

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії чорних металів
і ливарного виробництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 26000 тонн
виливків на рік.

Виконав:

студент групи МТ-23-2ск

Керівник випускної роботи

Нормоконтролер

Т.в.о. завідувача кафедри

Олександр ЗІМА

Леван САІТГАРЕЄВ

Леван САІТГАРЕЄВ

Дмитро БАБОШКО

Кривий Ріг

2026 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний
Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

т.в.о. зав. кафедрою

_____ Дмитро БАБОШКО

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до випускної атестаційної роботи бакалавра

ЗІМА ОЛЕКСАНДР ГЕННАДІЙОВИЧ

Тема роботи: Розробка проєкту чавуноливарного цеху потужністю 26000 тонн виливків на рік.

керівник роботи: к.т.н., доцент Саїтгарєєв Л.Н.

затверджено наказом по КНУ від «__ 19 __» __ 02 __ 2026 р. № 112с

2. Строк подання роботи студентом «__ 25 __» __ 05 __ 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

5. Перелік графічного матеріалу: презентація (__ стор. формату А4)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів
1	Розробка технології виготовлення виливка “Корпус”.	6.04.26 - 16.04.26р.
2	Розрахунки основних відділень цеху.	17.04.26 - 10.05.26р..
3	Виконання спеціальної частини роботи.	10.05.26 - 15.05.26р.
4	Виконання графічної частини роботи.	15.05.26 - 25.05.26р.
5	Підготовка пояснювальної записки роботи та презентації.	25.05.26 - 05.06.26р
6	Перевірка роботи на антиплагіат та підготовка до захисту.	05.06.26 - 10.06.26р.
7		
8		

Дата видачі завдання «____» _____ 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ЗІМА

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Леван САІТГАРЕСВ

[illegible]

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота викладена на 62 сторінках і містить 22 таблиці, 13 джерел літератури, графічну частину у вигляді креслень та презентації.

Бакалаврська робота присвячена проектуванню чавуноливарного цеху продуктивністю 26000 т придатного литва на рік та розробці технологічного процесу виготовлення виливка типу «Корпус» із сірого чавуну СЧ20 методом лиття у піщано-глинисті форми.

У роботі виконано аналіз конструкції виливка, обґрунтовано вибір способу лиття, визначено положення виливка у формі, поверхню роз'єму, припуски на механічну обробку, конструкцію стрижнів та модельного оснащення. Розроблено конструкцію ливникової системи, технологію складання форм, процеси плавлення металу, заливки, охолодження, вибивання, очищення та контролю якості виливків.

У розрахунковій частині проведено розрахунок виробничої програми, проектної потужності цеху, режимів роботи та фондів часу. Виконано розрахунок плавильного, формувально-заливного, стрижневого та термообрубного відділень, визначено потребу в обладнанні та робочій силі. Розроблено загальну компоновку чавуноливарного цеху та наведено характеристики допоміжних приміщень.

Особливу увагу приділено питанням удосконалення технології лиття. Запропоновано використання крохмаліту замість бентонітно-вугільної суспензії у складі формувальної суміші, а також застосування електричного підігріву ковшів для зменшення браку виливків.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 Р		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.		Зіма О.Г.					
Перевір.		Саїтгарєєв Л.Н.					
Н. Контр.		Саїтгарєєв Л.Н.					
Затверд.		Бабошко Д.Ю.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	2
					МТ-23-2ск		

У роботі наведено технічні, технологічні та організаційні рішення, спрямовані на підвищення якості виливків, зниження матеріалоємності та енерговитрат виробництва.

Пояснювальна записка містить вступ, технологічну частину, розрахункову частину, висновки та список використаної літератури.

Ключові слова: ливарне виробництво, чавунне лиття, виливок, формувальна суміш, стрижень, ливникова система, плавлення металу, чавуноливарний цех.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 Р	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ТЕХНОЛОГІЯ	
ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА	12
1.1. Вибір способу виготовлення виливка	12
1.2. Вибір положення виливка у формі в період заливки та затвердіння	12
1.3. Визначення поверхні роз'єму форми	13
1.4. Визначення припусків на механічну обробку, формувальних ухилів, радіусів заокруглень	13
1.5 Визначення кількості та конструкції стрижнів	13
1.6. Формувальні та стрижневі суміші	14
1.7 Розробка конструкції моделі, стрижневих ящиків і модельних плит	17
1.8 Розробка конструкції ливникової системи	19
1.9 Визначення кількості моделей на плиті	20
1.10 Розробка технології складання, кріплення форм	20
1.11 Вибір способу плавлення металу	21
1.12 Розробка технології заливки форм	21
1.13. Розробка технології охолодження форм, вибивання, обрубкування, очищення	22
1.14. Розробка системи контролю технології та якості виливків	23
1.15. Визначення маси виливка	24
1.16. Розрахунок ливникової системи	24
1.17. Нововведення в технології	26

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 З				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Зіма О.Г.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Саїтгарєєв Л.Н.					1	2	
						МТ-23-2ск			
Н. Контр.		Саїтгарєєв Л.Н.							
Затверд.		Бабошко Д.Ю.							

2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ	27
2.1. Розрахунок виробничої програми	27
2.2. Розрахунок потужності ливарного цеху	28
2.3. Загальна компоновка цеху та опис прийнятого технологічного процесу	31
2.4. Розрахунок плавильного відділення	34
2.5. Розрахунок формувально-заливного відділення	39
2.6. Розрахунок стрижневого відділення	42
2.7. Термообрубне відділення	45
2.8. Обладнання чавуноливарного цеху	46
2.9. Розрахунок робочої сили	49
3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ	51
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

ВСТУП

Лиття є одним з найбільш поширених способів виробництва заготовок для деталей машин. Близько 70% всіх заготовок отримують литтям. Можна отримати заготовки практично будь-якої складності з мінімальними припусками на обробку. Це дуже важлива перевага, оскільки скорочення витрат на обробку різанням знижує витрату металу і собівартість виробу. Сучасний рівень розвитку ливарного виробництва дозволяє виготовляти литтям багато відповідальних деталей машин: блоки циліндрів, поршні, задні мости, колінчасті вали автомобілів, ротори парових і гідравлічних турбін, рами екскаваторів, станини різних машин тощо.

У ливарному виробництві мають місце численні, різнохарактерні і складні технологічні процеси, пов'язані із застосуванням матеріалів у всіх агрегатних станах: твердому, рідкому і газоподібному. Процеси часто відбуваються при високих температурах і тисках, супроводжуються шумом, пило- і газовиділеннями. Все це створює особливу специфіку конструювання та експлуатації різноманітних видів ливарного обладнання.

У планах подальшого розвитку ливарного виробництва велика увага приділяється зниженню матеріаломісткості, енергомісткості та трудомісткості виготовлення виливків. На багатьох підприємствах є досвід раціонального використання різних відходів виробництва. Ливарне виробництво і в майбутньому буде розвиватися швидкими темпами, причому вартісний випуск виливків буде випереджати ваговий за рахунок зниження металоємності виливків, підвищення їх якості та максимального наближення до готових деталей. Велике значення для розвитку ливарного виробництва має створення спеціалізованих ливарних цехів і заводів – централітів. У перспективі ливарне виробництво стане безвідходним, із замкнутим циклом використання

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Зіма О.Г.					
Перевір.		Саїтгарєєв Л.Н.					
Н. Контр.		Саїтгарєєв Л.Н.					
Затверд.		Бабошко Д.Ю.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	3
					МТ-23-2ск		

сировинних матеріалів

Ливарне виробництво – основна заготівельна база, що визначає можливості подальшого розвитку галузей машинобудування.

Метод отримання фасонних заготовок заливкою металу у форми до теперішнього часу є найпростішим і найдоступнішим. Значення ливарного виробництва для народного господарства і в першу чергу для машинобудування надзвичайно велике.

Для вдосконалення ливарного виробництва необхідний розвиток машинобудування, спеціалізоване виготовлення комплексного автоматизованого обладнання, випробування і налагодження його під навантаженням у виробничих умовах. Складність даного обладнання та його доопрацювання зумовлює збільшення капітальних витрат на сучасне обладнання. Вирішальне значення має координація проведення конструкторських розробок, наукових досліджень та організація впровадження їх результатів, особливо при проектуванні, реконструкції або будівництві ливарних цехів.

В останні роки випуск заготовок з чавуну в усьому світі дещо стабілізувався і знаходиться на найвищому рівні.

Однак, незважаючи на це, наше машинобудування майже постійно відчуває дефіцит чавунних виливків. Одночасно ситуація, що склалася, свідчить і про досить великі технічні можливості чавунних виливків для використання їх в якості заготовок для деталей всіляких машин.

Чавунні виливки, що використовуються в найрізноманітніших галузях техніки і машинобудування, відрізняються винятковою різноманітністю умов, в яких їм доводиться працювати

Метою роботи є розробка технологічного процесу виготовлення виливка Корпус з використанням методу лиття в піщано-глиняні форми.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

- проаналізувати варіанти виготовлення Корпусу;
- підібрати та обґрунтувати проектований спосіб лиття;

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 В	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- провести необхідні розрахунки з урахуванням обсягів виробництва;
- Вибрати і обґрунтувати ливарне (плавильне, формувальне і очисне) обладнання;
- розробити технологію лиття корпусу;
- провести розрахунок економічного обґрунтування впровадження проекту;
- розглянути питання безпеки та екологічності розробки.

Таким чином, у бакалаврській роботі в її технологічній частині на основі аналізу базового варіанту буде розроблено проектувальний варіант технологічного процесу виготовлення Корпусу, що включає процес підготовки форм, розплав, процес лиття та подальшої механічної і термічної обробки.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 В	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Проведемо аналіз конструкції виливка Корпус СЧ 20 ГОСТ 1412-79.

Виливок за конструкцією нескладний і компактний. Товщина стінок по всій довжині деталі рівномірна, без великих перепадів у розмірах. З'єднання стінок дотримано. Порожнина отримана за допомогою двох стрижнів, склеєних між собою, конфігурація порожнини нескладна. Отвори у виливку можна отримати обробкою різанням. Деталь являє собою поєднання простих геометричних тіл з переважанням прямих ліній циліндричних і плоских поверхонь. Деталь має конструктивні ухили. Конструкція забезпечує складання форм. За масою деталь дрібна. За призначенням деталь є відповідальною, конструкція деталі відповідає як вимогам технології механічної обробки, так і вимогам ливарної технології.

1.1. Вибір способу виготовлення виливка

Враховуючи програму виробництва: серійне виробництво, а також нескладну конфігурацію, масу і габарити виливка, клас точності, приходимо до висновку, що даний виливок отримуємо литтям в піщано-глинисті форми. Використовуємо машинне формування, виливок виготовляємо безпосередньо на автоматичній формувальній лінії.

Прийнятий спосіб лиття отримує високий вихід придатного лиття при відносно невисоких витратах, при здійсненні технологічного процесу.

1.2. Вибір положення виливка у формі в період заливки і затвердіння

Положення виливка у формі під час заливання та затвердіння визначає

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Зіма О.Г.					
Перевір.		Саїтгареев Л.Н.					
Н. Контр.		Саїтгареев Л.Н.					
Затверд.		Бабошко Д.Ю.			МТ-23-2ск		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	15

весь технологічний процес виготовлення виливка.

Даний виливок розташовується в одній напівформі, в горизонтальному положенні. Дане розташування забезпечує: спрямоване затвердіння, найбільш просту ливникову систему, просте складання форм, мінімальні габарити

форм, просту і стійку установку стрижнів у форму, мінімальні припуски на механічну обробку.

1.3. Визначення поверхні роз'єму форми

Форма має одну горизонтальну площину роз'єму, поверхня роз'єму плоска.

Така поверхня роз'єму форми забезпечує зручність формування, установки стрижнів, контроль якості складання форми, найбільш просту конструкцію модельного оснащення і форми, найменшу кількість стрижнів, мінімальне спотворення базових поверхонь.

1.4. Визначення припусків на механічну обробку, формувальних ухилів, радіусів заокруглень

Величину припусків на механічну обробку визначають такі характеристики: матеріал виливка; його клас точності, положення поверхні при заливці, габаритні розміри, номінальний розмір виливка.

З огляду на все вищевикладене, приходимо до таких припусків: верх – 2,5 мм, низ, бік - 2 мм.

Знаючи висоту моделей, призначаємо наступні формувальні ухили - 1о 30' (зовнішні). З огляду на конфігурацію виливка, призначаємо радіуси заокруглень: 5 мм, незазначені - до 2 мм.

1.5 Визначення кількості та конструкції стрижнів

Аналізуючи конструкцію виливка, приходимо до висновку про можливість

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримання внутрішньої порожнини вилівка за допомогою двох склеєних між собою стрижнів. Стрижень займає горизонтальне положення у формі. Вони мають нескладні конфігурації, прості у виготовленні. Обрана конструкція стрижнів забезпечує: отримання внутрішньої порожнини із заданою точністю, зручну установку стрижня, що допускає перегляд і

контроль розмірів форми, вільне видалення газів і легке видалення стрижневої маси з вилівка в період її очищення, механічну і термічну стійкість. Стрижень має ознаки достатньої міцності. Розміри, ухили і зазори між знаком стрижня і формою вибираємо за ГОСТ 3606-80.

Стрижні виготовляються на стрижневих машинах по гарячому оснащенню в роз'ємних стрижневих ящиках в кількості двох пар.

1.6. Формувальні та стрижневі суміші

Формувальні суміші застосовують для виготовлення форм. Склад суміші показаний у табл. 1.6.1.

Таблиця 1.6.1. Склад формувальної суміші

Складові формувальної суміші	Масова частка складових суміші %
Кварцовий пісок ОБК02	3 – 5 понад 100
Бентоніт	0,3 – 1 понад 100
Відпрацьована суміш	100
Вугілля гранульоване	0,3 – 0,6 понад 100

В умовах автоматичного формування для приготування формувальної суміші використовують складні системи змішування. Зазвичай ці системи складаються з двох комплексів: приготування формувальної суміші та її регенерації.

Сухий пісок по стрічковому конвеєру подається в бункери над бігунами. Відпрацьована суміш з-під вибивної решітки автоматичної формувальної лінії надходить на конвеєр, на якому збирається просип формувальної суміші з-під формувальних автоматів. Потім відпрацьована суміш надходить на стрічку конвеєра, де піддається магнітній сепарації над стрічковим магнітним

сепаратором. Після цього суміш подрібнюється і розпушується в розпушувачі, просівається через сито і на стрічковому конвеєрі вдруге піддається магнітній сепарації над стрічковим магнітним сепаратором. Далі відпрацьована формувальна суміш надходить у гомогенізаційний барабан, в якому зволюється до певної вологості. Вода в барабан подається через форсунки. З барабана суміш надходить в охолоджувач випарного типу, охолоджується повітрям, що продувається через неї; одночасно відбувається видалення пилу з суміші. На виході з установки суміш має температуру не вище 38-40 °С. Далі по конвеєрах і елеватору суміш надходить в бункери над бігунами.

З бункерів сухий пісок і відпрацьована суміш тарілчастими живильниками подаються в бункери-дозатори бігунів. Бентоніт вугільна емульсія готується в установках і по трубопроводах подається в бігуни. Після перемішування формувальна суміш видається з бігунів в дозатори. При перемішуванні для охолодження і знепилювання суміші здійснюється її продувка повітрям за допомогою вентиляторів. З дозаторів суміш по системі стрічкових конвеєрів подається в розпушувач, пройшовши через нього по стрічкових конвеєрах, надходить в бункери над формувальними автоматами.

Фізико-механічні властивості суміші наведені в табл. 1.6.2.

Таблиця 1.6.2. Фізико-механічні властивості суміші

Властивості	Значення
Вологість, %	3 – 4
Газопроникність, од.	130 - 180
Текучість, од.	70 - 76
Межа міцності при стисненні у вологому стані, кПа.	140 - 190
Межа міцності при стисненні у вологому стані, кПа.	343 - 588
Температура суміші перед формуванням, °С	25

Для отримання стрижнів вибираємо спосіб виготовлення по гарячих ящиках. Для виготовлення стрижнів використовують стрижневі суміші. Склад стрижневої суміші наведено в табл.1.6.3.

Таблиця 1.6.3. Склад стрижневої суміші, %.

Складові	Масова частка
Кварцовий пісок ОБ1К02Б	100
Пил з очисних установок плавильних печей ПЧЛ	0,25-0,37
Комплексне в'є сполучна речовина (співвідношення смол ФІР 24: КФ 90 = 1: 1,5)	1,8-2,1
Каталізатор МА 21/30 з додаванням сульфітно-дріжджової браги до 13%	0,39
моноетаноламін (технічний)	0,00-0,04
синтетичний миючий засіб «Прогрес»	0,00-0,15 %

Фізико-механічні властивості суміші наведені в табл.1.6.4.

			Значення
Міцність затверділого зразка на розрив, кг/см ²	через 10 с	у гарячому стані	2,2 - 4,5
		у холодному стані	>10
	через 30 с	у гарячому стані	>5
		у холодному стані	>22
Плинність суміші, %			>75
Вологість суміші, %			<1,2
Температура, °С			<303
Живучість суміші, год			> 2

Суміші мають невисоку міцність у вологому стані, тому стрижні з них виготовляють на піскоструминних і піскоструминних машинах.

Сутність технологічного процесу полягає в тому, що стрижнева суміш з швидкотвердіючею сполучною речовиною за допомогою піскоструминної або піскоструминної машини вдувається в стрижневий ящик, попередньо нагрітий до певної для даного сполучної речовини температури. Під дією тепла сполучна речовина при нагріванні твердне, надаючи міцність стрижню. Після нетривалої витримки (2-3 хв), залежно від сполучного і розмірів стрижня, ящик розкривають і витягують сухий і міцний стрижень.

Процес виготовлення стрижня в гарячому ящику на піскоструминній машині має таку послідовність. Половини стрижневого ящика нагріваються газовим або електричним пристроєм; після цього нагрівальний пристрій і розпарювач переміщуються вперед, а піскоструминна головка з позиції

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

завантаження сумішню переміщається на робочу позицію. Потім нижня половина ящика піднімається вгору, половини ящика змикаються, і він притискається до піскоструминної головки; відбувається надування суміші в ящик; після цього слідує підйом головки, переміщення її і розпарювача з нагрівачем; опускання нижньої половини ящика зі стрижнем і виштовхування стрижня штовхачем. Готовий стрижень знімається з машини вилковим знімачем; після опускання штовхачів стрижень залишається на вилках знімача, а потім переміщується знімачем з робочої зони машини.

Піщано-смоляні стрижневі суміші готують із сполучними – синтетичними смолами. Ці сполучні синтетичні смоли здатні тверднути при температурі 230 - 250°C за короткий час (від 2 - 3 хв до 30 - 50 с залежно від складу і розмірів стрижня). Процес затвердіння може бути прискорений введенням каталізаторів – органічних і неорганічних кислот. До складу суміші входять добавки – оксид заліза і сріблястий графіт, що поліпшують теплопровідність і теплоємність, що прискорює прогрів стрижня і його твердіння. Добавка стеарату кальцію зменшує прилипання і покращує плинність.

Стрижнева суміш твердне безпосередньо в стрижневому ящику. Твердіння суміші відбувається за рахунок конденсації сполучного. При цьому стрижень набуває високої міцності до 9,8 МПа і газопроникності. Завдяки низькій міцності у вологому стані піщано-смоляні суміші зі сполучними мають хорошу плинність, легко заповнюють порожнини складних стрижневих ящиків. Стрижні з таких сумішей витягують з ящиків міцними, що підвищує точність стрижнів і виливків. Суміші податливі, добре вибиваються з виливка, але мають недостатню термічну стійкість.

1.7 Розробка конструкції моделі, стрижневих ящиків і модельних плит

Моделі класифікуються за розмірами. Модель виливка Корпус відноситься до малих моделей. При проектуванні даного виливка була розроблена проста конструкція моделі, з роз'ємом по площині і стрижневі знаки простої конфігурації.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

При машинному формуванні доцільно виготовляти моделі з сірого чавуну, які призначаються для серійного і масового виробництва (для виготовлення дрібних і середніх моделей, стрижневих ящиків і модельних плит).

Металеві моделі і стрижневі ящики застосовують у масовому виробництві.

Основними елементами металевого модельного комплексу є модельна плита і стрижневі ящики. Допоміжними елементами є сушильна плита, кондуктори для зачищення і складання стрижнів тощо. Металеві модельні плити виготовляють складовими і суцільнолитими.

Вихідним документом при проектуванні металевого модельного комплексу є креслення вилівка, виконане відповідно до ГОСТ 2.423-73. За цим кресленням розробляють креслення елементів металевого модельного комплексу: модельних плит, моделей, стрижневих ящиків тощо. При розробці креслень металевого модельного комплексу, модельних плит, моделей, стрижневих ящиків, складальних кондукторів широко використовують норми та стандарти, в яких регламентовані конструкції елементів оснащення, їх розміри, матеріал, точність виконання, шорсткість поверхні тощо.

Металеві моделі, стрижневі ящики, модельні плити рекомендується робити тонкостінними, підсилюючи їх ребрами жорсткості. Товщину стінок моделей і стрижневих ящиків призначають за ГОСТ 19370 - 74.

Використовуємо опочні модельні плити, односторонні.

Заготовки металевих моделей, стрижневих ящиків і плит отримують литтям в піщані форми за дерев'яними моделями, тобто за промоделями.

Заготовки обробляють на звичайних універсальних металорізальних верстатах.

Після обробки різанням моделі монтують на заздалегідь підготовлених плитах. При монтажі враховують розміри і конструкції опок.

При машинному формуванні використовуємо дві плити: одну для нижніх напівформ, а іншу для верхніх напівформ.

Моделі ливникової системи монтують на плитах після установки моделей виливків відповідно до креслення.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Металеві стрижневі ящики застосовують у серійному та масовому виробництві. Використовують виготовлення стрижнів у гарячих ящиках. Це дозволяє виключити сушіння стрижнів, автоматизувати їх виготовлення. Ящик повинен бути досить жорстким, здатним протистояти викривленню внаслідок періодичного нагрівання та охолодження.

Матеріал стрижневого ящика повинен мати високу теплопровідність, теплоакумулюючу здатність, малий коефіцієнт теплового розширення, високу міцність і хімічну стійкість по відношенню до сполучних матеріалів стрижневої суміші.

Цим вимогам найбільш повно відповідає сірий чавун. Заготовки стрижневих ящиків піддають відпалу.

1.8 Розробка конструкції ливникової системи

При виборі способу підведення розплаву в форму і розробці конструкції ливникової системи враховуємо, що розплав повинен надходити в форму плавно, без ударів об її стінки і стрижні, без завихрень із заданою швидкістю підйому рівня в формі і послідовним видаленням повітря і газів з форми. Крім того, спосіб підведення розплаву забезпечує спрямоване затвердіння виливка з урахуванням її конструкції та властивостей сплаву.

Той чи інший спосіб підведення розплаву, конструкції ливникової системи, співвідношення її розмірів, елементів призначають залежно від ливарних властивостей сплаву - рідкоплинності, усадки, схильності до утворення тріщин; конфігурації, розмірів, маси і призначення виливка.

На підставі всього вищевикладеного приходимо до висновку, що найбільш доцільним є використання ливникової системи з підведенням металу по площині роз'єму. Вона найбільш проста, технологічна для даного типу виливка.

До числа елементів живильної системи, що забезпечують живлення виливка розплавом при затвердінні, відносяться живильні випори, бобишки і надливи.

Надливи і живильні випори служать для компенсації усадки потовщених місць виливка. Вони повинні розташовуватися над масивними частинами, мати такі розміри і конфігурацію, щоб розплав в них застигав в останню чергу. Розміри повинні бути достатніми для того, щоб компенсувати усадку виливка. Для даного виливка такі елементи відсутні.

1.9 Визначення кількості моделей на плиті

Виливок виготовляється на автоматичних формувальних лініях. Розмір опок у світлі $1100 \times 750 \times 300/300$.

На підставі даних про виливок встановлюємо рекомендовані мінімально допустимі товщини шару:

від верху моделі до верху опоки	40 мм;
від низу моделі до низу опоки	50 мм;
від моделі до стінки опоки	30 мм;
між моделями	20 мм;
між моделями і шлакоуловлювачами	30 мм.

На підставі вищевикладених величин приймає 8 моделей на плиті

1.10 Розробка технології складання, кріплення форм

Збірка форм - відповідальний процес. Збірка включає наступні операції: підготовка напівформ і стрижнів до збірки, установка стрижнів, контроль

положення стрижнів, накриття нижньої напівформи верхньою, установка випор і ливарних чаш, скріплення напівформ або їх навантаження.

Напівформи і стрижні, що надійшли на складання, ретельно оглядають, дефектні до складання не допускають. Порожнину форми продувають, щоб видалити з неї частинки суміші і сторонні предмети.

Стрижні встановлюють у форму в послідовності, зазначеній на складальному кресленні або технологічному процесі. Знаки стрижнів не

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

підганяють.

На автоматичних лініях складання форм проводиться механізмами лінії: стрижнеукладальниками, що встановлюють окремі стрижні або блок стрижнів у форму; складальниками, пристроями для установки верхньої напівформи на нижню напівформу. У випадку з виливом Корпус стрижні у форму проставляються вручну.

При заповненні форми розплав створює тиск на стінки форми, пропорційно щільності і висоті його стовпа. Щоб не допустити утворення витоку розплавуміж нижньою і верхньою напівформою їх скріплюють болтами, скобами, клинами або на зібрану форму встановлюють вантаж.

1.11 Вибір способу плавки металу

Плавка чавуну здійснюється в електродугових печах місткістю 40т. Плавились агрегати мають трансформатори великої потужності до 35000 кВА, тому плавку можна вести в інтенсивному режимі з виділенням високої потужності для розплавлення шихти. Електродугові агрегати є високопродуктивними і забезпечують виплавку чавуну з використанням різних шихтових матеріалів.

В електродугових печах: відносно низький випал елементів, можливість отримання більш точного складу чавуну з меншою кількістю шкідливих домішок, високий перегрів, кращі санітарно-гігієнічні умови плавки, велика можливість автоматизації та механізації, а також регулювання процесу плавки.

1.12 Розробка технології заливки форм

За конструкцією ковші бувають чайникові, барабанні та стопорні.

Ківш служить для транспортування рідкого металу і заливки форм. Ківш має сталевий кожух, у якого стінки і дно зсередини викладені вогнетривким матеріалом. Для заливки чавуну ківш футерують шамотом. Товщина шару футеровки 65 - 180 мм.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для заливки чавуну частіше застосовують стопорні ковші, чайникові ковші, ківш з носком або ківш з перегородкою. У нашому випадку це ківш з носком.

Ковші сушать і нагрівають пальниками, що працюють на природному газі. Ківш нагрівають до 700-750 °С. Ківш відразу ж після прогріву заповнюють розплавом.

Чавун перед розливанням повинен бути очищений від шлаку.

У початковий момент заливки необхідно повертати ківш плавно без ривків

Після появи розплаву в чаші зменшують швидкість повороту ковша для того, щоб розплав не витік з чаші.

1.13. Розробка технології охолодження форм, вибивання, обрубки, очищення

Після заливки форми вилив охолоджується і твердне. Повністю затверділий вилив повинен певний час охолоджуватися з формою, оскільки міцність металу при високих температурах мала і вилив може зруйнуватися при вибиванні його з форм.

Тривалість витримки виливка у формі при охолодженні до заданої температури вибивання обумовлюється довжиною ділянки охолодження на автоматичній формувальній лінії.

Процес вибивання виливків полягає в тому, що затверділі і охолоджені до заданої температури виливки витягуються з форми. Форму руйнують і з виливка видаляють стрижні, а також відокремлюють ливники і надливи; після цього виконують очищення зовнішньої і внутрішньої поверхонь виливка від пригорілої суміші.

Для вибивання виливків використовують систему ексцентрикових вибивних решіток.

Технологічний процес очищення виливків включає наступні операції:

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- видалення стрижнів з виливків;
- відділення ливників;
- очищення від прилиплої формувальної суміші;
- видалення окалини і задирок;
- ґрунтування та остаточний контроль якості виливка після обрубкування та очищення.

Для вибивання стрижнів з виливка використовують вібраційні або водоструминні установки.

Ливники відокремлюють молотками.

Очищення виливків від пригорілого піску та окалини здійснюється дробе-метальним способом.

Зачищення здійснюється абразивними матеріалами.

Фарбування виливків здійснюється для захисту від корозії в процесі обробки різанням і при зберіганні на складі.

1.14. Розробка системи контролю технології та якості виливків

Вхідний контроль - контроль шихтових і формувальних матеріалів, що надійшли.

Контроль хімічного складу, механічних властивостей і мікроструктури отриманого чавуну.

Контроль формувальних і стрижневих сумішей. Контроль моделей і напівформ верху і низу.

Контроль температури і часу заливки.

Контроль і облік залитих форм.

Контроль кількості виливків і зовнішнього вигляду після вибивання. Контроль після обрубки і очищення.

Контроль на відповідність кресленню виливка.

Завершальний контроль кількості штук, контроль зовнішнього вигляду.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.15 Визначення маси виливка

Об'єм виливка ($V_{\text{вил}}$) визначаємо за кресленням виливка; розбиваючи її на частини (найпростіші геометричні фігури), визначаємо їх об'єми, а потім підсумовуємо. При цьому отримуємо:

$$V_{\text{відл}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Масу рідкого металу визначаємо за формулою:

$$M_{\text{отл}} = V_{\text{отл}} \rho_{\text{ж}}$$

де $\rho_{\text{ж}}$ – щільність матеріалу виливка (для чавуну щільність становить 7300 кг/м^3).

$$\text{Звідси } M_{\text{відл}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 7300 = 2,7 \text{ кг}$$

1.16. Розрахунок ливникової системи

Розрахунок ливникової системи проводиться за методом Озанна-Діттерта.

Перетин живильника знаходимо за формулою:

$$F_n = \frac{G}{\rho \cdot t \cdot \mu \cdot \sqrt{2gH_p}}$$

де G - маса виливка, г; $G = 2700 \text{ г}$.

ρ - щільність розплаву, г/м^3 ; $\rho = 7,3 \text{ г/см}^3$;

μ - коефіцієнт витрати ливникової системи;

$\mu = 0,34$; g - прискорення сили тяжіння, см/с^2 ; $g = 9,81 \text{ см/с}^2$;

H_p - розрахунковий напір металу, м.

Тривалість заливки порожнини виливка визначаємо за формулою:

$$t = S \sqrt[3]{\frac{G}{\delta}}$$

де δ – середня товщина стінки виливка, мм; $\delta = 20 \text{ мм}$;

S – коефіцієнт, що враховує товщину стінок виливка; $S = 1,85$;

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Розрахунковий напір металу визначається за формулою:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C}$$

де H - висота стояка від місця підведення розплаву до форми, см;

$H=30$ см;

P - висота вилівка від місця підведення розплаву, см;

C - висота вилівка, см; $C=8,6$ см.

Підрахувавши числові значення у вищенаведених формулах, отримаємо наступні значення:

$t=6,99$ с;

$H_p=29,38$ см;

$F_n=6,48$ см²;

За знайденою площею поперечного перерізу живильників F_n знаходимо площу шлаковловлювача $F_{шл}$ і стояка $F_{ст}$ для середніх і дрібних сталевих виливків:

$F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,15$

Звідси отримуємо наступні значення:

$\Sigma F_{шл} = 51,8 / 1,4 \cdot 1,2 = 5,5$ см²;

$F_{шл} = 59,57 / 1,1 \cdot 1,15 = 62,27$ см²;

$F_{ст} = 51,8 / 1,15 = 59,57$ см².

Діаметр стояка визначаємо за формулою (2.6)

$$d_{ст} = 2 \sqrt{\frac{f_{ст}}{\pi}}$$

$d_{ст} = 6$ (см)

Через те, що ми використовуємо один надлив на один вилив у ливниковій системі, проведемо його розрахунок:

$$V_{пр} = \left[\frac{\beta}{(\alpha - \beta)} \right] V_{отл},$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

де $V_{отл}$ - об'єм живлених вузлів виливків, см^3 ; $V_{отл} = 436 (\text{см}^3)$

β - коефіцієнт об'ємної усадки металу;

$\beta \approx 3\varepsilon$, $\varepsilon = 0,02$ - лінійна усадка сталі;

$\alpha = 0,1$ - коефіцієнт типу надлива.

На підставі наявних даних отримуємо:

$V_{пр} = 654 (\text{см}^3)$.

$H_{пр} = 1,5 \cdot D_{пр}$,

де $D_{пр}$ - діаметр надлива, мм. $D_{пр} = 51$ мм

$H_{пр}$ - висота надлива, мм; $H_{пр} = 77$ мм

1.17. Нововведення в технології

Нововведенням у технологічній частині є заміна складової формувальної суміші з суспензії бентоніт-вугільної на крохмаліт. Незважаючи на те, що крохмаліт у 2 рази дорожчий за цю суспензію, його витрата у 4 - 5 разів менша, ніж у суспензії бентоніт-вугільної. Цей захід повинен привести до зниження браку по пригарам і наростам на поверхні виливків і до економії формувальних матеріалів.

Ще одним нововведенням буде застосування електричного підігріву ковшів на роздачі металу плавильної дільниці. Це викликано тим, що метал надходить на заливку переохолодженим, тобто із заниженою температурою внаслідок неодноразового переливання рідкого металу з однієї ємності в іншу, через що в литті з'являється багато браку по спаях, недоливах, неслитинах, шлакових включеннях (всього до 40% від загальної кількості виливків).

Пропонується встановити нагрівачі під ковшами (знизу). В результаті метал у великих ковшах буде охолоджуватися набагато повільніше, і він буде йти на заливку з необхідною температурою заливки, що вдвічі зменшить брак за вищезазначеними видами і витрати енергоносіїв у печах плавки

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.01 ТЧ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ

2.1. Розрахунок виробничої програми

Виробнича програма річного випуску виливків ливарним цехом розраховується за річною програмою випуску продукції заводу (автомобілів, тракторів), комплектації лиття на 1 машинокомплект (кількість деталей, що йдуть на 1 виріб), норми запасних частин і коефіцієнта використання литої заготовки.

Послідовність розрахунку виробничої програми ливарного цеху машинобудівного заводу наводиться нижче.

Шифр деталі приймається відповідно до кодування, встановленого в галузі.

Маса деталі береться за конструкторським кресленням.

Кількість на машинокомплект - приймається за конструкторськими кресленнями основного виробу.

Коефіцієнт використання литої заготовки - визначається як відношення маси виливка (без ливникової системи в обрубаному вигляді) до маси готової деталі.

Маса 1 заготовки визначається як добуток маси однієї деталі на коефіцієнт використання литої заготовки.

Маса на 1 машинокомплект - визначається як добуток маси 1 заготовки на кількість деталей, що йдуть на один машинокомплект.

Річна програма випуску виливків у тоннах на запчастини визначається від загальної кількості продукції, що випускається (приблизно 10-20 %).

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ				Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Зіма О.Г.									
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.								1	24
									МТ-23-2ск		
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.									
Затверд.		Бабошко Д.Ю.									

2.2. Розрахунок потужності ливарного цеху

Розрахунок проектної потужності ливарного цеху проводиться виходячи з потреби в литті на основну програму, потреби в запасних частинах, поставок по кооперації, резерву потужності, лиття для власних потреб.

При розрахунку проектної потужності цеху враховуються потужності, необхідні для створення перехідних заділів і компенсації браку ливарного цеху і механічних цехів.

Випуск рідкого металу підраховується за формулою:

$$\text{Див.} = \text{Впр} (1 + K_z + K_b + K_{bm}), K_{год}$$

де Впр – програма виробництва, т (з табл.2.1.1. = 26000 т.)

K_z – коефіцієнт, що враховує нормативні заділи лиття. У цехах серійного та дрібносерійного виробництва приймається дво-тридобовий заділ лиття. Це відповідає $K_z = 0,008 - 0,015$. $K_z = 0,015$.

K_b – коефіцієнт, що враховує нормативний брак виливків всередині цеху.

$K_b = 6,96\%$ (для СЧ 18), $K_b = 7,03\%$ (для СЧ20), $K_b = 5,65\%$ (для ВЧ50).

K_{bm} - коефіцієнт, що враховує нормативний брак виливків у цехах механічної обробки, $K_{bm} = 0,5$.

$K_{год}$ - коефіцієнт, що враховує середній вихід придатного лиття до залитого у формі за даною номенклатурою. $K_{год} = 0,647$ (для СЧ 18), $K_{год} = 0,752$ (для СЧ20), $K_{год} = 0,566$ (для ВЧ50).

Випуск виливків підраховується як чисельник формули.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Проектна потужність цеху

№	Найменування виду лиття			Випуск виливків, т	
		Марка чавуну	Кількість	Марка чавуну	Кількість
1.	Програма основного виробництва	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	3386,68	СЧ 18 ГОСТ 1412-85 29447,28 5505,86	1382,80
2	Запасні частини		605,48		247,22
3	Кооперація		605,48		247,22
4	Власні потреби		302,74		123,61
5	Резерв потужностей		605,48		247,22
РАЗОМ			5051,79		3268,52
1	Програма основного виробництва	СЧ 20 ГОСТ 1412-85	8010,53	СЧ 20 ГОСТ 1412-85 89338,79 14042,85	3799,86
2	Запасні частини		1604,82		735,91
3	Кооперація		1605,50		735,91
4	Власні потреби		796,00		367,96
5	Резерв потужностей		2026,01		735,91
РАЗОМ			9870,79		7422,84
1	Програма основного виробництва	ВЧ 50 ГОСТ 7293-85	46002,75	ВЧ 50 ГОСТ 7293-85	16568,6
	Запасні частини		9069,9		3266,67
3	Кооперація		9069,92		3266,67
4	Власні потреби		4534,96		1633,34
5	Резерв потужностей		9069,92		3266,67
РАЗОМ			77747,45		28001,95

Фонд часу робочого місця визначається:

$$T_{рм} = (N_2 - \Pi) \cdot n \cdot c,$$

де $T_{рм}$ – річний фонд часу робочого місця, год;

N_2 – кількість днів у році, $N_2 = 365$.

Π – кількість святкових і вихідних днів у році, $\Pi = 112$. c – кількість змін на добу.

n – кількість робочих годин у зміні.

$$T_{рм1} = \dots = T_{рм5} = (365 - 112) \cdot 8 \cdot 2 = 4048 \text{ год.}$$

Дійсний фонд роботи обладнання визначається за формулою:

$$T_o = K_o \cdot T_{рм},$$

де K_o – коефіцієнт використання обладнання

$$K_o = 1 - (K_1 + K_2 + K_3 + K_4),$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує зупинку обладнання на ремонт.

K_2 – втрати робочого часу на переналаштування обладнання.

K_3 – коефіцієнт організаційних втрат.

K_4 – коефіцієнт на відшкодування браку.

а) Плавильне обладнання. $K_1 = 0,1$; $K_3 = 0,12$; $K_4 = 0,05$.

$$K_o = 1 - (0,1 + 0,12 + 0,05) = 0,73.$$

$$T_o = 0,73 \cdot 4048 = 2955 \text{ год.}$$

б) Формувальне обладнання.

$$K_1 = 0,1; K_2 = 0,05; K_3 = 0,12; K_4 = 0,05.$$

$$K_o = 1 - (0,1 + 0,05 + 0,12 + 0,05) = 0,68.$$

$$T_o = 0,68 \cdot 4048 = 2753 \text{ год.}$$

в) Термообрубне обладнання, в тому числі термопечі, зачистні верстати, дробеметні барабани.

$$K_1 = 0,1; K_3 = 0,12; K_4 = 0,05.$$

$$K_o = 1 - (0,1 + 0,12 + 0,05) = 0,73.$$

$$T_o = 0,73 \cdot 6072 = 4432 \text{ год.}$$

Річний фонд часу самого робітника визначається за формулою: $T_r = K_5 \cdot T_{рм} \cdot c$,

де K_5 – коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу у зв'язку з хворобою, тарифною відпусткою;

c – змінність роботи робітника, $c = 1$.

$$T_{р1} = 0,898 \cdot 4048 = 3635 \text{ год.}$$

$$T_{р2} = 0,885 \cdot 4048 = 3582 \text{ год.}$$

$$T_{р3} = 0,898 \cdot 4048 = 3635 \text{ год.}$$

$$T_{р4} = 0,898 \cdot 4048 = 3635 \text{ год.}$$

$$T_{р5} = 0,898 \cdot 6072 = 5452 \text{ год.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Фонди часу

Найменування відділень	Кількість змін	Фонди часу, год		
		робочих місць	обладнання	робочи
1. Шихтовий двір.	2	4048	2955	3635
2. Плавлене.	2	4048	2955	3582
3. Змішувальне	2	4048	2753	3635
4 Формувально-заливне.	2	4048	2753	3635
5. Термообрубне	3	6072	4432	545

2.3. Загальна компоновка цеху та опис прийнятого технологічного процесу

Склад цеху.

Чавунний цех складається з наступних основних відділень.

- Шихтовий двір.
- Плавильне відділення.
- Сумішоприготувальна діляниця формувально-заливального відділення.
- Сумішоприготувальна діляниця стрижневого відділення.
- Формувально-заливне відділення.
- Стрижневе відділення.
- Термообрубне відділення з ділянками обрубки, очищення, термообробки, заварювання дефектів, фарбування, випробування та контролю виливків.

Ділянка ремонтних служб механічного обладнання.

- Вентиляційна діляниця, об'єкти вентиляційного обладнання.
- Діляниця технічного контролю.
- Склади: вогнетривів, смол, формувальних і допоміжних матеріалів.
- Лабораторії експрес-аналізу та випробувань.
- Адміністративно-побутові приміщення.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір типу виробничої будівлі, допоміжних та адміністративно

– побутових корпусів.

Проектований цех має просту прямокутну форму, будівлі двоповерхового виконання. Всі будівлі спроектовані в металевому каркасі і повинні бути виконані з уніфікованих типових секцій. Зовнішні стіни виконані з керамзитних і бетонних панелей.

Виробнича площа: 59904 м²

Сітка колон: перший поверх - 12х6 м, другий поверх - 18х24 м. Загальна висота виробничої будівлі: 18 м.

Другий поверх знаходиться на позначці: + 8,40 м.

На першому поверсі розташоване допоміжне обладнання, на другому - все виробниче обладнання.

Адміністративно-побутовий корпус розташований на відстані 6 м від будівлі цеху і з'єднаний з ним критими галереями.

Службово-побутові приміщення

До складу допоміжних приміщень входять: приміщення побутового санітарно-гігієнічного обслуговування, медичного обслуговування, громадського харчування, приміщення культурно-масового обслуговування та громадських організацій, адміністративних і технічних служб.

Площа допоміжних приміщень та їх обладнання приймається за укрупненими показниками таблиці 2.3.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. Характеристики допоміжних приміщень цеху

Найменування приміщення	Розрахунок	Формула підрахунку	Числове значення
1	2	3	4
Всі допоміжні приміщення	м ²	4,2А	2801,14
Вестибюль	м ²	0,15	4
Гардеробно-душовий блок	м ²	2,5	1667,5
Гардеробні	м ²	А	66
- кількість шафок	шт.	А	27
- кількість умивальників	шт.	В/10	
Душові у складі ГДБ			
- кількість кабін	шт.	В/3	99
- площа переддушових	м ²	2,1 м ²	2,1 м ²
Вбиральні у складі ГДБ			
- унітази	шт.	2	2
- умивальники	шт.	1	1
Кімнати відпочинку в цеху	м ²	На відстані 75 м	18
Вбиральня в цеху			
- унітази	шт.	В/15	20
- умивальники	шт.	1 на 4 уніта-за	5
Пункт першої медичної допомоги	м ²		18
- кількість	шт.		1
Їдальня або буфет			
- кількість посадочних місць	шт.	В/4	75
- площа	м ²	4П	293
- площа виробничих приміщень	м ²	2	146,5
- умивальники	шт.	В/20	4
- гардероб	м ²	0,3	22
Культурно-масовий сектор			
- загальна площа	м ²	0,6	175,8
- зал зборів	м ²	0,36В	105,5
Адміністративно-технічні служби			
- кабінети	м ²	3С	36
- гардероби	м ²	0,3С	17
- технічні служби	м ²	4,5м ² на	3001,5

де А - облікова кількість працюючих у всіх змінах. А = 667.

В - явочна кількість працюючих у найбільш численній зміні. В = 293.

С - кількість службовців та ІТР. С = 57.

П - кількість посадочних місць в їдальні. П = 75

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розрахунок плавильного відділення

Проектування та розрахунок плавильного відділення ливарного цеху включає вирішення таких питань:

- складання балансу металу за виплавлюваними марками;
- вибір типу плавильного агрегату;
- визначення кількості плавильних агрегатів;
- розрахунок витрат шихтових матеріалів на річний випуск лиття;
- складання плану відділення (дільниця плавки, дільниця витримки, шихтовий двір, вогнетривка дільниця).

Розрахунок потреби металу за марками та визначення металозавалки.

Необхідна кількість рідкого металу за марками визначається з урахуванням прийнятого браку відповідно до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4	Марка металу	Вид лиття	Одиниці вимірювання	Випуск на рік		Брак		Випаровування та безповоротні втрати	Зливи та скрап (2%)	Всього металозавалка
				Придатного лиття	Ливники	Ливарного цеху	Механообробних цехів			
1	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	в разові піщано-глиняні форми	т	2248,07	899,23	224,81	134,88	112,40	44,96	3664,3
2	СЧ 20 ГОСТ 1412-85		т	6375,55	2550,22	637,56	382,53	318,78	127,5	10392
3	ВЧ 50 ГОСТ 7293-85		т	28001,9	11200,7	2800,1	1680,12	1400,1	560,0	45643

Випаровування і безповоротні втрати задаються проектом залежно від передбачуваного способу виплавки і типу плавильного агрегату. Випаровування при плавлі металу в дугових електропечах приймаємо 1,5 %.

На підставі розрахунку металозавалки складається баланс металу за виплавлюваною маркою відповідно до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Баланс металу за марками, що виплавляються

Склад метало завалки	СЧ 18		СЧ 20		ВЧ 50		Всього по	
	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1. Придатне лиття	61,	2248,0	61,2	6375,5	61,2	28001,9	61,2	36625,5
2. Ливники та надливи	24,	899,2	24,4	2550,22	24,4	11200,7	24,4	14650,2
3. Сливи та скрап	1,	44,96	1,2	127,5	1,2	560,04	1,2	732,51
4. Брак	9,	359,6	9,7	1020,09	9,7	4480,31	9,7	5860,09
5. Угар	1,	33,721	1,5	95,6333	1,5	21,0	1,5	150,36
6. Безповоротні втрати	2	78,68	2	223,14	2	1379,10	2	1680,92
Разом	10	3664,3	100	10392,1	100	45643,1	100	59699,6

Вибір типу плавильного агрегату.

У машинобудівній промисловості безперервно розширюється використання електропечей для плавки чавуну.

У порівнянні з традиційними плавильними агрегатами в ливарних цехах вагранкою та індукційними електропечами, дугові електропечі мають цілий ряд принципових металургійних відмінностей.

Перш за все – це отримання активного шлаку і можливість змінювати його властивості в широких межах, це отримання зон з особливо високим перегрівом, відносно великим градієнтом температур. Роль і вплив вогнетривкої футеровки в дугових електропечах також значно вища, ніж у вагранці і в індукційній печі. Ці обставини впливають на вигоряння компонентів шихти і особливості структуроутворення у виливках, вміст у них газів, домішок, що в свою чергу також

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

позначається як на первинній, так і на вторинній кристалізації чавуну. У сумі це визначає експлуатаційні властивості виливків.

При електроплавці можливе отримання економічної ефективності за рахунок зниження вартості шихтових матеріалів, зниження браку лиття і підвищення експлуатаційних властивостей чавуну у виливку.

Також необхідно відзначити, що плавка чавуну в дугових електропечах легко піддається автоматизації. Перевага в порівнянні з індукційною піччю полягає у високому ККД при розплавленні (80-85%), у більшій продуктивності (23-30%) і меншій вартості при однаковій ємності.

Розрахунок кількості плавильних агрегатів.

Розрахунок кількості плавильних агрегатів проводиться виходячи з потреби рідкого чавуну, коефіцієнта використання обладнання в часі, годинної продуктивності плавильного агрегату, планового фонду часу і режиму роботи печі.

Визначення кількості печей на випуск розрахункової кількості рідкої сталі за конкретною маркою сплаву може проводитися за формулою:

$$C_{п.а.} = \frac{K_n \cdot t \cdot q}{\Phi_d \cdot E_n}$$

де $C_{п.а.}$ – необхідна кількість плавильних агрегатів.

q – металозавалка на рік, т. (39123,47 т.)

t - цикл плавки, година (2,9 год.).

Φ_d . – дійсний фонд часу роботи, год. $\Phi_d = 3890$ год.

E_n - місткість печі, т. (25 т.)

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_n = 1,2$.

$C_{п.а.}=1,4$, приймаємо $C_{п.а.}=2$

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6. Необхідна кількість плавильних печей

Марка метал-ла	Потребное количество ж.м. , т.		Тип печи плавки	Ёмкость печи т.	Количество печей		Коэффици-циент Загрузки
	в год	в час			по расчёт	принятое	
СЧ18, СЧ20 ГОСТ 1412-85	19548,72	4,77	ДСП	40	0,44	1	0,44
ВЧ50 ГОСТ 7293-85	77747,45	18,96	ДСП	40	1,74	2	0,87

Розрахунок шихти полягає у визначенні середньорічних норм витрати, окремих складових шихти, виходячи з балансу металу і вимог виплавки потрібних марок металу.

Розрахунок шихти ведеться в такій спосіб .послідовн

З норм балансу шихти визначаємо кількість повернення власного виробництва, що утворюється за кожною маркою сплаву в розрахунку на 1 т. придатного лиття і 1 т. рідкого чавуну. Задаємося допустимою межею застосування сталевих брухту для чавунного лиття, за умовами технології плавки, конструкції печі та вимогами до виливків. Допускається застосування сталевих брухту при плавці в дугових печах до 60 %. Рештою компонентів шихти задаємо, прагнучи до мінімальної витрати ливарних і переробних чушкових чавунів і максимального використання чавунного і сталевих брухту.

Розрахунок шихти на 1 тонну рідкого розплаву проводять відповідно до таблиці 2.7. Таблиця 2.8. Розрахунок шихти на 1 т рідкого чавуну

Найменування матеріалу	ГОСТ або ТУ	Марка матеріала	СЧ 18 ГОСТ 1412-85		СЧ 20 ГОСТ 1412-85		ВЧ 50 ГОСТ 7293-85	
металозавалка								
1 Чавун БТМЛ	14-20 311-95	СЧ>2	-	-	4,1	43,7	-	-
2 Чавун переробний	805-80	Пл2-П	-	-	17,3	184,6	21,2	228
3 Лом ст. вуглецевий	2787-75	3	-	-	24	256,1	-	-
4 Лом чавун куплений	2787-75 2787-75	17 17	3,8 -	40,5 -	2,5 9,1	26,6 97,6	- -	-
5 Лом чавунний	2787-75	18	20,7	220	9	96,0	13,0	140,
6 Лом ст. хромистий	2787-75	2	-	-	2,0	21,3	-	-
7 Лом ст низько хромистий	2787-75	11Б	20,2	215	-	-	-	-
8 Стружка чавунна	2787-75	24	15,0	160	-	-	-	-
9 Повернення вир-ва	-	-	31,2	332	30,2	322	40,7	439
10 Ферросіліцій	1415-78	ФС45-4	0,6	6,08	1,4	15,1	2,1	22,6
11 Силікомарганець			0,2	2,45	-	-	-	-
12 Ферромарганець	4755-91	ФМn	0,5	5,34	0,3	3,52	-	-
Разом			100	1067	100	1067	100	1078

Таблиця 2.8. Розрахунок коксу, розкислювачів, модифікаторів

Найменуван матеріалу	ГОСТ ТУ	Марка	На сплав СЧ18		На сплав СЧ20		На сплав ВЧ 50	
			%	кг	%	кг	%	кг
Кокс		КС КС 20	1,6	17,08	1,9	20,7	-	-
Феросіліцій	1415-78	ФС 75	0,4	4,27	0,3	3,7	-	-
Графіт гранулюваний	ТУ48-54-84		0,11	1,17	0,11	1,2	1,8	19,4
Феросілікохром	11861-77	ФСХ-48	-	-	0,13	1,4	-	-
Ферохром	4757-91	ФХ65	-	-	0,03	0,3	-	-
Феромаргане	4757-91	ФМп-70	-	-	0,07	0,8	0,11	1,2
Вапняк флюсовий	ТУ14-46-90	ФР25-90	1,4	14,94	1,15	12,3	1,5	16,2
Al в гранулах		29575 Е	0,01	0,11	-	-	-	-
Лігатура власна	ТУ14-5-	ФСМ Г	-	-	-	-	1,2	12,9

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					12

Компонування плавильного відділення та шихтового двору.

Плавильне відділення розміщене на другому поверсі і займає площу 192*66 м. Плавильні печі розміщені в прольоті шириною 24 м, в такому ж прольоті розташовуються і печі для витримки чавуну. З тильного боку до печей примикає проліт обслуговування шириною 18 м, де розміщене обладнання для приготування вогнетривких мас і стенди для футерування склепінь печей і ремонту ковшів.

Цех з підготовки шихти розташований на першому поверсі і займає проліт шириною 30 м. Тут розміщені засіки і бункери для зберігання шихтових матеріалів. Тут же змонтовані пристрої, що входять до системи зважування та набору шихти. Всі поперечні прольоти оснащені мостовими кранами вантажопідйомністю 50/10 (чотири на шихтовому прольоті і по два в плавильних прольотах і в прольоті обслуговування).

2.5. Розрахунок формувально-заливного відділення

Проектування та розрахунок формувально-заливного-вибивного відділення включає вирішення наступних завдань:

- розрахунок виробничої програми відділення;
- вибір і обґрунтування прийнятих методів виготовлення форм, режимів заливки форм, охолодження виливків і методів вибивки і форм;
- вибір, обґрунтування, характеристика і розрахунок технологічного обладнання для виготовлення форм, їх заливки і вибивання;
- розрахунок парку опок і потреб в іншому технічному і технологічному оснащенні;
- вибір і розрахунок транспортно-технологічного обладнання;
- організація робочих місць на ділянках формування, заливки та вибивання;
- планування відділення з розміщенням обладнання.
- Розрахунок виробничої програми відділення.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку виробничої програми відділення виливки групують за сплавами, марками сплавів, габаритами, складністю. Відповідно до групування вибирають тип формувального обладнання відповідно до таблиці 2.6.1.

Найменування групи виливків	Необхідний розмір форм, приведений до стандарту	Річний випуск виливків	Річна кількість форм, шт.	Тип формувального обладнання	Паспортна продуктивність, форм/год
Дрібне лиття	1100x750x300/300	2600	27465	Струшувальний-пресувальний	

Розрахунок технологічного обладнання формувального відділення.

Розрахунок необхідної кількості формувальних машин для кожної групи лиття проводиться за формулою:

$$M = \frac{N}{(T_{\text{ф}} - t) q},$$

де N – кількість форм групи лиття на річний випуск лиття з урахуванням браку; T_ф – річний фонд часу роботи формувальних машин у годинах;

T_ф = 3645 год. при двозмінній роботі;

t – організаційні втрати.

$$t = T_{\text{ф}} \cdot K_{\text{ф}},$$

де K_ф – коефіцієнт організаційних втрат робочого часу,

K_ф = 0,3; q – розрахункова годинна продуктивність формувального автомата, форм/год. $q = Q_{\text{т}} \cdot K_{\text{загр}} = Q_{\text{п}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{загр}},$

де Q_т – технічна продуктивність машин;

K_{загр} – коефіцієнт завантаження, K_{загр} = 0,8;

Q_п – паспортна продуктивність лінії;

K_т – коефіцієнт технічного використання,

$$K_{\text{т}} = 0,72; t = 3645 \cdot 0,3 = 1093,5$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дрібне лиття: $Q_{\text{п}} = 80$; $N = 274650$;

$q = Q_{\text{п}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{загр}} = 80 \cdot 0,88 \cdot 0,72 = 46,8$ форм/год.

$M_2 = 274650 / (3645 - 1093,5) \cdot 46,8 = 2,33$.

Кількість пар формувальних машин у складі АФЛ розраховується відповідно до таблиці 2.9.

Назва лінії з вказаними габаритними розмірами опок у світлі, мм	Річна кількість лиття, т	Річна кількість форм, шт.	Розрахунок продуктивності у складі АФЛ,	Кількість машин		Кількість АФЛ	Коефіцієнт завантаження АФЛ
				Розрахунок	Прийняте		
7506 (1100x750x300/30)	2600	274650	80	2,33	3	3	0,77

При розрахунку параметрів автоматичної лінії визначається швидкість руху конвеєра за формулою:

$$v = \frac{N_z \cdot Z \cdot K_{\text{ск}}}{60 \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot i},$$

де N_z – кількість форм на рік;

Z – крок платформ конвеєра, ($Z = 2$ для великого лиття і $1,6$ для дрібного лиття);

$K_{\text{ск}}$ – коефіцієнт запасу швидкості, $K_{\text{ск}} = 1,1$;

i – кількість форм, що встановлюються на платформі, $i = 1$;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний фонд робочого часу, $\Phi_{\text{д}} = 3645$ год.

$v = 274650 \cdot 1,6 \cdot 1,1 / (60 \cdot 3645 \cdot 1) = 2,28$ (м/хв);

Розрахунок парку опок. Визначення парку опок на автоматичній лінії проводиться за кількістю візків на ливарному конвеєрі.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10. Загальна кількість опок

Размер опок верха, низа в мм	Шаг конвейера, м	Кол-во тележек, шт.	Кол-во форм на 1 тележку, шт.	Кол-во пар опок	Запас на складе	Всего пар опок
1100x750x300/300	1,6	40	1	50	10	55

Розрахунок змішувального обладнання для формувального відділення (розрахунок кількості змішувачів) проводиться відповідно до таблиці 2.6.5.

Таблиця 2.11. Розрахунок кількості змішувачів

Формовочная линия	Масса смеси в одной форме, т	Количество форм, с учётом 10% просыпи	Количество Форм при АФЛ Ошибка! Шт/час	Тип смесителя	Производительность смесителя, $\frac{t}{ч}$	Количество смесителей, шт.		Коэффициент Загрузки
						расчётное	Принятое	
7501	0,650	178,8	80	1524	100 $\frac{t}{ч}$	2,7	3	0,7

2.6. Розрахунок стрижневого відділення

Розрахунок стрижневого відділення проводиться в залежност від програми відділення з урахуванням кількос, маси і габаритів стрижнів, їх складності, відсотка браку, складу стрижневої суміші тощо відповідно до таблиці 1.7.1.

Таблица 2.12. Розрахунок річної програми стрижневого відділення

№№ п/п	Шифр детали	Наимено- вание дета- ли	Годовая про- грамма выпуска, шт	Общие данные					Количе- ство стержней в ящике, шт	Количе- ство съём- ов на годовую програм- му, шт	Тип ма- шины с совой про- водитель- ностью
				№ стержня	Количество стержней, шт		Масса стерж- ня				
					на тив- ку	на го- довую программу	кг	на го- довую ограмму, т			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	22-1131017	Корпус	101502	1	1	101502	1,2	121,8	2	50751	Песко- дувно- скострель- ная модель 2Б83, 60...200 съёмов в час
				2	1	101502	0,4	40,6	2	50751	
2	53205- 3509030	Цилиндр	203004,5	1	1	203004,5	1,21	245,6	12	16917	
3	740-1029176	Корпус	203004,5	1	1	203004,5	1,1	223,3	6	33834	
4	740-1011020- 01	Корпус	101502	1	1	101502	2,6	263,9	10	10150	
5	740-1011021- 01	Корпус	101502	1	1	101502	1,2	121,8	8	12687,5	
6	5320-2506027	Крышка	101502	1	1	101502	1,53	91,35	14	8458,5	
7	2101-1006020	Звёздочка	203004	1	1	203004	0,5	101,5	12	16917	
8	7406-1002021	Гильза	101502	1	1	502	3,2	324,8	8	12687,5	
9	551-4202016	ККОМ	101502	1	1	502	2,5	253,75	4	25375,5	
				2	1	502	0,7	71,05	4	25375,5	
10	14-1601185	Муфта	101502	1	1	502	0,6	60,9	6	16917	
Всего:						15225 31		1920	-	268134	

Розрахунок кількості стрижневих машин.

Необхідну кількість стрижневих машин визначаємо за формулою:

$$C_{cm} = \frac{B_{ст}}{(\Phi_{эф} - T_{орг}) \cdot k_{рем}}$$

де $B_{ст}$ - річна кількість зйомів з урахуванням компоновок і стрижнів в одному ящику шт.;

$\Phi_{эф}$ - ефективний фонд робочого часу ;

$\Phi_{эф} = \Phi_{ном} \cdot k_{рем}$

де $\Phi_{ном}$ - номінальний фонд робочого часу, ч;

$k_{рем}$ - коефіцієнт втрат робочого часу на ремонт і обслуговування

обладнання

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Торг - організаційні втрати робочого часу ;

$$\text{Торг} = \Phi_{\text{ном}} \cdot \text{корг}$$

де корг - коефіцієнт., організаційних втрат робочого часу .

Бч - паспортна продуктивність стрижневої машини , зйом/год.

Розрахунок кількості сушарок безперервної дії для сушіння стрижнів після фарбування.

Розрахунок необхідної кількості сушарок проводиться за формулою:

$$C_{\text{суш}} = \frac{\Pi_{\text{пл}} \cdot T_{\text{суш}} \cdot L}{\Pi_{\text{эт}} \cdot M \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot L_{\text{кол}} \cdot k_{\text{зап}}},$$

де $\Pi_{\text{пл}}$ - площа плит, м²;

$\Pi_{\text{эт}}$ - площа етажерки, м²;

$T_{\text{суш}}$ - тривалість одного циклу сушки, ч;

L - відстань між етажерками, м;

$\Pi_{\text{эт}}$ - площа однієї полиці етажерки м²;

M - число етажерок в сушарці;

$L_{\text{кол}}$ - довжина конвеєра, м;

$k_{\text{зап}}$ - коефіцієнт заповнення полиць.

Розрахунок кількості змішувачів.

Кількість змішувачів визначається за формулою:

$$C = \frac{M_{\text{ст.см.}}}{(\Phi_{\text{эф}} - t) \cdot q}$$

де $M_{\text{ст.см.}}$ - річна маса стрижневої суміші, т;

$\Phi_{\text{эф}}$ - ефективний фонд роботи змішувачів при прийнятому режимі роботи;

t - організаційні втрати;

q – паспортна продуктивність змішувача.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки кількості обладнання стрижневого відділення наведені в табл.

Таблиця 2.13. Кількість обладнання стрижневого відділення

№	Найменування обладнання	Кількість оброблюваного матеріалу	Річний фонд, часу год	Продуктивність	Кількість обладнання	
					розрахункове	прийняте
1	Стержневая машина 2Б83	268134 сьем	2753	30 ^с /ч	2,42	3
2	Сушило для стержней	1920 т	3399		0,55	1
3	Смеситель	1920 т	2753	6 ^т /ч	0,39	1

2.7. Термообрубне відділення

Технологічний процес термофінішної обробки.

Розрахунок термообрубного відділення починається зскладаючи відомості термофінішних операцій, наведених в табл 2.14

Таблиця 2.14 Відомість Термофінішні операції

№	Найменування	Деталей	Лиття	Обладнання
1	2	3	4	5
1	Вибивання виливків	151000	26000	Вибивна решітка
2	Відділення ливників	151000	26000	Молоток
3	Абразивне зачищення	151000	26000	Шліфувально-зачисний станок
6	Дробометне очищення	151000	26000	Прохідна камера безперервної дії
7	Термообробка	906000	15600	Піч відпалу
8	Вторинне очищення	45300	7800	Шліфувальний верстат, напилок.
9	Контроль	151000	26000	Випробування герметичності
10	Фарбування	30200	5200	Лінія фарбування
11	Складування	906000	15600	Автовантажувач

2.8 Обладнання чавурноливарного цеху

Розрахунок кількості обладнання проводиться відповідно в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15. Обладнання термообрубного відділення

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Найменування обладнання	Кількість оброблюваного лиття, т	Річний фонд часу, год	Продуктивність, т/год	Кількість обладнання	
					розрах	прийняте
1	2	3	4	5	6	7
1	Зачисний верстат для дрібного лиття.	26000	3725	2,5	2,8	3
2	Дробометн. барабан неперервної дії для дрібних виливків - первинна очмстка	26000	3645	6	1,18	2
3	Дробометний барабан періодичної дії для дрібних виливків вторинна очимстка	7800	3645	3	0,7	1

Номенклатура застосовуваного обладнання у цеху чавунного лиття з потужністю 26 000 тон придатного лиття на рік наведена в таблиці 2.16

Таблиця 2.16 Номенклатура обладнання

№	Найменування обладнання	Коротка технічна характеристика
1	2	3
1	Електрична дугова а піч плавки.	Місткість 40 т, Загальний цикл плавки 3 год.
2	Електрична дугова плавильна піч	Номінальна ємність 40 т.,
3	Гідростенд для перекид ковшів V=53т.	
4	Формувальна лінія №1.	Продуктивність 80 форм/год Розмір опок 1100x750x300/300
5	Сумішприготувальна установка для Формовочних ліній № 1.	Продуктивність 300 тонн/год
6	Заливальна установка для ФЛІ	Продуктивність 80 форм/год Час заливки 15-25 с.
7	Змішувач для Априготування А стрижневої суміші.	Продуктивність 100 Ам/год.
8	Стрижнева машина по Гарячі ящики.	Продуктивність 30 знімків/год, тах вага стрижня 100 кг.
9	Вибивна решітка з автоматичним кантователем.	
10	Дробометний барабан безперервної дії для дрібних виливків - Первинне очищення.	6 т/год
11	Дробометний барабан періодичної дії (очищення середнього та дрібного лиття) – вторична очистка.	3 т/год
12	Зачисний верстат для Амелко □ GEoA лиття	2,5 т/год
13	Лінія фарбувальна	Продуктивність 10 т/год

2.9. Розрахунок робочої сили

Розрахунок кількості виробничих та допоміжних

Таблиця 2.17 Кількість к виробничих робітників

Найменування професій	Норма обслугов	Кількість робочих		Всь ог
		I	II	
I. Плавлене відділення				
1. Стропальник	2 в зміну	2	2	4
2. Вогнетривник	10 в зміну	10	10	20
3. Водій автотранспорту	2 в зміну	2	2	4
4. Слюсар з опалення та вентиляції	1 в зміну	1	1	2
5. Слюсар з водопостачання та каналізації	1 в зміну	1	1	2
6. Слюсар з газового обладнання	2 в зміну	2	2	4
Разом:		18	18	36
II. Формувальне відділення				
1. Налагоджувальник	1 в зміну	2	2	4
2. Прибиральник	3 в зміну	6	6	12
3. Слюсар з опалення та вентиляції	1 в зміну	1	1	2
4. Слюсар з водопостачання та каналізації	1 в зміну	1	1	2
Разом:		10	10	20
III. Стрижневе відділення				
1. Водій автотранспорту	2 в зміну	2	2	4
2. Слюсар з опалення та вентиляції	1 в зміну	1	1	2
3. Слюсар з водопостачання та каналізації	1 в зміну	1	1	2
4. Слюсар з газового обладнання	2 в зміну	2	2	4
5. Налагоджувальник	1 в зміну	1	1	2
Разом:		8	8	16
IV. Термообробне відділення				
1. Водій автотранспорту	4 в зміну	4	4	8
2. Прибиральник	3 в зміну	3	3	6
3. Налагоджувальник	1 в зміну	1	1	2
4. Стопщик-змивач	1 в зміну	1	1	2
5. Слюсар з газового обладнання	2 в зміну	2	2	4
6. Слюсарі з опалення та вентиляції	1 в зміну	1	1	2
7. Слюсар з водопостачання та каналізації	1 в зміну	1	1	2
8. Слюсар з фарбувальних пристроїв	1 в зміну	1	1	2
9. Слюсар з обслуговування пресів	1 в зміну	1	1	2
Разом:		15	15	30
Всього допоміжних робітників:		51	51	102

Всього робітників – 270 осіб.

Чисельність ІТР, службовців і МОП визначається у відсотках від загального числа робітників:

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ІТР (7%) – 19 осіб.

службовців (0,6%) – 2 осіб

МОП (1,5%) – 5 осіб.

Всього працюючих – 296 осіб

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.02 РОВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

3. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ

Сутністю процесу виробництва синтетичного чавуну є виплавка його на сталевих відходах із відповідним науглерожуванням різними карбюризаторами. Вихідними матеріалами є зазвичай сталевий брухт у вигляді відходів прокатного або ковальсько-пресового виробництва, динамної та трансформаторної сталі, сталева стружка, висікання, обріз і т.п., карбюризатор (електродний бій, графітизований порошок, кокс, кам'яне вугілля тощо), та феросплави (ФС, ФМн, ФГ та ін.). Для виплавки синтетичного чавуну застосовують зазвичай електричні печі, індукційні або дугові, що дозволяє регулювати його склад та температуру в рідкому стані підбором оптимальних умов термочасової обробки.

Синтетичний чавун суттєво відрізняється від звичайного низьким вмістом S (0,015–0,03 %), P (0,02–0,04 %), низьким вмістом газів водню, кисню, азоту та інших домішок, а також неметалевих включень [13]. Цим пояснюються особливості його властивостей у рідкому стані: підвищений поверхневий натяг, велика схильність до переохолодження, що сприяє кристалізації за метастабільною системою та освітою відбілу. При цьому треба відзначити, що модифікування синтетичного чавуну присадками графітизуючими (ФС75, СК30) розширює структурні області перліту і неорієнтованого графіту, як і у звичайного чавуну.

Кількість модифікатора, що вводиться в синтетичний чавун, має бути на 0,1–0,2% більше, ніж у звичайному. Розмір включень графіту у ньому менше, а перліт дисперсніший, ніж у звичайному чавуні. Це зумовлює його вищі механічні властивості, чому більшою мірою сприяє менший коефіцієнт концентрації напруг.

При модифікуванні чавуну сфероїдизуючими добавками (магнієм, лігатурою на основі нікелю та магнію та ін.) їх дія виявляється більш стабільною,

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Зіма О.Г.					1	9
Перевір.		Саїтгарєєв Л.Н.				МТ-23-2ск		
Н. Контр.		Саїтгарєєв Л.Н.						
Затверд.		Бабошко Д.Ю.						

а витрата такою самою, як і у разі застосування рафінованого чушкового чавуну.

При виробництві ковкого чавуну головними особливостями синтетичного

чавуну є менший вміст Р та відповідне збільшення пластичності та в'язкості, особливо при низьких температурах. Водночас має місце і деяке збільшення тривалості відпалу, особливо його другий стадії у зв'язку з надлишком Mn (внаслідок низького вмісту S) і підвищеної концентрації Cr у сталевому брухті. Однак цього можна уникнути модифікуванням Al, а також збільшенням вмісту Si до 1,5-1,8%. Білий синтетичний чавун, простий і легований відрізняється більшою дисперсністю структури.

Механічні властивості синтетичного чавуну з ластинчастим графітом значно вищі, ніж у звичайного сірого чавуну при тому самому хімічному складі металу. Ця відмінність особливо помітна після модифікування. Найбільший вплив на механічні властивості синтетичного чавуну надають Z і Si.

Істотний вплив на міцність чавуну має відношення Mn/S, яке є найбільш сприятливим при значеннях 5–10, а також термочасна обробка рідкого металу з перегрівом 1500–1550 °C [12].

Фізичні властивості синтетичного чавуну мало відрізняються від властивостей звичайного чавуну з тим самим складом і структурою. З технологічних властивостей можна відзначити невелике погіршення оброблюваності в зв'язку з підвищенням міцності та твердості. Службові властивості і насамперед черга зносостійкості більш сприятливі у синтетичного чавуну, ніж у звичайного.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурні групи синтетичних чавунів та вибір модифікатора

Зносостійкість та герметичність синтетичного чавуну, порівняно з звичайним сірим чавуном, що має у структурі пластинчастий графіт, набагато вище, що є наслідком меншого розміру графіту і більшою густини металу. У зв'язку з цим синтетичний чавун навіть із пластинчастим графітом можна успішно застосовувати для деталей гідроапаратури та інших виливків, що працюють при тиску до 300-350 атм ((300-350). 105 Па).

Тому при переході із звичайного сірого чавуну з ПГ на синтетичний можливе скорочення шлюбу виливків з негерметичності.

Синтетичний чавун з кулястим графітом за нормальної температури мало відрізняється за властивостями від звичайного ВЧШГ при однаковому складі та залишковому вмісті магнію, т.к. властивості цих чавунів так само як їх структури залежать головним чином від умов модифікування та термічної обробки та значно меншою мірою від вихідного рідкого стану, що дуже впливає в немодифікованих чавунах [12]. Виливки з синтетичного чавуну з кулястим графітом застосовуватися за умов тиску до 500 атм (500. 105 Па).

При виробництві синтетичного ковкого чавуну необхідно не тільки зменшувати вміст фосфору та збільшувати вміст кремнію; але й проводити модифікування алюмінієм або рідкісноземельними металами, а також збільшувати швидкість охолодження виливків.

Ливарні властивості синтетичного чавуну дещо відрізняються від властивостей звичайного чавуну. Так, рідинна текучість і об'ємна усадка у синтетичного чавуну менше, ніж у звичайного, а обсяг усадкової пористості та ливарного усадки більше, ніж у звичайного.

Нижча рідина плинність синтетичного чавуну усувається підвищенням перегрівом в плавильній печі при одній і тій же температурі заливки. Це свідчить

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

про те, що це явище пов'язане з рідким станом і, ймовірно, із зародками, що утворюються при науглерожуванні[12- 14]. Слід зазначити, що різниця у ливарних властивостях, пов'язана з природою шихтових матеріалів можна перекрити перегріванням над ліквідусом і зміною вмісту вуглецю і кремнію або модифікуванням.

Тому, погіршення деяких ливарних властивостей, наприклад, рідиннотекучості при заміні звичайного чавуну синтетичним вимагає істотного зміни технології (наприклад, підвищення вмісту фосфору), т.к. при цьому погіршилися його цінні властивості.

Наведені особливості властивостей синтетичного чавуну свідчать про доцільність його застосування для покращення якості виливків, особливо у таких випадках:

1. для виливків з підвищеними механічними властивостями, особливо під час роботи при підвищених або знижених температурах, в умовах дії знакозмінних та динамічних навантажень;
2. для виливків з підвищеною герметичністю, що працюють при високих тисках у рідких та газоподібних середовищах;
3. замість легованих конструкційних чавунів, коли легування має на меті підвищення механічних властивостей;
4. для виливків складної конфігурації при значному гальмуванні усадки, схильних до утворення гарячих тріщин та значної деформації у процесі виготовлення та експлуатації;
5. за наявності на підприємстві великої кількості металобрухту або при розміщенні поблизу підприємств, що мають металовідходи в великих кількостях.

Класифікація, марки, склади та властивості алюмінієвих чавунів

Розрізняють конструкційні алюмінієві чавуни (зі змістом алюмінію до 4 %) та

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

леговані алюмінієві чавуни (зі вмістом алюмінію від 1,0 до 31% зі спеціальними властивостями).

Процес формування структури у виливках із конструкційних алюмінієвих чавунів завершується евтектоїдним перетворенням переохолодженого аустеніту, що утворюється у виливках, при вмісті кремнію більше одного відсотка, евтектоїд складається з фериту та диспергованого в ньому вторинного Fe_3AlSi . Форма графітних кристалітів у литій мікроструктурі, при вмісті кремнію близько одного відсотка, близька до вермікулярної, а при модифікуванні силікокальцієм (до 1%) або силікомішметалом (до 0,5%) стає більш компактною і навіть кулястою. Стабільність отримання в структурі досягається при модифікуванні розплавів евтектичного або заевтектичного складу лігатурами Mg-PЗМ, причому структура залежить від вмісту алюмінію та кремнію. Вуглецевий еквівалент алюмінієвих чавунів може бути визначений за формулою $\text{РЄ} = \text{Общ} + 0,25\text{Si} + 0,15\text{Al}$ [10].

Механічні властивості конструкційних алюмінієвих чавунів невеликою мірою залежать від вмісту в них С (3,0-3,5%) та Al (2,0-3,0%), але дуже чутливі до концентрації у сплавах кремнію. Для покращення міцності, в'язкості та пластичності необхідно виконання двох умов:

- вміст кремнію трохи більше 1 %;
- модифікація сплавів.

При рівній міцності алюмінієві чавуни відрізняються від звичайних нижчою твердістю. Марганець сприяє підвищенню міцності та твердисті. Для отримання феритної матриці в сирому стані високоміцних алюмінієвих чавунів з кулястим графітом необхідно мати високу суму Si + Al (більше 5 % при діаметрі виливки більше 60 мм).

Алюмінієві конструкційні чавуни легують Ni (до 0,8–1,5 %), Cu (до 0,6-0,8%), Cr (до 0,2-0,3%), V або Ti (до 0,2-0,4%) та Mo (до 0,2-0,4%) головним чином для подрібнення первинних структурних утворень та отримання однорідної

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроструктури продуктів розпаду переохолодженого аустеніту в різних перерізах виливки.

Графітизуючий відпал при 870-970 °С використовується для отримання компактних форм графіту (вуглець відпалу) у спеціальних низьковуглецевих чавунах (2,6–2,8 % С), призначених для азотування [10, 14].

Усі виливки з конструкційних алюмінієвих чавунів відповідального призначення рекомендується піддавати відпалу для зняття залишкових ливарних напружень.

Конструкційні алюмінієві чавуни з вермікулярним і кулястим графітом мають підвищену кавітаційну стійкість, а їх антифрикційні та зносостійкі характеристики покращуються при легуванні та термообробці.

За жаростійкістю та жароміцністю алюмінієві чавуни вважаються придатними для експлуатації при температурі до 650–700 °С [13].

Ливарні властивості конструкційних алюмінієвих чавунів не створюють особливих труднощів при отриманні виливків складного профілю. Лінійне усадження вбирається у 1,0–1,5 %.

Від окиснення чавуну при заливці оберігає лігатура, що містить літій.

Висока якість виливків із алюмінієвих чавунів досягається при заливанні в сухі піщані форми або кокіль.

Для плавки можуть бути використані вагранки та електричні печі. Для отримання виливків відповідального призначення доцільним є використання синтетичних алюмінієвих чавунів.

Склади застосовуваних у промисловості алюмінієвих чавунів спеціальними властивостями наведено у табл. 3.1 [13].

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 Склади високолегованих алюмінієвих чавунів

Марка	Масова частка елементів, %							Структура
	C	Si	Al	Cr	Mn	P	S	
					не більше			
ЖЧЮ2ХШ	3,0–3,8	2,0–3,0	1,0–2,0	0,5–1,2	0,8	0,1	0,03	Φ + Π + Ц + Γ
ЖЧЮ6С5	1,8–2,4	4,5–6,0	5,5–7,0	-	0,8	0,3	0,15	Φ + Π + Γ + Fe ₃ AlC _χ
ЖЧЮ7Х2	2,5–3,0	1,5–3,0	5,0–9,0	1,5–3,0	1,0	0,3	0,32	Φ + Π + Γ + Fe ₃ AlC _χ
ЖЧЮ22	1,6–2,5	1,0–2,0	19,0–25,0	-	0,8	0,2	0,08	Φ + Γ
ЖЧЮ22Ш	1,6–2,5	1,0–2,0	19,0–25,0	-	0,8	0,2	0,03	Φ + Γ + Fe ₃ AlC _χ
ЖЧЮ30	1,0–1,2	До 0,5	29,0–31,0	-	0,7	0,04	0,08	Φ + Al ₄ C ₃

Примітка.

1. У чавунах ЖЧЮ2ХШ, ЖЧЮ22 та ЖЧЮ22Ш допускається вміст Cu до 2,0 %.

2. Чавун ЖЧЮ2ХШ не є, власне кажучи, високолегованим, але застосовується

як чавун із спеціальними властивостями.

Основні характеристики високолегованих алюмінієвих чавунів - жаростійкість і зносостійкість. При вмісті алюмінію у кількості 5–8 %, чавун характеризується достатнім рівнем жаростійкості і при 800 оС, має збільшення маси лише 0,4 г/(м².год). Для подальшого збільшення жаростійкості при вищих температурах його легують Si, Ni, Cr і Cu, причому максимальна окалиностойкість виходить при сумарному вмісті алюмінію та кремнію, що дорівнює 10,5%. При збільшенні вмісту алюмінію в чавуні жаростійкість його безперервно підвищується, тому при 14 % Al чавун характеризується збільшенням маси 0,1 г/(м²).ч за

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури 1000оС. Але цей чавун застосовується рідко через незадовільну оброблюваність, низькі механічні властивості і велику крихкість. Чавун ЖЧЮ22Ш практично не окислюється при температурах до 1100 °С, його висока жаростійкість зберігається в агресивних середовищах і перегрітому водяному парі [12].

Алюмінієвий чавун із кулястим графітом зберігає високу жаростійкість практично до температури плавлення. За змістом 29–31% Al чавун (пірофераль) характеризується високою жаростійкістю і при температурі 1100 оС має збільшення маси близько 0,2 г/(м2).год). Така висока жаростійкість відрізняє пірофераль як в атмосфері чистого кисню, так і у відновлювальній та окислювальній атмосферах продуктів горіння.

Однак у пірофералі є недоліки: схильність до мимовільного розпаду при кімнатній і зниженій температурах; підвищена схильність до утворення тріщин; неможливість обробки різанням звичайним інструментом. Ці недоліки виправляються введенням у пірофераль титану в кількості до 0,3%, а також хрому.

З усіх відомих складів алюмінієвого чавуну найбільш технологічним є чавун, що містить 19-25% Al. Міцність цих чавунів збільшують модифікуванням церієм, кальцієм або комплексними присадками, що містять ці елементи. Алюмінієвий чавун з кулястим графітом, що містить 19–25 % Al має задовільну оброблюваність та зберігає міцність після тривалої витримки при температурі 1000 оС.

Чавуни, леговані алюмінієм, виплавляють в індукційних печах промислової частоти, температура перегріву не повинна бути вищою 1550оС, інакше йде насичення воднем, що зумовлює утворення пор у виливках. Чад алюмінію при плавлі в індукційній печі становить 0,5-3,0%. Модифікація фероцерієм проводиться безпосередньо в печі перед випуском металу.

Виливки з алюмінієвих чавунів можна отримувати у сирих та сухих формах; форми повинні мати хорошу вентиляцію; великі поверхні необхідно розташовувати вертикально чи під нахилом. При відливанні великих деталей необхідно

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

застосовувати податливі суміші.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04.03 ОТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі виконано проектування чавуноливарного цеху продуктивністю 26000 т придатного лиття на рік та розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Корпус» із сірого чавуну СЧ20 методом лиття у піщано-глинисті форми. Проведений аналіз конструкції виливка підтвердив технологічність деталі та можливість її ефективного виготовлення в умовах серійного виробництва.

Обґрунтовано вибір способу лиття, конструкції ливникової системи, стрижнів та модельного оснащення. Розроблено технологію формування, плавлення, заливки, охолодження, вибивання та очищення виливків. Виконані технологічні розрахунки дозволили визначити параметри ливникової системи, масу виливка та режими виробництва.

У розрахунковій частині визначено виробничу програму, проектну потужність цеху, фонди часу роботи обладнання та персоналу, а також здійснено підбір основного технологічного обладнання для плавильного, формувально-заливного, стрижневого та термообрубного відділень. Розроблена компоновка цеху забезпечує раціональне розміщення виробничих ділянок і ефективну організацію технологічного процесу.

Запропоновані нововведення, зокрема використання крохмаліту у формувальних сумішах та електричного підігріву ковшів, спрямовані на зменшення браку виливків, підвищення якості продукції та економію енергоресурсів. Реалізація запропонованих рішень дозволить підвищити ефективність роботи чавуноливарного цеху.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	А.Л.Л.	ВИСНОВКИ		
Розроб.	Зіма О.Г.						
Перевір.	Саїтгареев Л.Н.						
Н. Контр.	Саїтгареев Л.Н.						
Затверд.	Бабошко Д.Ю.				МТ-23-2ск		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.1. – Бібліогр.:с. – 582.

Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – Бібліогр.:с. – 380.

2. Пархоменко А.В. Ремонт та експлуатація обладнання ливарного виробництва [Текст]: навч. посібник / А.В. Пархоменко, В.В. Наумик, В.В. Луньов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 260с.

3. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навчальний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальності 136 "Металургія" спеціалізації "Ливарне виробництво" / А.М. Фесенко ; Міністерство освіти і науки України, Донбаська державна машинобудівна академія, Кафедра технологій і обладнання ливарного виробництва. - Краматорськ : ДДМА, 2017. - 112 с.

4. Іванова, Л. Х., Шапран, Л. О. Ливарне виробництво: технологія фасонного литва: навч. посіб. / Л. Х. Іванова, Л. О. Шапран. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 256 с.

5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки [Текст] : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2009. - 198 с.

6. Конструкція і технологія виготовлення ливарних заготовок [Текст] : навч. посіб. / А. С. Аралкін. - Кривий Ріг : Вид. центр КТУ, 2011. - 164 с

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 СВД						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Зіма О.Г.									1	2
Перевір.	Саїтгареев Л.Н.										
Н. Контр.	Саїтгареев Л.Н.										
Затверд.	Бабошко Д.Ю.							МТ-23-2ск			

7. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.

8. Корицький Г. Г., Маняк М. О., Пасічник С. Ю. Технологія ливарного виробництва: навчальн. посібн. для ВНЗ. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 175 с.

9. Технології виробництва заготовок литтям [Текст] : навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти галузі знань 13 "Механічна інженерія" / Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик ; Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. - 491 с.

10. Виробництво виливків [Текст] : підручник / О. Л. Голубенко [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля, Магдебурзький ун-т ім. Отто-фон-Гюріке. - Луганськ : СНУ ім.В.Даля, 2009. - 328 с.:

11. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва [Текст] : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко ; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. - Київ : Вініченко, 2016. - 223 с.

12. Виробництво чавуну для виливків [Текст] : навч. посіб. / О. М. Смірнов, В. Л. Жук, А. І. Туяхов. - Донецьк : Норд-Прес, 2010. - 255 с.

13. Сплави на основі заліза : підручник для студентів вищих навчальних закладів : у 2 томах / В.І. Мазур, І.З. Куцова, О.А. Носко, М.А. Ковзель; за загальною редакцією В.І. Мазура; , Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - Київ: Політехніка, 2015. – 272 с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-04 СВД	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		