувальна суміш подається з бункерів, розташованих над машинами, на які рольгангами подаються порожні опоки. Нижню та верхню напівформи

виготовляють на різних машинах. Опоки заповнюються сумішшю з бункерів за допомогою дозаторів. Далі суміш ущільнюється, готову напівформу кантують, знімають надлишки суміші та виконують обдув форми. Напівформи транспортуються на дільницю збирання.

2.4.2. Збирання форм. Точність збирання визначає геометричну точність майбутніх відливок. Процес збирання включає в себе встановлення стержнів в нижню напівформу, з'єднання верхньої та нижньої частин форми.

2.4.3. Заливка форм. Заливка може здійснюватися як з рухомою, так і з нерухомою формою. Розплавлений метал з плавильної печі надходить у попередньо нагрітий ківш барабанного типу ємністю 1 тонна, який транспортується краном. Цей ківш встановлюють на спеціальному стенді для подальшого розподілу металу в розливні ковші. Для заливки використовуються ковші чайникового типу ємністю 250 кг. Перед заливкою необхідно видалити шлак з розливного ковша. Ківш підводять та встановлюють носком над ливниковою чашею на відстані 150-200 мм. Заповнення ливникової чаші металом має бути швидким та безперервним, утримуючи її заповненою до кінця заливки. Переливати чашу заборонено, недолив допускається до 20 мм. Після заливки залишки металу зливаються у спеціальні форми. Температура перегріву металу при випуску з плавильного агрегату повинна бути такою, щоб компенсувати втрати температури внаслідок охолодження при транспортуванні та переливах.

2.4.4. Вибивка та обрубка. Залиті та охолоджені форми подаються на вибивний пристрій. Вібрація решітки сприяє руйнуванню формувальної суміші, яка просіюється через отвори решітки для подальшої переробки, а виливки залишаються. Виливки ковзають на пластинчатий конвеєр, де повністю охолоджуються, а потім подаються в галтувальний барабан для відділення ливникової системи. Далі виливки надходять у дробометну камеру для очищення від пригару. Після цього виливки зачищаються від заусениць на наждачних верстатах.

2.4.5. Контроль якості. На дільниці контролю здійснюється проміжний контроль на всіх етапах технологічного процесу та кінцевий контроль готової продукції. Перевіряється хімічний склад, структура та геометричні розміри виливків. Поверхневі дефекти виявляються візуально.

2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки

У великосерійному та масовому виробництві для продовження строку експлуатації моделей їх виготовляють із металу. Заготовки металевих моделей отримують шляхом лиття у піщані форми з використанням дерев'яних промоделей. Ці промоделі виготовляються з урахуванням припуску на подальшу механічну обробку та компенсацію усадки сплаву. Як матеріал для моделей застосовується сірий чавун марки СЧ 200. Після лиття моделі обробляються вручну, з припуском на механічну обробку 2,5–3 мм. Товщина тіла моделі визначається за номограмами залежно від її габаритів. Через невеликі розміри відливка, модель виготовляють суцільною.

Після обробки моделі монтуються на заздалегідь підготовлені промодельні плити. При встановленні напівмоделей на плити враховуються розміри опок. Контур опоки становить 900×600 мм у світлі. Напівмоделі розміщуються на плиті так, щоб відстань до країв була не менше 300 мм. Ливникову систему монтують згідно з кресленням, фіксація моделей і ливникових елементів виконується гвинтами. Монтаж здійснюється з використанням монтажного шаблону, виготовленого з листової сталі товщиною 2...5 мм.

Модельні плити виготовляють із чавуну, з товщиною 50 мм, що забезпечує їхню міцність під час формування. Робоча поверхня плит повинна бути ретельно оброблена. На підготовлену плиту накладається шаблон, встановлюються напівмоделі, після чого свердляться отвори для їх кріплення. Напівмоделі служать кондукторами — отвори одночасно свердляться і в моделі, і в плиті. Після цього одна плита з отворами накладається на іншу, і отвори дублюються. Напівмоделі закріплюють гвинтами. Після встановлення моделей монтується

ливникова система: на нижню плиту кріплять моделі живильників, на верхню — моделі шлаковловлювачів.

Підмодельні плити повинні мати елементи фіксації з опоками. На одній з плит розташовують центрувальні та направляючі штифти, а на іншій — відповідні отвори. У формувальній машині плити закріплюються болтами.

Для виготовлення стрижнів методом піскострільного формування використовується алюмінієвий стрижневий ящик. Його заготовку отримують литтям у піщану форму за дерев'яною моделлю. Під час проектування моделі ящика враховують усадку алюмінієвого сплаву, яка становить 1,25%, а також припуск на обробку, який при зачистці становить 0,4 мм. Товщина тіла ящика визначається залежно від його габаритів, використовуючи відповідні номограми. Для алюмінієвих стрижневих ящиків товщина стінок складає 10 мм. Відповідно до таблиць визначаються також товщина ребер жорсткості (10 мм) та радіус галтелей (5 мм). Стрижневий ящик виготовляється згідно з заданими розмірами і піддається механічній обробці. Площина роз'єму шліфується для щільного прилягання половинок. З'єднання обох частин ящика здійснюється за допомогою штифтів.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розв'язане важливе технічне завдання розробки технології виготовлення виливка Корпус СЕТ 00.109 методом лиття в піщано-глинисту форму.

При розв'язанні даного завдання вирішено наступні задачі:

- описано характеристики матеріалів та обладнання, що використовуються в технологічному процесі виготовлення виливків;
- розроблено технічні умови та модельно-ливарні вказівки на виливок;
- розраховано і сконструйовано ливникову систему;
- описано технологічний процес виготовлення виливка;
- описано процес проектування ливарного оснащення.

У першому розділі для виготовлення виливків вибрано сплав СЧ200. Описано його хімічний склад, механічні та ливарні властивості. Для плавки сплаву використано електродугову піч ДСП-12 з кислотою футеровкою, а також описано принцип її роботи. Проведено розрахунок шихти методом підбору. Для виготовлення форм була обрана автоматична ливарна лінія ІЛ-225, описано її будову, принцип роботи та технічні характеристики. Також вибрано стержневий автомат 4509А для виготовлення стержнів, сумішоприготувальне та очисне обладнання.

У другому розділі виконано аналіз конструкції деталі та вимог до виготовлення виливка. Розроблено модельно-ливарні рекомендації та визначено технічні умови на виливок. Проведено розрахунок і проектування ливниково-живильної системи. Наведено опис технологічного процесу виготовлення виливка, а також етапів проектування ливарної оснастки.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тітов Н.Д., Степанов Ю.А. Технологія ливарного виробництва: Підручник для машинобудівних технікумів. 2-ге вид. Перероб. - М.: Машинобудування, 1978. 432 с., Іл.
2. Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів. - К.: ІСДО, 1993. - 552 с.
3. Москальов І.Н. Ливарні сплави та їх плавка: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1993. - 368 с.
4. Ливниково-живильні системи. Конструювання та розрахунок ливникових систем. Навчальний посібник/Л.А. Большаков. - Маріуполь: ПДТУ, 2007. - 125 с.
5. Сафронов В.Я. Довідник з ливарного обладнання. - М.: Машинобудування, 1985, - 320 с., іл.
6. Леві Л.І. Основи теорії металургійних процесів та технології плавки ливарних сплавів. -М: Машинобудування, 1970. -172 с.
7. Анісімов Н.Ф. Проектування ливарних деталей / Н.Ф. Анісімов., Б.М. Благів. - М.: Машинобудування, 1967. - 277 с.
8. Воздвиженський В.М. Контроль якості виливків / Воздвиженський В.М., Жуков А.А., Бастраков В.К. - М.: Машинобудування, 1990. - 240 с.
9. Дубицький Г.М. Ливникові системи / Дубицький Г.М. - М.: Машгіз, 1951. - 234 с.
10. Ісагулов А.З. Проектування ливарного оснащення: Навчальний посібник / Ісагулов А.З., Кузембаєв С.Б., Канунікова С.Г. - Караганда: КарДТУ, 2003. - 138 с.
11. Матвєєнко І.В. Формувальне та стрижневе обладнання ливарних цехів / І.В. Матвєєнко., А.З. Ісагулов. - Караганда: Вид-во КарДТУ, 2004. - 215 с.
12. Могильов В.К. Довідник ливарника: довідник для професійного навчання робітників на виробництві / В.К. Могильов., О.І. Лев. - М.: Машинобудування, 1988. - 272 с.

13. Рубцов Н.М. Ливарні форми / Рубцов Н.М., Баландин В.В., Воробйов М.І. - М.: Машинобудування, 1959. - 553 с.
14. Аксьонов П. Н. Обладнання ливарних цехів. М: Машинобудування, 1997. 510с.
15. Хричиков В.Е., Меньяло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89с.
16. Фесенко А. М. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навч. посіб. до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 136 «Металургія» спеціалізації «Ливарне виробництво» / А.М. Фесенко.–Краматорськ : ДДМА, 2017. – 112 с.
17. Теорія ливарних сплавів : навч. посібник / Г. А. Бялік, В. В. Наумик, В. В. Луньов, А. В. Пархоменко. - Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. - 156 с.
18. Практикум з теорії ливарних сплавів та процесів: навч. посібник / Г. А. Бялік, Е. І. Цивірко, О. Ф. Кузовов, В. В. Луньов. - Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. - 98 с.
19. Теоретичні основи ливарного виробництва : навч. посіб. / Могилатенко В.Г., Пономаренко О.І, Дробязко В.М., [та ін.]. – Харків : НТУ «ХП», 2011. – 288 с.
20. Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства: Монография / О.И Пономаренко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
21. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко, В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посіб. / за ред. акад. НАН України В.Л. Найдека. – Київ: Вінниченко, 2016. – 224 с.

ДОДАТКИ