

Криворізький національний університет

(повне найменування інститут, факультет)

Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до роботи бакалавра

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 15000
тон виливків на рік з розвісом лиття до 250 кг

Виконав студент 3 курсу, групи МТ-22ск
напряму підготовки (спеціальності)
136 - Металургія

(шифр і назва)

Морозов О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

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 15000 тон
виливків на рік з розвісом лиття до 250 кг

Виконав: студент групи МТ-22ск

Керівник випускної роботи

Н.контроль

Завідувач кафедри

Морозов О.В.

Скідін І.Е.

Скідін І.Е.

Савельєв С.Г.

Кривий Ріг

2025р

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую
Зав. кафедрою
_____ Савельєв С.Г.
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

-
1. **Тема роботи:** Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 15000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 250 кг.
 2. **керівник роботи:** к.т.н., доцент Сکیدін І.Е.
затверджено наказом по КНУ від « ____ » _____ 2025 р. № 204с
 2. Строк подання роботи студентом « ____ » _____ 2025 р.
 3. Вихідні дані до роботи:

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

- 1.
- 2.
- 3.

5. Перелік графічного матеріалу:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1		
2		
3		
4		
5		

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Морозов О.В.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Скідін І.Е.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу бакалавра: «Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 15000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 250 кг»: с., 14 рисунків, 42 таблиць, 17 літературних джерел.

В роботі описується проектування плавильного відділення та виготовлення ливарних форм. Також описується виготовлення стрижнів.

1 У загальній частині описується призначення проектного відділення, виготовлення ливарної форми та проектні рішення щодо компонування цеху і будівельної частини цеху.

2 У технологічній частині пояснюється конструювання виливки та моделей.

3 У спеціальній частині пояснюються властивості високоміцного чавуну та графітизуючі і сфероїдизуючі модифікатори.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИЛИВКА, ФОРМА, СТРИЖЕНЬ, СТРИЖНЕВА СУМІШ, ОБЛАДНАННЯ, МОДЕЛЬ, ЧАВУН

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Загальна частина	8
1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО)	8
1.2 Характеристика проектного цеху	9
1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху	10
1.4 Фонди часу роботи устаткування і робочих	11
1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми цеху	13
1.6 Плавильне відділення	13
1.6.1 Програма відділення (баланс металу і шихти)	13
1.6.2 Характеристика сплавів	15
1.6.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів	15
1.6.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів	17
1.6.5 Розрахунок шихти і потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах	17
1.6.6 Технологія плавки і видачі металу	21
1.6.7 Обґрунтування і вибір підйомно-транспортного устаткування	25
1.6.8 Ковшова ділянка	27
1.7 Формувально - заливальне відділення	28
1.7.1 Програма відділення	28
1.7.2 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	28
1.8 Стрижньове відділення	32
1.8.1 Програма стрижньового відділення	32
1.8.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів	32
1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	34
1.9 Сумішоприготувальне відділення	36
1.9.1. Програма сумішоприготувального відділення	36
1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу	37
1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	38
1.10 Відділення фінішних операцій	41
1.10.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу	41
1.10.2 Розрахунок кількості устаткування	42
1.11 Розрахунок площі цеху	43
2 Технологічна частина	46
2.1 Розробка технологічного процесу виготовлення виливки	46
2.2 Аналіз замовлення	46

2.3 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливки	47
2.4 Визначення положення відливки у формі при заливці	48
2.5 Визначення ділянок поверхні виливка, що виконуються стрижнями	49
2.6 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту	50
2.6.1 Конструкції і розміри модельних комплектів	51
2.6.2 Забарвлення і маркування модельного комплекту	53
2.7 Визначення розмірів і конструкцій опок	53
2.8 Проектування і розрахунок ливниково-живильної системи	54
2.9 Вибір способу заливки форми	56
2.10 Визначення температури розплаву при заливці форм	56
2.11 Тривалість охолодження відливань у формі	57
2.12 Визначення маси вантажу	57
3 Спеціальна частина	58
3.1 Призначення і сфера застосування екзотермічних сумішей	58
3.2 Склади формувальних екзотермічних сумішей для відливань з різних сплавів. Спільність і відмінність в їх складах.	60
3.3 Роль основних компонентів в складах екзотермічних сумішей і їх вплив на властивості сумішей і роботу прибутку.	64
4 Організаційна частина	75
4.1 Організація і планування роботи ливарного цеху	75
4.2 Розрахунок штату працівників	76
4.3 Розрахунок штатів керівників, спеціалістів, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу	78
4.4 Розрахунок річного фонду оплати праці	79
4.4.1 Заробітна плата основних робітників	81
4.4.2 Заробітна плата допоміжних робочих	82
4.4.3 Загальна заробітна плата працівників	83
Висновки	113
Список використаних джерел	114
Додатки	116

ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості неможливо уявити без ефективно функціонуючих ливарних підприємств, зокрема чавуноливарних цехів, які забезпечують базові потреби машинобудування, енергетики, будівництва та інших стратегічних галузей. Чавун, як конструкційний матеріал, поєднує високу міцність, зносостійкість та технологічну гнучкість, що робить його незамінним у виготовленні широкого спектру деталей і вузлів.

У сучасних умовах господарювання важливо не лише підтримувати традиційні технології, а й активно впроваджувати інноваційні підходи до проєктування, що передбачає оптимізацію виробничих процесів, автоматизацію, зниження енергозатрат і мінімізацію впливу на довкілля. Саме тому проєктування чавуноливарного цеху набуває особливої актуальності в контексті модернізації металургійного комплексу України. Метою даної дипломної роботи є розробка ефективного, сучасного з технічної та екологічної точки зору проєкту чавуноливарного цеху, який би відповідав вимогам нормативної бази, забезпечував економічну доцільність і задовольняв виробничі потреби конкретного підприємства.

Завданням дослідження є аналіз сучасних технологій лиття чавуну, обґрунтування вибору обладнання та технологічної схеми, розрахунок основних параметрів цеху, а також оцінка економічної ефективності впровадження розробленого проєкту.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО)

Чавунні литі вироби мають найрізноманітніший спектр застосування, починаючи від побутового і закінчуючи промисловим використанням. Багато раніше штампованих і виконаних механічним способом деталей замінюються на литі - це говорить про те, що якість литва постійно поліпшується. У зв'язку з постійним попитом на продукти ливарного виробництва підготовлено велику кількість висококваліфікованих спеціалістів - ливарників. Цьому сприяв той факт, що дніпропетровська область має в своєму розпорядженні велику кількість вищих і технічних учбових закладів, і відповідно існує можливість підготовки кадрів і підвищення їх кваліфікації.

Для вдосконалення ливарного виробництва необхідний розвиток ливарного машинобудування, спеціалізоване виготовлення комплексного і автоматизованого устаткування, випробування і відладка його під навантаженням у виробничих умовах. Вирішальне значення має координація проведення конструкторських розробок, наукових досліджень і організація впровадження їх результатів, особливо при проектуванні ливарних цехів.

Техніко-економічне обґрунтування - розрахунки на основі аналізу та оцінки економічної доцільності, що виконуються для здійснення запропонованого проекту будівництва, спорудження підприємства, модернізації і реконструкції діючих об'єктів тощо. Основою ТЕО є зіставлення оцінки витрат і результатів, встановлення ефективності використання, строків окупності вкладень.

Техніко-економічне обґрунтування проекту - передпроектна розробка основних напрямів і завдань проектування підприємства та його значення в розвитку тієї чи іншої галузі економіки.

Техніко-економічне обґрунтування є найважливішим первісним документом будь-якого проекту. Без ТЕО не починається фінансування не тільки будівництва, але й конструкторсько-технологічних розробок. При розробці ТЕО даного проекту був виконаний ретельний якісний і кількісний аналіз наступних питань:

- 1) потреба в продукції, що планується випускати в проектованому цеху;
- 2) обґрунтування району й площадки для будівництва;
- 3) наявність енергетичних ресурсів (електроенергії, палива й ін.), води, сировини, транспортних магістралей;

4) наявність виробничих робочих і досвідчених інженерно-технічних працівників, можливості їхньої підготовки й підвищення кваліфікації;

Аналіз вищевказаних питань показує, що створення в Кривому Розі спеціалізованого фасончавуноливарного цеху лиття є економічно обґрунтованим. У місті й області є кілька великих підприємств металургійної промисловості, а отже є потреба в сталевих деталях, до яких пред'являють високі вимоги з міцності і опору. Продукція сталевих лиття, що планується випускати в проектованому цеху, має широке застосування в усіх галузях машинобудування. В даний час чавунні виливки по об'єму виробництва займають перше місце. У проектованому цеху деталі відливають чавуни марок СЧ20 та СЧ15, з цих сталей виготовляють велику кількість фасонних виливок (близько 65%). В регіоні не має труднощів з можливістю підготовки і підвищення кваліфікації виробничих робочих та інженерно-технічних працівників, так як є декілька спеціалізованих навчальних закладів.

При виборі майданчика для будівництва ливарного цеху враховані виробничі, транспортні і санітарно-гігієнічні чинники. Згідно СН 245 – 71, СН і П 89 – 80, СН і П 2.01.02 – 85, СН і П - II- 4 – 79, СН і П 2.04.05 - 86 проектований ливарний цех доцільно розташувати в районі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг», де є всі необхідні енергетичні ресурси (електроенергія, паливо), комунікації та транспортні магістралі, що сприяють вільному транспортуванню матеріалів.

Місце розташування даного цеху забезпечує дотримання санітарних норм по граничній концентрації шкідливих викидів в атмосферу, так як він розташований по відношенню до житлового масиву з підвітряної сторони до вітрів переважаючого напрямку (по середній розі вітрів - це північно-західний напрям).

1.2 Характеристика проектованого цеху

Проектований цех по існуючим на сьогоднішній день класифікаційним ознакам відноситься:

- по роду сплаву - цех чавунного лиття;
- по масі - середньої до 50 кг;
- по обсягу виробництва - середньою потужністю випуском 15 000 тонн виливків у рік;
- по серійності - серійного виробництва;
- по галузевому призначенню - проектований ливарний цех входить до складу ремонтно-механічної галузі (маш.буд.), а також для постачання інших заводів даних галузей по кооперації.

Марки сплавів, які плавлять в цеху: СЧ20 і СЧ15.

По технологічному процесу виробництва виливків, проєктований цех є цехом лиття в піщано-глинисті форми.

По розважуванню - цех середнього лиття. У виробничій програмі цеху передбачений випуск виливків з розважуванням від 10 до 1500 кілограм.

При проєктуванні устаткування було обрано два технологічні потоки.

Перспективним напрямком є потужність цеху, обрана з урахуванням розширення й удосконалення виробництва продукції. Для обраного способу виробництва, лиття в піщано-глинисті форми, дана потужність (20 000 т/р) є масовою. Номенклатура виливків містить у собі 6 найменувань.

По ступені механізації - проєктований цех відноситься до цехів з повною автоматизацією виробництва.

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

Режим роботи ливарного цеху - це розподіл у часі й на площах цеху всіх робіт, які виконуються при виготовленні виливків. Режим роботи цеху встановлюється на підставі аналізу номенклатури й характеру виробництва виливків. Оптимальний для відповідних умов режим роботи залежить від наступних факторів: масштабу виробництва; розважування лиття й максимальної ваги виливків; роду сплаву й типу плавильних печей; прийнятої схеми технологічного процесу.

Виходячи із цих факторів, прийнятий паралельний трьохзмінний режим роботи [5].

Вибір такого режиму роботи обумовлений тим, що можливо створення найкращих умов організації праці й, крім цього, існує можливість постійного обслуговування технологічного встаткування.

При виборі режиму роботи проєктованого цеху приділено увагу вимогам охорони праці, які допускають, в загальному неізолюваному приміщенні робити формування, зборку, операції по заливанню, вибиванню лиття, обрубуванню й готуванню сумішей.

Відповідаючи прийнятому режиму роботи цеху, розраховуємо фонди часу роботи встаткування й виробничих робітників.

1.4 Фонди часу роботи встаткування і робітників

Фонди часу необхідні для розрахунку кількості встаткування, робочих місць, площ цеху, різних категорій робочого персоналу. Фонди часу визначаються з урахуванням режиму роботи цеху, існуючих законодавчих документів про робочі, вихідні й святкові дні, про тривалість робочого дня й тривалості відпусток. Розрізняють календарний (Φ_k), номінальний (Φ_n) і дійсний (Φ_d) фонди часу.

$$\Phi_k = 365 \times 24 = 8760 \text{ (годин)}$$

Φ_n - це час у годинах, у плині якого може виконуватися робота із прийнятого режиму без обліку неминучих втрат, тобто за винятком з календарного фонду вихідних і святкових днів.

Φ_d - визначається як різниця між номінальним фондом і неминучими (плановими) втратами часу. Φ_d розраховують, виходячи з нормованих або планових втрат, можна приймати за довідковими даними [4].

Для робітників із тривалістю відпустки 24, 36 або 42 дні з урахуванням восьми святкових днів і планових втрат часу по поважних причинах (навчальні відпустки, хвороби й ін.) Φ_d відповідно становить 1860, 1840 і 1820 ч/рік.

Таблиця 1.1 - Дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи встаткування (робочий тиждень 41 г, 8 святкових днів на рік)

Устаткування	При двох змінах	
	Втрати від номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу, г
Ливарне встаткування цехів масового виробництва	5	3975
Автоматизовані формувальні й стрижневі лінії	12	3645
Печі плавильні	4	3510

Таблиця 1.2 - Розрахункові й дійсні фонди часу для встаткування

Найменування відділення	Календарний фонд робочого часу, дні	Коефіцієнт втрат робочого часу	Втрати часу, дні	Дійсний річний фонд часу, години
Плавильно-заливочне	365	0,95	115	3815
Модельне	365	0,95	115	3815
Формувальне	365	0,95	4	7800
ТО	365	0,90	4	7800
ЛЮМ-контроль	365	0,95	115	3815
Очисне	365	0,95	115	3815

Таблиця 1.3 - Структура річного бюджету часу одного робітника

Склад бюджету робочого часу	За планом на рік	
	дні	годи
1. Календарний ФРЧ	365	2920
2. Вихідні й свята	115	920
3. Номінальний ФРЧ	250	2000
4. Невиходи повних днів	48	384
а) чергова відпустка	30	240
б) додаткова відпустка	5	40
в) через хворобу	8	64
г) виконання дер. зобов'язань	2,5	20
д) декретна відпустка	2,5	20
5. Явочний ФРЧ	202	1616
6. Втрати РЧ у середині зміни	0,25	2
7. Ефективний ФРЧ	202	1616

1.5 Обґрунтування й розрахунок виробничої програми цеху

Розрахунок проекту виконується по наведеній програмі. Для цього підбираються технологічні дані тільки для частини номенклатури виливків і вибираються найбільш характерні виливки - представники. Основою для проектування є виробнича програма цеху ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг». У проекті складена точна виробнича програма. Вона складається з 6 найменувань виливків. У таблиці 1.4 представлена подетальна річна програма виробництва виливків у цеху.

1.6 Плавильне відділення

1.6.1 Програма відділення (баланс металу та шихти)

Проектування плавильного відділення починається з складання балансу металу, вибору плавильного агрегату, визначення необхідної кількості встаткування.

При складанні відомості балансу металу й шихти керуємося даними цеху-аналога, прийняті дані зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Відомість балансу металу і шихти

Статті балансу	Всього		Зокрема по марках сплавів			
	т/рік	%	СЧ 20		СЧ 15	
			т/рік	60 %	т/рік	40 %
1. Придатне литво	15000	75	9000	75	6000	75
2. Ливники, надливи, повернення виробництва	3760	18,8	2256	18,8	1504	18,8
3. Брак лиття	240	1,2	144	1,2	96	1,2
4. Разом рідкого металу	19000	95	11400	95	7600	95
5. Угар і безповоротні втрати	1000	5	600	5	400	5
6.Металозавалка	20000	100	12000	100	8000	100

Таблиця 1.5 - Програма виробництва відливоків

Група виливків по масі, кг	Найменування виливки	Середня маса одного виливка кг	Задана програма виробництва відливоків			Втрати від браку , %	Придатне виробництво виливків з урахуванням браку		По марках сплавів	
			%	тн	шт		тн	шт	СЧ 20	СЧ 15
До 20	Кришка	13	35	5250	403846	1,8	5345	411115	3207	2138
20-50	Корпус	40	25	3750	93750	1,6	3810	95250	2286	1524
Разом по 1-му потокі			60	9000	497596		9155	506365	5493	3662
51-100	Проставок	85	20	3000	35294	1,5	3045	35823	1827	1218
101-250	Кришка	145	20	3000	55983	1,5	3045	56822	1827	1218
Разом по 2-му потокі			40	6000	91277		6090	92645	3654	2436
Всього по цеху			100	15000	588873		15245	599010	9147	6098

1.6.2 Характеристика сплавів

При виборі ливарного сплаву чітко урахуємо вимоги до матеріалу виливків, згруповують ці вимоги по їхній значимості з урахуванням призначення й умов служби деталей.

У проектованому цеху деталі відливають з ливарних сталей марок СЧ20 і СЧ15.

В даний час сталеві виливки використовують в усі галузях машинобудування; по об'єму виробництва вони займають друге місце після чавунів. Зі сталей відливають звичайно деталі, до яких висувають підвищені вимоги по міцності, пластичності, надійності і довговічності в процесі експлуатації.

Характерні риси: СЧ20 і СЧ15.

Механічні властивості сплавів наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Хімічний склад і механічні властивості відливок з СЧ20 і СЧ15.

Марка сплаву	Масова доля елементів, %					Механічні властивості	
	C	Si	Mn	P	S	δ _B	HB
				не більше		МПа	
СЧ15	3,5 – 3,7	2,0 – 2,4	0,5 – 0,8	0,2	0,15	150	1630 – 2290
СЧ20	3,3 – 3,5	1,4 – 2,4	0,7 – 1,0	0,2	0,15	200	1700 – 2410

1.6.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів

У проектованому цеху виплавляється дві марки сірого чавуну СЧ20, СЧ15. Вибір даних марок чавуну обумовлений тим, що чавун з пластинчастим графітом є якнайкращим ливарним сплавом, оскільки він володіє хорошим рідкоплинністю, тріщиноустойчивістю, чудово обробляється різанням, має високу міцність; здатний працювати в умовах вібрації, знакозмінних навантажень, механічних і теплових статистичних навантажень. Завдяки високим ливарним властивостям з нього можна одержувати відливання різних розмірів, маси і конфігурації без прибутків з найбільшим виходом придатного литва. Структура і властивості сірого чавуну визначаються процесом графітизації, від якого залежать не тільки кількість і характер графітових включень, але і в значній мірі і структура матриці.

Технологія виготовлення відливів з сірого чавуну відрізняється простотою, високими техніко-економічними показниками, не вимагає дефіцитних матеріалів і великих енергетичних витрат.

Температура заливки чавуну - 1320 - 1350 °С.

На підставі даних про хімічний склад сплавів, необхідні властивості, температуру випуску і заливки, з урахуванням потреби в рідкому металі, а також максимальної одиничної маси одержуваних відливів в цеху визначаємо тип плавильного агрегату.

Оптимальним для чавуноливарного цеху є дуплекс-процес, який реалізується комплексом вагранка - індукційний каналний міксер.

При дуплекс-процесі вагранка + індукційний каналний міксер складність отримання високої температури сплаву у вагранці компенсується нагрівом його в печі, в той же час відпадає необхідність науглецювання чавуну в індукційній печі; встановлена і споживча індукційною піччю потужність зменшується в 5-7 разів.

Витримка і нагрів рідкого чавуну в індукційному міксері сприяють усереднюванню і стабілізації його хімічного складу. Застосування дуплекс-процесу дозволяє зменшити число і збільшити одиничну потужність основного плавильного агрегату, а отже, понизити собівартість виробництва рідкого чавуну. У вагранці у такому разі виплавляють шихту базової марки, а доведення хімічного складу до інших марок виконують в індукційних міксерах.

Безперервність процесу плавки і видача металу на заливку, можливість працювати в будь-якому режимі від декількох годин на добу до декількох діб безперервно, простота ремонту і експлуатації устаткування роблять вагранкову плавку універсальною для чавуноливарного виробництва.

Вагранка працює на гарячому дутті, її обладнали системою водяного охолодження плавильного поясу і фурм, що дозволяє продовжити плавку без вибивки і поточного ремонту до декількох тижнів.

Автоматизація управління процесом плавки дозволяє стабілізувати температуру і хімічний склад чавуну, що виплавляється, а механізація операції по обслуговуванню вагранкової установки - зменшити трудомісткість робіт на важких і небезпечних операціях в плавильному відділенні.

Особливості режиму плавки в тривало працюючих вагранках полягає в тому, що вагранки не працюють в нічні зміни. При цьому забезпечується «гарячий» простій вагранок, для чого перед початком простою повністю проплавляється вся шихта і безперервно підтримується певний рівень розжареної паливної колоші. З цією метою періодично завантажуються кокс для компенсації того, що згорів. Перед початком плавки паливна колоша доводиться необхідного рівня, продувається, і починається завантаження шихти.

Під час «гарячого» простою вживаються необхідні заходи для запобігання зашлаковування каналом, по яких випускаються шлак і метал з

сурми. Крім того, цей час використовується для заміни або виконання футеровки всіх доступних для цього вузлів, що піддаються зносу.

Індукційні міксери зручні в експлуатації, футеровка в робочому просторі печі може служити до двох років. Основні переваги каналних індукційних міксерів для плавки полягає в тому, що вони працюють з більшим КПД, ніж тигельні печі, а отже, питома витрата електроенергії на плавку в них менше. Крім того, за наявності відокремлених каналів є можливість замінювати канали із зношеною футеровкою новими, навіть не спорожнюючи печі. Також для їх установки потрібний значно менші площі завдяки меншому числу конденсаторних батарей. При цьому забезпечуються високі властивості сплавів при мінімальних енергетичних витратах.

1.6.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Методика розрахунку визначається режимом роботи агрегату.

Число безперервно працюючих блоків вагранок визначаємо:

$$B = \frac{K_n \cdot P}{F_d \cdot n},$$

де B – число блоків вагранок для плавки шихти даного складу або для забезпечення чавуном технологічного потоку, шт.;

P – річна потреба розплаву даного складу, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності споживання розплаву, $K_n = 1,1 \dots 1,3$;

F_d – дійсний річний фонд роботи вагранки, г;

n – годинна продуктивність вагранки, т.

$$\hat{A} = \frac{1,3 \cdot 20000}{3890 \cdot 9} = 0,74$$

Приймаємо до установки в цеху 1 вагранковий комплекс 95112 з коефіцієнтом завантаження 0,74.

Для компенсації максимальної потреби в рідкому металі при безупинній роботі формувальних ліній на протязі 2-10 годин, достатня місткість міксера, рівна 1-2 годинній продуктивності вагранки. Виходячи з цього приймаємо до установки в цеху 1 індукційний міксер продуктивністю 6 т/г.

1.6.5 Розрахунок шихти й потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

Шихтові матеріали для плавки чорних сплавів складаються з первинних, або свіжих, матеріалів проміжних сплавів і напівпродуктів; лому і відходів; повернення власного виробництва: літників, сплесків і браку цеху, відходів оброблювальних цехів.

Повернення власного виробництва (скрап, літники, брак) очищається від формувальної суміші і розділяється на шматки завдовжки не більше 1/3 внутрішнього діаметру вагранки.

Лом чавуну і сталі повинен бути габаритним (у поперечнику не більше 1/3 внутрішнього діаметру вагранки).

Чушкові чавуни і решта шихтових матеріалів застосовуються до роботи тільки за наявності сертифікату з вказівкою в ньому хімічного складу.

Шихтові матеріали складують по марках з установкою в кожному засіку таблички, вказуючої марку матеріалу.

При розрахунку шихти вигар елементів приймають наступний:

Кремній - 10-30%, марганець - 15-20%, хром - 16-20%, сірка - пригар 40-50%. Витрату коксу на плавку чавуну встановлюють в межах 10-15% від маси металевої колоші.

Витрата вапняку на плавку чавуну складає 35-40% від маси робочої паливної колоші.

Флюси застосовуються для отримання шлаку необхідного складу і в'язкості. Як флюс застосовують вапняк в кількості від 4% до 5% маси металевої шихти і плавикий шпат для пониження температури плавлення і отримання рідкорухомого шлаку не більше 15% від маси вапняку.

Як паливо при плавці металу у вагранці застосовують ливарний або доменний кокс.

Норми витрати шихтових і вогнетривких матеріалів прийняті по цеху - аналогу і представлені в табл. 1.9. і 1.10.

Вагранки футерують шамотною цеглою (табл. 1.7.).

Футеровка індукційних одиниць ІЧКМ руйнується при експлуатації інтенсивніше, ніж футеровка ванни печі, із-за вищої (на 150-200°C) температури. Її виконують з високогліноземистих мас з добавками різних пов'язуючих.

Таблиця 1.7 - Шамотні вироби для футеровки вагранок

Найменування	Марки	Вогнетривкість, °C,	Вміст Al_2O_3 , %,	Призначення
Шамотні	ШАВ-33	> 1730	> 33	Для горну, плавильного поясу, фурменної зони
	ШАВ	> 1730	> 28	Для горну, плавильного поясу, фурменної зони
	ШБВ-30	> 1690	> 30	Для решти зон вагранки
	ШБВ	> 1670	> 28	Для решти зон вагранки

Таблиця 1.8 - Технічні характеристики плавильного устаткування

Плавильне устаткування	Тип печі	Виробничість, т/г	Потужність, кВт	Витрата палива, кг/т, електроенергії, кВт·г/т	Металургійні показники	Примітка
Вагранковий комплекс коксовий, з підігрівом дуття і системою допалювання, очищенням газів	95112	9-12	400	Кокс 100-140, кокс + природний газ 80÷120+30÷40	Температура випуску металу $t = 1400-1550^{\circ}\text{C}$. Угар і безповоротні втрати 2,5-4,5%. Витрата вапняку 2,5-4%.	Потужності дані без механізмів для дозування і завантаження шихти
Індукційний канальний міксер для перегріву і витримки розплавленого чавуну	ІЧКМ-2.5	6	500	Електроенергія 30-40	$T_m < 1550^{\circ}\text{C}$. Зміна хімічного складу при витримці незначне. Введення твердих добавок і лігатур у ванну печі не рекомендується	Продуктивність вказана для перегріву на 100°C .

Таблиця 1.9 - Норми витрати шихтових і вогнетривких матеріалів
для СЧ-20

Найменування матеріалів ГОСТ або ТУ	Кількість матеріалів	
	%	кг
Шихтові матеріали		
Повернення власного виробництва	22	2640
Чавун ливарний чушковий, ГОСТ 4832-95	53,5	6420
Лом чавунний 16А	23,4	2808
Ферросиліцій ФС-18, ГОСТ 1415-93	0,7	84
Ферромарганець, ГОСТ 4755-81	0,4	48
Разом металозавалки	100	12000
Угар і безповоротні втрати	5	600
Рідкий метал	95	11400
Флюси і вогнетривкі матеріали (кг/т рідкого металу)		
Флюси, вапняк	31	3720
Плавиковий шпат	4	480
Цегла шамотна	25	3000
Глина вогнетривка	7	840
Пісок кварцевий	5	600
Порошок шамотний	5	600
Разом флюсів і вогнетривів	77	9240
Паливо		
Кокс для плавки чавуну	12	1440
Природний газ (м ³ /т рідкого металу, теплотворна здатність газу 8000 ккал/ м ³ при н.у.):		
Радіаційно - конвективний рекуператор для підігріву повітря	25 м ³ /т	285000м ³
Стенди для сушки і підігріву ковшів	8 м ³ /т	91200 м ³

**Таблиця 1.10 - Норми витрати шихтових і вогнетривких матеріалів
для СЧ-15**

Найменування матеріалів ГОСТ або ТУ	Кількість матеріалів	
	%	кг
Шихтові матеріали		
Повернення власного виробництва	22	1760
Чавун ливарний чушковий, ГОСТ 4832-95	54,7	4376
Лом чавунний 16А	21,4	1712
Ферросиліцій ФС-18, ГОСТ 1415-93	1,3	104
Ферромарганець, ГОСТ 4755-81	0,6	48
Разом металозавалки	100	8000
Угар і безповоротні втрати	5	400
Рідкий метал	95	7600
Флюси і вогнетривкі матеріали (кг/т рідкого металу)		
Флюси, вапняк	31	2480
Плавиловий шпат	4	320
Цегла шамотна	25	2000
Глина вогнетривка	7	560
Пісок кварцевий	5	400
Порошок шамотний	5	400
Разом флюсів і вогнетривів	77	6160
Паливо		
Кокс для плавки чавуну	12	960
Природний газ (м ³ /т рідкого металу, теплотворна здатність газу 8000 ккал/ м ³ при н.у.):		
Радіаційно - конвективний рекуператор для підігріву повітря	25 м ³ /т	190000м ³
Стенди для сушки і підігріву ковшів	8 м ³ /т	60800м ³

1.6.6. Технологія плавки і видачі металу

При плавці у вагранці необхідно витримувати основні параметри, але і не менш важливо дотримання послідовності і чіткості виконання всіх технологічних операцій при підготовці печі до роботи і в процесі плавки.

1. Поточний ремонт вагранки.

Поточний ремонт проводиться після кожної плавки. Полягає ремонт у виправленні або повній заміні футеровки поясу плавлення і зони фурм, в горні і копільнику, в місцях чавунної і шлакової льоток, подини, випускного жолоба.

Великі поглиблення закладаються боєм шамотного цеглини. Місця кладки на глибину більше половини цеглини футеруються новою цеглиною.

Як ремонтний розчин застосовується пісок, ПО16, глина вогнетривка ДН-ПК-1 в співвідношенні 3:1.

При ремонті вагранки необхідно дотримувати циліндричність внутрішньої її порожнини, не допускаючи виступів кладки, перешкоджаючих плавному опусканню шихтових матеріалів.

Чавунну льотку виконують з шамотного стаканчика ШПС-32, завдовжки 100-120 мм діаметром отвору від 25 до 30 мм, який вставляється в отвір в кладці на розчині шамотного мертеля марки МШ 36 і піску ПО16. Шлакову льотку виконують шамотною цеглою марки ШБ-1 №5 або №45, які вставляються в отвір кладки на розчині шамотного мертеля марки МШ 36 і піску ПО16 (1:1).

Після ремонту вагранки піднімають відкидне днище, закріплюють клином, підводять металеву стійку і проводять набивання подини. Набивання подини проводять формувальною сумішшю. Набита подина повинна знаходитися на рівні нижньої кромки чавунної льотки (перехідної). Перехід від набитої подини до футеровки виконується у вигляді галтелі. Жолоб для випуску шлаку набивається піском. Жолоб для випуску металу футерується вогнетривкою цеглиною марки ШБ-1 № 5 і сушиться.

Ремонт копільника проводиться одночасно з плавильною зоною таким же складом. Поточному ремонту, як правило, піддаються стінки копільника у області перехідної і шлакової льоток і по краях футеровки біля дверцят. Кладку копільника проводять шамотним цеглиною марки ШБ-1 №5, №45, МКВ-72 №2, №87, №88.

Підготовка і проведення плавки у вагранці.

Розпал вагранки здійснюється природним газом. Після набивання подини у вагранку завантажують 50% коксу паливної колоші і через робоче вікно вводять газовий пальник. Початок розпалу ведуть при закритих фурмах, але з відкритим робочим вікном і з відкритою чавунною льоткою. Коли кокс розгориться (через 1,5-2 години), пальник прибирають і засипають другу половину коксу паливної колоші. Після розпалу висоту паливної колоші перевіряють шляхом опускання мірки через завантажувальне вікно. Після розпалу проводять продування паливної колоші на протязі 10-20 хв., здійснюваною подачею повітря від повітродувки. Перед подачею повітря закривають робоче вікно і всі фурми, окрім однієї, яку закривають вже після подачі повітря. Для зменшення навантаження на двигун запуск повітродувки проводиться тільки при закритому шибері.

Після коректування паливної колоші відкривають всі фурми.

Копільник розігрівають природним газом за допомогою пальника на протязі 4-х годин. Газовий пальник вводять в копільник зверху. В процесі розігрівання копільника чавунну і шлакову льотку залишають відкритою.

Після розпалу вагранки копільник закривають кришкою і притягають її чекою. Після закінчення розпалу паливної колоші приступають до завантаження вагранки.

Завантаження шихтових матеріалів проводять згідно з розрахунковими даними з точним дотриманням порядку послідовності надходження матеріалів у вагранку. Максимальні розміри шматків металевої шихти не повинні перевищувати $1/3$ діаметру вагранки. Вапняк застосовують чистий.

Металеву шихту дозують відповідно до розрахунку за об'ємом скіповим підйомником з баддями. Шихту задають в баддю електромагнітом. Порядок завантаження матеріалів у вагранку наступний: на паливну колошу завантажують вапняк, потім металеву частину шихти (сталевий лом, чушковий чавун, відходи власного виробництва, ферросиліцій, ферромарганець), кокс робочої паливної колоші і т.д. дозування феросплавів здійснюється вагами типу РП 1 Ш13М.

Шахту вагранки заповнюють шихтовими матеріалами до рівня порогу вікна, завалення. Після заповнення шахти вагранки шихтовими матеріалами останні на протязі 20-30 хв. прогрівають без подачі повітря. Фурми в цей час залишаються відкритими. Задування вагранки (пуск дуття) проводять при відкритих фурмах. Через 1-2 хвилини після пуску дуття фурми закривають. Чавунну і шлакову льотки закривають пробками.

Випуск першої порції чавуну з вагранки проводять через півтори години після пуску дуття. При правильній підготовці до плавки температура чавуну першого випуску повинна бути на жолобі не нижче за 1250°C , а подальша - не нижче за 1300°C . Під час плавки необхідно ретельно стежити за станом фурм, не допускаючи того, що їх ошлакувало. Шлак випускають в спеціальну шлаковню, перший випуск через 6 годин після дуття, а подальший - через кожних 4 години.

Метал з вагранки (копільника) повинен йти повним струменем без розбризкування. Відбір проб чавуну проводиться чистою сталеву ложкою в суху піщано-глинисту форму. Маркування виконується на папері, де указують № плавки, дату, марку металу і приклеюють пробу.

Для підтримки рівня паливної колоші на певній висоті (через 15-20 завалень) роблять пересипку (подвійна робоча паливна колоша). Рівень шихти у вагранці не дозволяється опускати більш ніж на 1,0 м нижче за поріг вікна, завалення (відмітка в шахті вагранки).

При зміні складу шихти обов'язково слід відокремити нову шихту старою пересипкою коксу. До підходу чавуну нового складу копільник повинен бути повністю звільнений.

Дуття у вагранку подається повітродувками. Подачу дуття регулюють шиберами.

Перед закінченням плавки у вагранці необхідно провести розрахунок завалень з тим, щоб забезпечити чавуном не залиті форми, що залишилися.

По закінченню плавки і випуску з вагранки і копільника всього металу

припиняють дуття і відкривають фурми, відкривають днище і видаляють залишки чавуну, що не розплавив, шлаку і незгорілого коксу. Вивантажені з вагранки гарячі матеріали заливаються водою і після охолодження розсортовуються: чавун в переплавлення, кокс використовують як паливо, а шлак вивозять у відвал. Після вибивки вагранки всі отвори залишають відкритими для швидкого охолодження робочого простору.

Процеси горіння і зони у вагранці

Вагранку по висоті можна розділити на 5 зон:

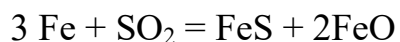
- 1- зона підігріву;
- 2- зона плавлення;
- 3- редуційна зона;
- 4- киснева зона неодруженої колоші;
- 5- горн.

1 зону. Гази рухаються назустріч шихтовим матеріалам, нагріваючи їх. Температура газів знижується від 1200 до 300-500⁰С. Вапняк завантажуваний як флюс, повністю дисоціює:



2 зона - плавлення металу. Шматок металу шихти, нагрівшись в зоні плавлення, почне плавитися, і, поки не розплавиться, його температура буде постійній і рівній температурі плавлення.

В період плавлення окрім окислення основних елементів газовою фазою метал насичається сіркою:



Гази в цій зоні значно охолоджуються за рахунок віддачі тепла на розплавлення металу. Із зони плавлення метал поступає у вигляді крапель в редуційну зону 3. У цій зоні краплі металу перегріваються за рахунок високої температури газової фази і головним чином за рахунок випромінювання розжареного коксу. Чим вище температура і більше проміжок часу знаходження краплі металу в 3 і 4 зонах, тим більше ступінь перегріву. У цих зонах відбувається окислення домішок металу - менш інтенсивне в 3 зоні, де газова фаза слабо окислювальна і інтенсивніше в 4 зоні, де фаза більш окислювальна в результаті присутності в ній вільного кисню.

Зміна складу чавуну при плавці залежить від інтенсивності процесів окислення газовою фазою всіх домішок, і від процесів, що відбуваються при взаємодії рідкого металу з коксом і шлаком. Краплі металу, стикаючись з шматками коксу, розчиняють вуглець і сірку коксу і насичаються цими елементами. У цих же зонах утворюється шлак як результат взаємодії винищити CaO з кремнеземом SiO₂, гліноземом Al₂O₃ і ін. оксидами.

У 5 зоні верхня частина газової фази окислювальна за рахунок проникнення потоку повітря з фурм і неокислювальна в нижній частині. Чим нижче рівень шлаку від фурм, тим менш окислювальна атмосфера. Практично чим глибша сурма, тим далі від фурм рівень шлаку і менше окислення металу і навпаки.

Метал і шлак в 5 зоні охолоджуються слідство втрат тепла через стінки горну. Склад металу змінюється тільки за рахунок насичення сіркою і вуглецем з коксу.

2. Індукційний міксер.

Рідкий чавун з вагранки по жолобах подається в міксер. При його включенні відбувається електродинамічний рух металу. Завдяки великій місткості каналного міксера відбувається вирівнювання хімічного складу всього металу, що випускається з вагранки. Підведення тепла знизу забезпечує термодинамічне перемішування ванни і вирівнювання температури металу.

Випуск чавуну здійснюється в розливні конічні ковші з каналного міксера, після чого ковші з рідким чавуном за допомогою електромостового крана встановлюються на заливальний стенд формувальних ліній.

1.6.7. Обґрунтування і вибір підйомно-транспортного устаткування

Для зберігання шихтових матеріалів використовуються бункери і засіки, які розташовані на шихтовому складі.

Для подачі до масовимірювальних пристроїв металевих компонентів використовують витратні засіки і мостовий кран з магнітною шайбою з регульованою вантажопідйомністю. При застосуванні даної системи можна використовувати габаритну шихту і підвищити надійність роботи системи завдяки простоті використовуваних механізмів.

Для подачі немагнітних компонентів (коксу, флюсів і мелкодроблених феросплавів) з витратних бункерів через масовимірювальні пристрої використовуємо вібраційні живильники. Найбільш надійні в цих умовах масовимірювальні пристрої на тензометричних і магнітоупорних датчиках. Вони мають достатню точність і надійність при роботі з ударними навантаженнями і включені в систему набору і дозування шихти в плавильну піч з автоматичним управлінням.

Система дозування і завантаження шихти забезпечена автоматичним управлінням з центрального пульта оператора плавильного відділення.

Як вантажопідйомні засоби в шихтовому відділенні встановлено два крани з магнітною шайбою і грейфером $Q = 5/10$ т і електротельфер $Q = 3$ т.

Для завантаження вагранки шихтою, паливом і флюсом використовується скіповий підйомник вантажопідйомністю 2,5 т з баддею місткістю $1,3 \text{ м}^3$ (рис.1.1.).

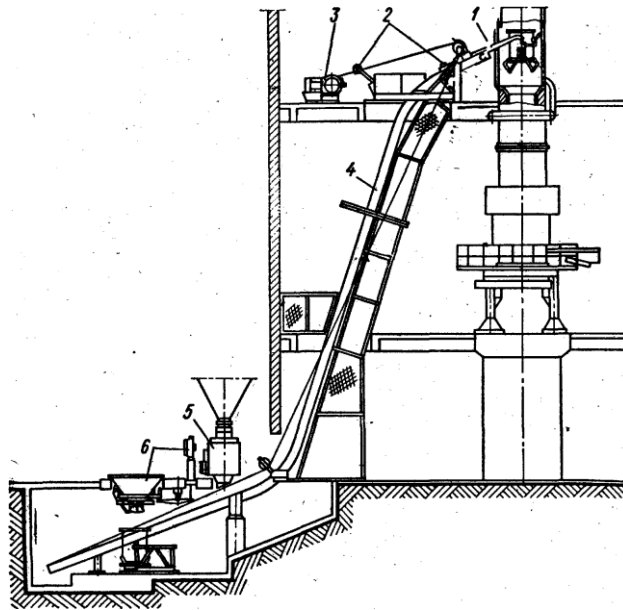


Рисунок 1.1 - Підйомник для завантаження вагранки з циліндровою баддею:

1 - візок з баддею; 2 – пристрій вимикання; 3 - лебідка; 4 - опорні конструкції і шляхи для візка; 5 - ваговий дозатор для коксу і вапняку; 6 - ваги для шихти

Електроміксер розташований поряд з плавильними печами, забезпечуючи безпосередню подачу рідкого чавуну з печей в міксер по жолобах. В цьому випадку виключається заборгованість мостових кранів, кранівників і робочих по обслуговуванню переливу металу з плавильних печей в міксер. І, що особливо важливо, таке розміщення плавильних і роздаточних агрегатів виключає додаткове забруднення рідкого чавуну неметалічними включеннями.

Електроміксер встановлений місткістю не менш двогодинної продуктивності плавильних агрегатів. За цих умов усереднена постійність хімічного складу і температури металу, що видається на заливку. Вмонтовується індукційний міксер на вагові датчики, що дозволяє безперервно реєструвати кількість того, що поступає в міксер і видаваного їм на заливку рідкого чавуну.

Як підйомно-транспортне устаткування в плавильному відділенні встановлено три мостових електричних крана $Q=5/10$ т.

Для контролю якості виплавленого сплаву у відділенні в безпосередній близькості від плавильних печей виділена ділянка для заливки технологічних проб. Він зв'язаний пневмопочтою з експрес лабораторією хімічного аналізу сплаву. Результати аналізів показують на електронному табло біля печей.

1.6.8 Ковшова ділянка

Ковшова ділянка призначена для капітального ремонту і футеровки ковшів, зведень печей, а також для сушки ковшів після ремонту.

При великосерійному і масовому виробництві із застосуванням автоматичних ліній, коли цикл заливки строго пов'язаний з ритмом надходження форм, застосовуємо розливні ковші.

Місткість розливних ковшів приймаємо залежно від маси відливань, кількості форм, що заливаються з одного ковша і повного циклу його обороту по рекомендації [1].

Інвентарний парк ковшів K_i для кожного технологічного потоку визначаємо по формулі:

$$\hat{E}_s = \hat{E}_{\partial\partial\partial} + \hat{E}_{\partial\partial i} + \hat{E}_{\partial\partial\zeta},$$

де Краб, Крем, Крез - кількість ковшів тих, що одночасно працюють, в ремонті і в резерві, відповідно.

Кількість одночасно працюючих розливних ковшів визначаємо по формулі:

$$K_{\text{раб}} = \frac{N \cdot Z}{60 \cdot n \cdot S \cdot t}$$

де N – кількість форм, що підлягають заливці на протязі доби, шт.

Z – тривалість одного циклу ковша, хв.

n – кількість форм, що заливаються з одного ковша за один цикл, шт.

S – кількість робочих змін в добу

t - тривалість однієї зміни в годинах: при двозмінному режимі - 7,5г.

Кількість ковшів в ремонті і в резерві визначаємо із співвідношення:

$$K_{\text{рем}} = 0,5 \cdot K_{\text{раб}}, \quad K_{\text{рез}} = 0,3 \cdot K_{\text{раб}},$$

Для 1 і 2 потоку вибираємо 2т. ковші в кількості:

$$K_{\text{раб}} = \frac{1199 \cdot 20}{60 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 7,5} = 2,22 \sim 3$$

Кількість ковшів в ремонті і в резерві складе:

$$K_{\text{рем}} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \sim 2; \quad K_{\text{рез}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \sim 1.$$

Таким чином інвентарний парк ковшів складе: 6 ковшів.

Також передбачені ділянки приготування вогнетривкої маси, ремонту футеровки ковшів і знімних вузлів печей (кришка копільника), майданчика для ремонту механізмів устаткування.

Ковшове відділення розміщуємо поряд з плавильним відділенням, в тому ж прольоті, де проводимо розливання рідкого металу.

1.7 Формувально – заливочне відділення

1.7.1 Програма відділення

Програма формувально-заливочного відділення розроблена на основі даних програми виробництва виливків у цеху. Розрахункові дані зведені в таблиці 1.11.

1.7.2 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Кількість потокових ліній визначаємо по формулі:

$$P_{\text{л}} = \frac{N \cdot K_{\text{н}}}{n \cdot \Phi_{\text{д}}}; \quad K_{\text{з}} = \frac{P_{\text{л}}}{P_{\text{у}}}$$

де $P_{\text{л}}$ і $P_{\text{у}}$ – кількість ліній за розрахунком і прийнято до установки, шт.;

N - річна кількість форм по даному потоку, шт.;

n - продуктивність лінії, форм / г.;

$\Phi_{\text{д}}$ - дійсний річний фонд часу, г.;

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності роботи формувальної лінії;

$K_{\text{з}}$ - коефіцієнт завантаження.

Кількість формувальних ліній для 1 потоку:

$$D_{\text{ел}} = \frac{312840 \cdot 1,2}{100 \cdot 3645} = 0,96$$

Приймаємо до установки 1 лінію Л22813 з $K_{\text{з}} = 0,96$.

Кількість формувальних ліній для 2 потоку:

$$D_{\text{ел}} = \frac{77155 \cdot 1,2}{25 \cdot 3645} = 0,94$$

Приймаємо до установки 1 лінію Л651 з $K_{\text{з}} = 0,94$.

Розрахунок технологічного устаткування зведений в табл. 1.12.

Таблиця 1.12 - Відомість розрахунку технологічного устаткування

№ потоку	Річна кількість форм, шт.	Тип, модель устаткування	Продуктивність, форм/г	Кількість устаткування, од.		Коефіцієнт завантаження
				За розрахунком	прийняте	
1	698000	Комплексна автоматична лінія моделі Л22813	100	0,96	1	0.96
2	76194	Комплексна автоматична лінія моделі Л651К	25	0.94	1	0.94

Таблиця 1.13 - Розподіл формувальний - заливальних робіт по групових технологічних потоках

№ потоку, група відливів по масі, кг	Річна кількість форм, шт	Розміри опок: довжина, ширина, висота, верх/низ мм	Тип формувальних ліній
I До 50	255192	500 x 400 x 150 500 x 400 x 250	Л22813
II 51-250	73525	1200 x 800 x 200 1200 x 800 x 200	Л651К

Технологічний цикл виготовлення відливок включає наступні операції:

- зіштовхування комплекту порожніх опок;
- розпаровку комплекту опок;
- послідовне формування верхніх і нижніх напівформ;
- установку стрижнів уручну;
- збірку форм;
- навантаження форм вантажами, ланцюговим нагружачем;
- заливку, охолодження, вибивку форм.

Для виготовлення відливок від 50 до 100 кг передбачена комплексна автоматична лінія моделі Л 651К. Лінія призначена для виготовлення відливів в сирих одноразових П - Г формах.

Технологічний цикл:

- послідовне формування верхніх і нижніх напівформ;

- кантування верхніх напівформ;
- збірка форми;
- установка форм на піддон і навантаження вантажами;
- заливка;
- зняття вантажів і піддонів;
- охолодження;
- витискування грудки;
- передача брикетів на вибивку;
- розпаровка опок;
- очищення опок;
- кантування нижньої опоки і подача опок на формування.

У складі лінії передбачена автономна система сумішоприготування.
Технічна характеристика ліній приведена в табл.1.12.

Таблиця 1.14 - Технічні характеристики ліній

Параметри	Л22813	Л651К
Розмір опок, мм: у світу	500 x 400	1200x1000
висота	250	400
Виробничість, форм/год.	100	25
Середня маса виливок, кг	До 50	До 250
Кількість операторів, обслуговуючих лінію в одну зміну	5	5
Формувальна суміш	Єдина	
Метод ущільнення суміші	Струшування з подальшим пресуванням	Струшування з подальшим пресуванням
Метод вибивки відливань з форм	Вібраційний	Витискування горілої грудки з подальшим відділенням відливань на вибивних ґратах
Настановна потужність, кВт	81,8	585
Габарит, мм	72000 x 11000	96500 x 26000

Таблиця 1.15 - Програма формувально - заливального відділення

Найменування відливок (група відливок по масі),кг	Річний випуск відливок, шт.	Маса однієї відливки, кг	Кількість відливок у формі, шт.	Річна кількість форм, шт.	Брак форм		Всього форм на річну програму
					%	шт.	
До 20	411115	13	2	205558	4	8222	213780
20-50	95250	40	1	95250	4	3810	99060
Разом по 1-му потоку	506365			300808		12032	312840
51-100	35823	62,7	2	17912	4	716	18628
101-250	56822	145	1	56822	3	1705	58527
Разом по 2-му потоку	92645			74734		2421	77155
Всього по цеху	599010			599010		14453	613463

1.8 Стрижнєве відділення

У стрижнєвому відділенні виконуються виготовлення, фарбування, збірка і обробка стрижнів; їх комплектація, складування і зберігання. Також забезпечується підготовка і зберігання стрижньових ящиків і іншого оснащення.

1.8.1 Програма стрижнєвого відділення

Розробка програми стрижнєвого відділення виконана в умовах серійного і масового виробництва.

Кількість стрижнів відповідних об'ємів і мас визначаємо за усередненими даними потреби стрижнів на 1 тону придатних відливів.

При визначенні річної кількості і маси стрижнів враховуємо втрати, які мають місце із-за браку відливів, форм і із-за поломки стрижнів.

Ці втрати приймаємо за даними цеху - аналога 10% [2,3]. Зведені дані представлені в таблиці 1.15.

1.8.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

З метою зниження енергоресурсів, трудомісткості і ручної праці, а також для підвищення продуктивності в проектованому цеху встановлені автоматичні стрижнєві лінії.

Технологія розрахована на виготовлення дрібних і середніх стрижнів масою до 100 кг. Особливість технології - зміцнення стрижнів при тривалій сушці. Для виготовлення стрижнів застосовані дерев'яні ящики. Робоча поверхня стрижнів забарвлюється протипригарною фарбою до і після сушки. Сушка стрижнів здійснюється продуванням CO₂.

Технологічні потоки організуємо з двох суміжних груп стрижнів. Річну потребу в стрижнях приймаємо з урахуванням браку і поломок (10%). Кількість стрижнів в ящику і на плиті, а також розміри оснащення встановлюємо за середньостатистичними даними.

Для виготовлення стрижнів 1 технологічного потоку масою до 16 кг пропонується виготовляти на комплексно - механізованої лінії 1Л9128Б5 піскодувним способом з піщано - глинистої суміші.

Лінія складається з п'яти технологічних ділянок, сполучених системою транспортних рольгангів.

Технологічний цикл:

- підготовка стрижньового ящика і подача його на позицію надуву стрижньового напівавтомата;
- надув і ущільнення суміші газом і отвердіння стрижня;
- подача стрижньового ящика;
- витяжка стрижня і укладання його на сушильну плиту;
- транспортування стрижня на сушильній плиті, його додаткове отвердіння;
- знімання готового стрижня;
- повернення порожнього стрижньового ящика до місця підготовки.

Для виготовлення стрижнів 2 потоки масою від 16 до 40 кг передбачена комплексно - механізована лінія 1Л9128Б7. Технологічний цикл аналогічний лінії 1Л9128Б5.

Технічна характеристика стрижньових ліній приведена в табл. 1.14.

Таблиця 1.16 - Технічна характеристика стрижньових ліній

Параметри	1Л9128Б5	1Л9128Б7
Найбільша маса стрижня, кг	16	40
Габарит стрижньового ящика, мм	630×500х 300-445	800×630 320-495
Продуктивність (фактична), зніманий/г	30	25
Використовувана суміш	ПГС	
Метод ущільнення суміші	Піскодувний	
Час сушки стрижнів, хв.	30	30
Настановна потужність, кВт	31	32,8
Габарит, мм	5100 x 4100	7000 x 4820

1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Початковими даними для розрахунку стрижньового устаткування слугуватимуть річна кількість знімань з урахуванням браку, число кубел в ящику і годинна продуктивність агрегату.

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

$$P_c = \frac{A \cdot K_n}{\Phi_d \cdot n}; \quad K_z = \frac{P_c}{P_y}$$

де P_c і P_y - кількість устаткування за розрахунком і прийняте до установки, шт.;

A - річна кількість знімань по даному потоку, шт;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання стрижнів, приймаємо 1,0-1,3 залежно від серійності виробництва;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімань / г;

K_z - коефіцієнт завантаження устаткування.

Завантаження стрижньового устаткування приведені в табл. 1.15.

У стрижньовому відділенні для подачі і зміни оснащення на стрижньових машинах, для монтажу і демонтажу вузлів машин при їх ремонті передбачаємо електрокрани вантажопідйомністю $Q = 3/5$ т в кількості 4 шт.

Таблиця 1.17 - Програма стрижньового відділення

№ Груп	Група стрижнів по масі, кг за об'ємом дм³	Кількість стрижнів для груп відливок по масі (шт/ дм³)						Разом по групах стрижнів шт/ дм³	Разом з урахуванням браку 10%, шт/ дм³
		До 20 кг		20 – 100 кг		101 – 250 кг			
		Норма на 1 т	На 4581 тн відливок за програмою	Норма на 1 т	На 10055 тн відливок за програмою	Норма на 1 т	На 3654 тн відливок за програмою		
1	0,5	46,0	210726	16,5	165908	5,0	18270	394904	434394
	0,3	14,0	64134	5,0	50275	1,5	5481	119890	131,879
2	1,75	21,0	96201	5,9	59325	4,5	16443	171969	189166
	1,05	21,1	96659	6,1	61336	4,7	17174	175169	192,686
3	4,25	14,4	65966	13,5	135743	3,7	13520	215229	236752
	2,5	37,0	169497	31,0	311705	9,5	34713	515915	567,507
4	8,0	1,8	8246	5,2	52286	4,3	15712	76244	83868
	4,75	10,5	48101	25,0	251375	20,0	73080	372556	409,812
5	13,35	0,5	2291	2,5	25138	2,7	9866	37295	41025
	8,0	4,8	21989	19,4	195067	21,6	78926	295982	325,580
6	20,85	0,5	2291	1,3	13072	1,5	5481	20844	22928
	12,5	7,5	34358	16,5	165908	18,8	68695	268961	295,857
7	32,5	0,4	1832	2,8	28154	2,7	9866	39852	43837
	19,5	8,8	40313	54,0	542970	52,6	192200	775483	853,031
8	50,0	-	-	0,6	6033	2,1	7673	13706	15077
	30,0	-	-	18,0	180990	62,0	226548	407538	448,292
9	80,0	-	-	0,4	4022	1,5	5481	9503	10453
	48,0	-	-	173	173952	72,0	263088	437040	480,744
10	175	-	-	-	-	0,5	1827	1827	2059
	105	-	-	-	-	52,5	191835	191835	211,019
11	425	-	-	-	-	0,1	365	365	402
	255	-	-	-	-	25,5	93177	93177	102495

1.8.4 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Початковими даними для розрахунку стрижньового устаткування слугуватимуть річна кількість знімань з урахуванням браку, число кубел в ящику і годинна продуктивність агрегату.

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

$$P_c = \frac{A \cdot K_n}{\Phi_d \cdot n}; \quad K_z = \frac{P_c}{P_y}$$

де P_c і P_y - кількість устаткування за розрахунком і прийняте до установки, шт.;

A - річна кількість знімань по даному потоку, шт;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання стрижнів, приймаємо 1,0-1,3 залежно від серійності виробництва;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімань / г;

K_z - коефіцієнт завантаження устаткування.

У стрижньовому відділенні для подачі і зміни оснащення на стрижньових машинах, для монтажу і демонтажу вузлів машин при їх ремонті передбачаємо електрокрани вантажопідйомністю $Q = 3/5$ т в кількості 4 шт.

1.9 Сумішоприготувальне відділення

Сумішоприготувальний комплекс є єдиною системою складування і підготовки початкових матеріалів, приготування формувальних і стрижньових сумішей, транспортування матеріалів до змішувачів і сумішей до формувальних і стрижньових машин.

1.9.1. Програма сумішоприготувального відділення

Річну витрату формувальних сумішей визначаємо по середніх нормах їх витрати залежно від групи відливань по масі.

Розрахункові дані приведені в таблиці 1.17.

Таблиця 1.18 - Розрахункова відомість витрати формувальних сумішей

Група відливок по вазі, кг.	Річний випуск гідного лиття	Витрата сумішей, т.					
		єдина		облицювальна		наповнювальна	
		На 1 т.	На річний випуск	На 1 т.	На річний випуск	На 1 т.	На річний випуск
до 50 51-250	9000 6000	10,5	94500	3,9	23400	5,8	34800
Всього			94500		23400		34800
Всього з урахуванням браку відливок, форм та просипі К=1,16			109620		27144		40368

Потребу в стрижньових сумішах визначаємо по питомій витраті суміші на 1 т відливок для кожної вагової групи стрижнів з урахуванням розподілу їх по групових технологічних потоках і прийнятого виду суміші по відповідному потоку.

Для кожного виду формувальних і стрижньових сумішей визначаємо рецептуру і на підставі їх потреби розраховуємо кількість необхідних компонентів на річну програму випуску відливань.

1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу

У циклі підготовки пісків виконуємо дві основні операції: сушку і просіювання. Для сушки піску в цеху використовується барабанне сушило ПБ1-8. Глина поступає в цех з складу в готовому вигляді (мелена глина в порошку в мішках), тому вона не потребує попередньої обробки.

Сито для просіювання формувальних матеріалів повинне забезпечувати руйнування грудок і відділення від загальної маси суміші шматків стрижнів, скрапу і інших випадкових предметів, що потрапляють в неї при вибивці форм. Для цієї мети у відділенні застосовано полігональне сито 174М2.

Компонентом більшості формувальних сумішей, крім свіжих формувальних матеріалів, що поступають з складу в підготовленому вигляді, входить у великих кількостях оборотна суміш, тобто суміш, вживана, вибита з опоки що знов направляється в сумішоприготувальне відділення для повторного використання. Устаткування для підготовки цієї суміші входить до складу устаткування сумішоприготувального відділення.

Найбільш універсальної і ефективної для народного господарства є гідрорегенерація, яка дозволяє заощадити до 90% свіжого піску.

У зв'язку з цим в цеху застосована система гідрорегенерації моделі 14616, продуктивністю 60 т/г.

В умовах цеху піщано-глинисті формувальні і стрижньові суміші готують в централізованому відділенні, і стрічковими транспортерами подають на формувальні і стрижньові машини.

Для перемішування компонентів при приготуванні формувальних і стрижньових високоякісних сумішей застосовані чашкові змішувачі з катками, що вертикально обертаються. Хороше перемішування і обволікання зерен піску що пов'язують забезпечується двома робочими органами: важкими катками що котяться з прослизанням по шару суміші на дні круглої чаші і підкидаючими плужками. Суміш вищої якості виходить в бігунах періодичної дії. Тому для приготування сумішей в цеху встановлені чашкові змішувачі періодичної дії з катками моделі, що вертикально обертаються, 15101.

Тривалість змішування одного замісу включаючи час завантаження дозаторами і розвантаження замісу, складає:

- для єдиної формувальної суміші 3 – 5 хв.
- для стрижньових сумішей 6 – 12 хв.

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Розрахунок кількості технологічного устаткування проводимо по формулах:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{\Phi_d \cdot P} ; \quad N = \frac{Q \cdot K_n}{\Phi_d \cdot g},$$

де N - кількість одиниць устаткування;

Q - річна потреба суміші даного вигляду або компоненту, т;

Φ_d - дійсний річний фонд часу, г;

P - продуктивність устаткування, т/г;

g - те ж, але в м³/г неущільненій суміші;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання суміші, K_n = 1,2-1,3

Підйомно-транспортне устаткування на сумішоприготувальній ділянці прийнято 2 мостових крана вантажопідйомністю 5/10 т і електротельфер Q = 3т.

Початкові матеріали і готові суміші подаються підвісними закритими стрічковими конвеєрами.

Результати розрахунків по всіх видах устаткування зведені в табл.1.19.

Таблиця 1.19 - Рецептатура сумішей і річна потреба формувальних матеріалів

Найменування сумішей	Річна витрата суміші, т	Склад і витрата компонентів сумішей									
		Оборотна		Кварцовий пісок		Глина		Сульфатна барда		Вугілля	
		%	т.	%	т.	%	т.	%	т.	%	т.
Формувальні: єдині ПГС	109620	87	95369	8,5	9318	3	3289	1	1096	0,5	548
Облицювальна	27144	55	14929	35	9500	5	1357	2	543	3	814
Наповнювальна	40368	97	39157	2	807	1	404	-		-	
Всього	177132		149455		19625		5050		1639		1362

Таблиця 1.20 - Розрахункова відомість технологічного устаткування сумішоприготувального відділення

Технологічна операція	Річна витрата суміші		Найменування устаткування	Модель	Годинна продуктивність	Кількість обладнання		Коефіцієнт загрузки
	т	м ³				розрах.	прий.	
Сушка піску	19625	18355	Барабанне сушило	ПБІ-8	8 м ³ /год	0,75	1	0,75
Просів піску			Сито полігональне	173М	8 м ³ /год	0,75	1	0,75
Приготування єдиної суміші	109620	73818	Змішувач чашковий	15104	15 м ³ /год	1,62	2	0,81
Приготування облицювальної суміші	27144	27418	Змішувач чашковий	15102	12 м ³ /год	0,75	1	0,75
Приготування наповню-вальної суміші	40368	40776	Змішувач чашковий	15102	8 м ³ /год	1,68	2	0,84
Регенерація	149455	130740	Система мех.. регенерації		80 т/год	0,81	1	0,81

1.10 Відділення фінішних операцій

Відділення фінішних операцій - специфічна ділянка ливарного цеху. Тут виконують різноманітні операції, що значно відрізняються як по суті, так і по складності виконання. Технологічні розробки процесів охолодження виливок, термообробки і контролю якості вимагають глибоких знань і виробничого досвіду. Багато і простих операцій, виконання яких досягається визначеними енергомеханічними впливами. Однак усі вони сполучені з великими витратами фізичної праці, особливо в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва. Тому ефективність проектних рішень однозначно оцінюється вибором відповідного устаткування.

1.10.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

На підставі аналізу програми виробництва відливок в цеху, технологічної схеми формувально-заливального відділення і технічних характеристик устаткування для виконання завершальних операцій відливання різних мас і розмірів згруповані в однотипні виробничі потоки за принципом технологічної сумісності. Відливки, вибиті з ливарних форм, проходять визначений по тривалості цикл охолодження [9], після чого передаються в обрубне відділення, де шляхом проведення ряду операцій покращують їх фізико-механічні властивості і надають їм товарному вигляду.

Типовий технологічний процес обробки відливок включає операції: відбиття ливникової системи і елементів живлення відливок при їх вибитті з форми; охолодження; очищення і видалення з внутрішніх порожнин стрижнів; обрубання і зачистку; виправлення дефектів; промивку, ґрунтовку і сушку; контроль і передачу відливок на склад.

Очищення відливань полягає у видаленні з їх поверхні формувальної і стрижньової суміші, що пристала і пригоріла.

На підставі аналізу номенклатури чавунних відливок цеху для їх зачистки застосовані обдирно-шліфувальні верстати, оснащені швидкозмінним оснащенням з великим діапазоном регулювання.

Розрахункові дані зведені в табл. 1.20.

Для виправлення дефектів відливок застосована ділянка заварки. Він обладнаний нагрівальними печами, газовими сурмами і спеціальним технологічно устаткуванням. Окрім заварки також використовується декоративне закладення дрібних поверхневих раковин пастами - мастиками і мастиками; просочення спеціальними складами (водним розчином хлористого амоніа).

Таблиця 1.21 - Розрахунок дефектних відливків

Група відливок по масі, кг	Дефектні відливки		
	Норма %	т	шт
До 20	-	-	-
20 – 50	4	152	3800
51 - 100	7	213	2505
101 – 250	10	304	2096
Разом	-	669	8401

Після виправлення дефектів проводять ґрунтовку відливок. Ґрунтовку застосовують для оберігання відливок від корозії при їх тривалому зберіганні або транспортуванні. Забарвленню піддають зовнішні і внутрішні поверхні відливок, що не підлягають обробці різанням, спеціальною густою фарбою (ґрунтом). Перед ґрунтовкою поверхні відливок очищають від піску і пилу в мийних установках. Відливки І потоку очищаються струменем розчину їдкого натра і трінатрійфосфата, відливки ІІ потоку - протиранням уайт - спирітом. Відливки ґрунтують в прохідній камері забарвлення на підвісних конвеєрах зануренням в бак з фарбою. Після ґрунтовки їх витримують в атмосфері цеху.

Фінішна операція - це контроль якості. Застосовується два види контролю - проміжний і остаточний. Перший здійснюється в процесі очищення, обрубубання і зачистки з метою вилучення з технологічного потоку бракованих і дефектних відливок, а другий - для приймання минулих ці операції відливок. Остаточний контроль проводиться на посту зовнішнього огляду відливок, на стенді гідравлічних випробувань, а також в цеховій лабораторії: металографії, механічних випробувань, рентгенівської, ультразвукової.

Після приймання ВТК відливки прямують на склад готової продукції.

1.10.2 Розрахунок кількості устаткування

Для розрахунку потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування використовуємо дані про післяопераційне завантаження відділення і розрахункову продуктивність агрегатів.

Розрахунок кількості устаткування проводимо по формулі:

$$P_o = \frac{A \cdot K}{\Phi_d \cdot \Pi},$$

де P_o - кількість одиниць устаткування, шт;

A - маса (т) або кількість (шт.) відливків, що піддаються обробці на даному устаткуванні;

К - коефіцієнт нерівномірності роботи устаткування (1,1-1,3);

Фд - дійсний фонд часу роботи устаткування, г;

П - продуктивність устаткування т/г або шт/г.

Дані зведені в табл. 1.21.

Для транспортування відливок у відділення фінішних операцій використовується 2 мостових крана $Q = 5/10$ т і електротельфер 3 т.

1.11 Розрахунок площі цеху

У загальну площу цеху включено:

- ділянки технологічного устаткування;
- ділянки допоміжного і супутнього устаткування;
- складські приміщення.

При розрахунку площ відділень і ділянок цеху враховуємо наступні дані:

- габаритні розміри устаткування;
- планування робочих місць;
- розміщення вантажопідйомних засобів;
- норми проходів і проїздів.

При реальному проектуванні остаточно сумарна площа цеху й окремих ділянок уточнюється після пророблення проекту усіма відділами (водопостачання і каналізації, транспорту, електропостачання, будівельним, відділом охорони праці й екологічних служб), тобто після розробки плану цеху. Зведені дані розрахунку площ для збереження шихтових і вогнетривких матеріалів приведені в таблиці 1.22.

Розрахункова площа шихтового відділення склала 432 м^2 з урахуванням проїздів для цехового транспорту і проходів.

До загальної розрахункової площі додаємо ділянки, що не обслуговуються вантажопідйомними засобами: по 1 м уздовж кожного ряду колон і по 3 м від торців прольоту.

Найбільшу площу займають склади шихтових і формувальних матеріалів, розміщені в одному прольоті. Площу для зберігання шихтових і формувальних матеріалів визначаємо по формулі:

$$S = \frac{M \cdot t}{D_p \cdot \rho \cdot H},$$

де М - річна потреба в даному матеріалі, т;

t - тривалість зберігання на складі, дні;

D_p - число робочих днів в році;

з - об'ємна маса матеріалу, т / м^3 ;

H - допустима висота зберігання, м

Таблиця 1.22 - Завантаження відділення фінішних операцій і розрахункова відомість устаткування

Найменування операцій	Кількість відливань		Устаткування, од.				Коефіцієнт завантаження
	Т	Шт.	Найменування і модель	Годинна продуктивність	Розрахункова	Прийнята	
Вибивка виливків	15245	599010	Передбачені вибивні пристрої на формувальних лініях Л22813 і Л651К				
Вибивка стрижнів і очищення відливань першого потоку	9155	506365	Очисний дробеметний барабан 42213М	5,1 т/г	0,65	1	0,65
Вибивка стрижнів і очищення відливань другого потоку	6090	92645	Очистой дробеметний барабан 42215М	4 т/г	0,65	1	0,65
Відрізка ливників	15245	599010	Абразивно - відрізний верстат 82Л60	-	-	2	-
Зачистка відливок	15245	599010	Шліфувальний зачистний верстат	-	-	2	-
Виправлення дефектів	669	8401	Механізована ділянка виправлення дефектів				

Таблиця 1.23 - Зведені дані розрахунку площ для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів

Матеріал	Річна потреба, т	Об'ємна маса т/м ³	Запас на складі		Місце зберігання	Висота зберігання, м	Площа зберігання, м ²
			діб	т			
Повернення власного виробництва	4400	2	5	66	Засік	5	7
Чавун ливарний чушковий	10796	3,5	20	182	Засік	5	26
Лом чавунний 16 А	4520	2	20	264	Засік	5	26
Ферросиліцій ФС 18	188	1,7	30	18	Засік	3	4
Ферромарганець	96	1,7	30	10	Засік	3	2
Флюси, вапняк	6200	1,7	30	58	Бункер	3	11
Плавиковий шпат	800	1,7	30	7	Бункер	3	1
Цегла шамотна	5000	1,8	30	47	Площадка	2	13
Глина вогнетривка	1400	1,55	20	186	Засік	5	24
Пісок кварцевий	1000	1,5	20	1658	Засік	10	11
Порошок шамотний	1000	1,5	30	9	Бункер	3	2
Кокс	2400	0,5	30	18	Бункер	3	12
Разом							432

В результаті розрахунків площа шихтового відділення складає 2336 м².
Загальна площа цеху – 15552 м² (ширина – 96, довжина – 162).

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка технологічного процесу виготовлення виливки

Проектування технологічного процесу виготовлення виливки включає розробку необхідної технологічної документації – креслень, розрахунків та ін. При розробці технології виготовлення виливки, дуже важливий обґрунтований вибір найбільш раціональних прийомів, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості литої деталі і високі техніко-економічні показники виробництва: отримання якісної виливки при її мінімальній вартості, висока продуктивність, економія металу в результаті зменшення припусків на обробку, економія палива, електроенергії і допоміжних матеріалів, максимальне використання устаткування і оснащення.

2.2 Аналіз замовлення

Перш ніж приступити до проектування технології виготовлення виливки, оцінюємо можливість і доцільність виконання замовлення на виробництві.

Найменування виливки - «Кришка передня»

Маса - 130 кг

Матеріал - СЧ -20.

Габаритні розміри - 70 x 335 x 335 мм.

Класифікація виливки - загального призначення.

Виробництво - багатосерійне.

Групу складності даної виливки визначаємо способом угруповання ознак шляхом їх послідовного віднесення, починаючи з вищих груп складності, у бік нижчих, і зупиняємося на групі складності, при якій досягаємо чотири умовно співпадаючі ознаки. Аналіз приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Аналіз групи складності виливки

Ознака складності	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
Конфігурація литих поверхонь виливки			+			
Маса	+					
Максимальний габаритний розмір	+					
Товщина основних стінок виливки					+	

Продовження табл.2.1

Ознака складності	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
Характеристика заступів, ребер литих отворів	+					
Кількість стрижнів на 1 виливку	+					
Характер механічної обробки		+				
Відповідальність призначення		+				
Особливі технічні вимоги			+			

Виходячи з аналізу замовлення, робимо висновок що виливка відповідає першій групі складності.

Спосіб лиття – в пісчані форми.

Характеристики даного способу лиття:

- ливарний нахил – 0,5 – 3 градуси;
- клас точності – 5 – 7;
- клас шерохватості поверхні – 1 – 6;
- припуски на механічну обробку – 2 – 14мм.

2.3 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливки

Технологічною називають таку конструкцію виробу або складових елементів (деталей, вузлів, механізмів), яка забезпечує задані експлуатаційні властивості продукції і дозволяє при даній серійності виготовляти її з найменшими витратами. Технологічна конструкція характеризується простою компоновкою, бездоганністю форм. При ухиленні від вказаних вимог потрібне внесення в конструкцію деталі необхідних змін.

Виливка невелика за розмірами, тонкостінна, компактна, має 7 отвори висотою 35 мм та діаметром 16 мм, які виконуються ливарними, і в подальшому отримуються в результаті механічної обробки, внутрішня порожнина виливки виконується за допомогою горизонтального стрижня простої конфігурації.

Спрощення геометричних форм виливці не потрібно. Зовнішні горизонтальні поверхні конструктиву виконані вдало, вносити які або зміни непотрібно.

З урахуванням специфічних умов ливарного виробництва, закономірностей кристалізації металу і охолодження виливки, вносити зміни непотрібно.

Після проведеного аналізу технологічності даної виливки, слідує висновок, що виливка «Кришка передня» технологічна для виготовлення литтям.

При виборі способу виготовлення в першу чергу беремо до уваги результати попереднього аналізу замовлення і технологічності деталі. Визначальним чинником є серійність виробництва.

Оскільки виливка масою 13 кг, висотою до 70 мм, то при багатосерійному виробництві застосовуємо литво в сирі піщані форми, що є економічним для виготовлення даної виливки, оскільки в цьому випадку не потрібна площа для розміщення сушильних агрегатів і складування форм перед сушкою і додаткова витрата палива, значно скорочується цикл виготовлення і знижується собівартість продукції.

2.4 Визначення положення виливки у формі при заливці

При визначенні положення виливки у формі при заливці керуємося наступними правилами:

1. Переважаюча товщина стінки виливки - 10 мм дозволяє залити форму без особливих технологічних прийомів.

2. Виливка розміщується симетрично у формі відносно лінії розтину, при цьому ускладнень при формовці не виникає.

3. Виливка має внутрішню порожнину, що виконуються стрижнем, вибране положення виливки у формі забезпечує можливість перевірки розмірів порожнини форми при збірці, а також надійне кріплення стрижня за рахунок стрижньових знаків.

4. Виливка виготовляється з чавуну СЧ-20. Чавун має невелику усадку, додаткових особливих прийомів по попередженню усадкових раковин не вимагається.

Поверхня вибраного роз'єму горизонтальна, а також зручна для виготовлення і збірки форми. Форма і модель мають одну плоску горизонтальну поверхню роз'єму. При вибраному роз'ємі модель вільно витягується з форми.

Важливим є визначення оптимального числа виливок у формі. При багатосерійному виготовленні піщаних форм на лініях необхідно прагнути до максимальної металоємності форми.

2.5 Визначення ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями

Заздалегідь необхідно визначити можливість виконання отворів в процесі отримання виливки і тих її частин, які не можуть бути одержані за допомогою моделі. Число стрижнів, що служать для оформлення порожнини виливки, її окремих елементів визначаємо з урахуванням серійності випуску.

При багатосерійному виробництві, коли окупаються витрати, пов'язані з виготовленням оснащення, доцільно розчленовування складних стрижнів на частини, оскільки це сприяє підвищенню продуктивності машинного формування і забезпечує вищу якість виливок.

При визначенні ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями керуємося наступними принципами:

1. Забезпечуємо мінімальні витрати на виготовлення стрижньових ящиків.
2. Забезпечуємо зручну установку стрижнів у форму і контроль всіх розмірів порожнин в ній.
3. Враховуємо конфігурацію і габаритні розміри виливки, що визначають витрату сумішей на виготовлення стрижнів.
4. Для запобігання деформації стрижня під дією сили тяжіння забезпечуємо достатні опорні поверхні стрижнів.
5. Опорні поверхні стрижня є достатніми та виключають деформацію стрижня під дією сили тяжіння.

Враховуючи конфігурацію стрижнів і необхідність уникати кантівки стрижня, стрижньові ящики виготовляємо роз'ємними. Після витягання з ящика стрижень укладається на сушильну плиту в такому положенні, в якому його ставлять у форму. У цьому положенні стрижень зручно фарбувати і транспортувати.

Для виготовлення внутрішньої порожнини виливки «Кришка передня» використовуємо один вертикальний стрижень Ст№1. Враховуючи конфігурацію виливки та її внутрішню порожнину стрижень буде фіксуватися у формі за допомогою вертикального знаку та вертикального знаку у нижній напівформі.

Точність фіксації стрижня у формі забезпечується конфігурацією і розмірами його знакових частин, які призначаємо по ГОСТ 3606 - 88 враховуючи розміри стрижня, спосіб формування і його положення у формі.

При вертикальному розміщенні стрижня для чіткої фіксації в осьовому напрямі вертикальний знак має торцеві фіксатори (рис. 2.1.) з відповідними зазорами.

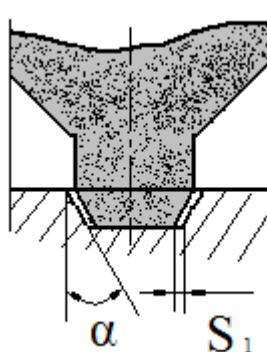


Рисунок 2.1- Знаки стрижня Ст№1:

Довжину вертикального стрижневого знаку приймаємо з урахуванням способу формовки.

Також даний стрижень Ст№1 має і вертикальний знак.

Формувальні ухили на знакових частинах призначаємо згідно ДСТ 3606 - 80 залежно від висоти знаку і його розташування у формі.

Зазори між знаковими поверхнями форм і стрижнів призначаємо відповідно до ДСТ 3606 - 80 залежно від висоти знаку і типу модельного комплекту.

Вибираємо модельний комплект III класу точності із металу.

Вибрані, згідно рекомендаціям, розміри зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Характеристика стрижнів

№ стрижня	Розміри знакових частин стрижнів						
	Довжина знака, мм		Формувальні ухили знакових частин, 0		Зазори між знаковими поверхнями, мм		
			α	β	1	S2	S3
Ст№1	вертикального	5	7	-	6	-	-

2.6 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту

Відношення орієнтовної вартості модельних комплектів з дерева, алюмінієвих сплавів, чавуну, сталі 1 : 8 : 12 : 15. Оскільки модель має невелику масу, розміри і тонкі стінки доцільніше використовувати для виготовлення модельної оснастки сталь або алюміній, при цьому модель

виготовляємо роз'ємною. Таким чином стійкість моделі буде становити 100000 знімачів.

Основні види оснащення, вживані при виготовленні ливарних форм з піщано-глинистих сумішей - моделі і стрижньові ящики класифікують за наступними ознаками: виду матеріалу, способу виготовлення форм і стрижнів, компоновці елементів, складності (середньої), точності і міцності (2 класу), розмірам моделі, конструктивному виконанню.

2.6.1 Конструкції і розміри модельних комплектів

Для визначення конструктивних розмірів модельного комплекту в першу чергу необхідно встановити припуски на механічну обробку, припуски на усадку і формувальні ухили.

Припуски на механічну обробку призначаємо по ДСТУ 26645 - 86. Цей ДСТ розповсюджується на виливки з чорних металів і сплавів і регламентує допуски на розміри, масу і припуски на механічну обробку. Клас точності розмірів і мас виливок і ряди припусків на механічну обробку відливань визначаємо по тому ж ДСТУ.

Допуски лінійних розмірів виливок і верхні граничні відхилення маси приймаємо по рекомендації.

Основні припуски на механічну обробку (на сторону) залежно від допусків на розміри виливок встановлюємо диференційовано для кожного елемента виливки.

Припуски на усадку, ливарні, визначаємо залежно від виду сплаву, маси і розміру виливки.

Дані зведені в табл. 2.3.

Формувальні ухили в модельних комплектах для отримання виливки в піщаних формах регламентуємо ДСТ 3212 - 80. При застосуванні піщано - глинистих сумішей ухили призначаємо залежно від діаметру або мінімальної ширини поглиблення і висоти формоутворювальної поверхні.

Залежно від вимог, що пред'являються до поверхні виливки, формувальні ухили (рис. 2.2) виконуємо на оброблюваних поверхнях виливки понад припуску на механічну обробку за рахунок збільшення розмірів виливки.

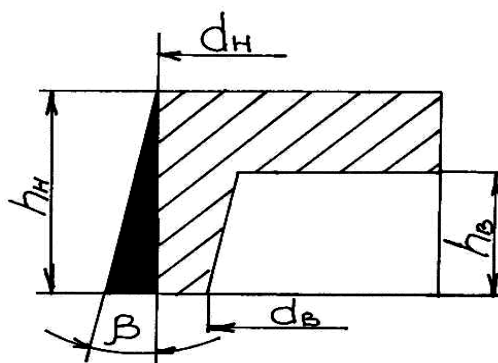


Рисунок 2.2 - Формувальний ухил

Таблиця 2.3 - Конструкції і розміри модельного комплекту

Найменування	Значення
Спосіб лиття	в сирі пісчано – глинисті форми
Клас точності розмірів і мас	10
Ряд припусків	3
Допуски ливарних розмірів виливки (на сторону), мм	2,0 – 2,2
Верхні граничні відхилення маси, %	6
Основні припуски, мм	3,2 – 4,0
Ливарна усадка, %	1

Розміри стрижневих ящиків приведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Розміри стрижневих ящиків

Вид стрижня	Найменування параметра	Розмір, мм
Ст№1	Товщина стінки	8
	Товщина борта	14
	Ширина борта	35

Для формування застосовуємо односторонні плити з високою жорсткістю та міцністю.

2.6.2 Забарвлення і маркування модельного комплекту

Враховуючи сплав, з якого виготовляється виливка, поверхні моделі і стрижньового ящика офарблюємо в червоний колір. Поверхні стрижньових знаків тих, що не заливаються рідким металом - в чорний. Маркування виконуємо на бічних зовнішніх поверхнях стрижньових ящиків і поверхнях моделей, відповідних необробленим поверхням виливки (№ заказу, № креслення, № модельного комплекту).

2.7 Визначення розмірів і конструкції опок

При виборі розмірів опок враховуємо, що використання надмірно великих опок спричиняє за собою недоцільну витрату суміші, а використання дуже маленьких опок може викликати брак виливки унаслідок продавлювання металом низу форми, відходу металу по роз'єму.

Визначаємо товщину шарів формувальної суміші на різних ділянках форми по рекомендації залежно від маси виливки:

- від верха моделі до верха опоки – 60 мм;
- від низа моделі до низа опоки – 70 мм;
- від моделі до стінки опоки – 40 мм;
- між моделлю і шлакоуловлювачем – 30 мм;
- між моделями – 50 мм.

Відповідно до перерахованих даних і габаритних розмірів виливки, розрахункові розміри опоки складають:

Верх – $520 \times 370 \times 157$

Низ – $520 \times 370 \times 167$.

Одержані дані остаточно уточнюємо з розмірами опок на автоматичній лінії, призначеній для виготовлення даної виливки. З урахуванням застосування формування на комплексно-автоматизованих лініях застосовуємо наступні опоки:

Верх – $600 \times 400 \times 200$

Низ – $600 \times 400 \times 200$.

2.8 Проектування і розрахунок ливниково – живильної системи

Правильна конструкція ливникової системи повинна забезпечувати безперервну подачу розплаву у форму по найкоротшому шляху, спокійне і

плавне її заповнення, уловлювання шлаку і інших неметалічних включень, створення направленого твердіння виливки.

Ливникова система, включає:

- ливникова воронка;
- стояк;
- шлакоуловлювач;
- живильник;
- випор;
- накол.

Застосовуємо горизонтальну ливникову систему з підведенням металу по роз'єму ливарної форми. Далі розраховуємо площі поперечних перетинів і визначаємо розміри елементів ливникової системи.

Площа поперечних перерізів і розміри елементів ливникової системи, визначаються за умови заповнювання форми за оптимальний час:

$$\tau = S \sqrt[3]{\delta \cdot G},$$

де S – коефіцієнт, враховуючий рідкоплинність сплаву і тип ливникової системи [9];

δ – переважна або середня товщина стінки виливки, мм;

G – загальна маса виливки, ливників і додатків, кг ($G = 1,34 \cdot m$).

$$\tau = 2,0 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 1,34 \cdot 24} = 13,8 \text{ сек.}$$

Площа перерізів живильників ФЖ визначаємо в залежності від способу заливання рідкого металу у форму. Враховуючи матеріал для отримання виливки – СЧ20, раціонально використовувати заливання із поворотного ковша.

Площа поперечних живильників:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G}{(\mu \cdot \tau \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{нр}}})}, \text{ см}^2$$

де G - загальна маса виливки, ливників і додатків, кг;

g – прискорення вільного падіння, см/с²;

μ – загальний коефіцієнт розходування у ливниковій системі (при малому опорі форми $\mu = 0,5$);

ρ – густина сплаву, г/см³;

$H_{\text{нр}}$ – середній гідростатичний напір, см.

$$H_{\text{нр}} = H_{\text{ст}} - h_0/8, \text{ см}$$

де h_0 – загальна висота виливки, см; $H_{\text{ст}}$ – висота стояка, см.

$$H_{cp} = 20 - \frac{19,5}{8} = 17,56 \text{ см.}$$

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{1000 \cdot 1,34 \cdot 24}{(0,5 \cdot 13,8 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 980 \cdot 17,56})} = 3,2 \text{ см}^2.$$

Площа поперечних перерізів шлаковловлювача $F_{\text{ш}}$ і стояка $F_{\text{ст}}$ визначаються із відношення :

$$F_{\text{ж}} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,5 ;$$

таким чином $F_{\text{ш}} = 3,52 \text{ см}^2$, $F_{\text{ст}} = 4,8 \text{ см}^2$.

Розміри шлаковловлювача (рис.3.4 а): приймаємо $F_{\text{ш}} = 4,0 \text{ см}^2$; $a = 22 \text{ мм}$, $b = 18 \text{ мм}$, $h = 22 \text{ мм}$.

Розміри живильників (рис.2.4 б): так як розплав підводиться у порожнину форми через 2 живильника, то приймаємо $F_{\text{ж}} = 1,8 \text{ см}^2$; $a = 15 \text{ мм}$, $b = 12 \text{ мм}$, $h = 12 \text{ мм}$. Довжину живильника приймаємо – 30 мм

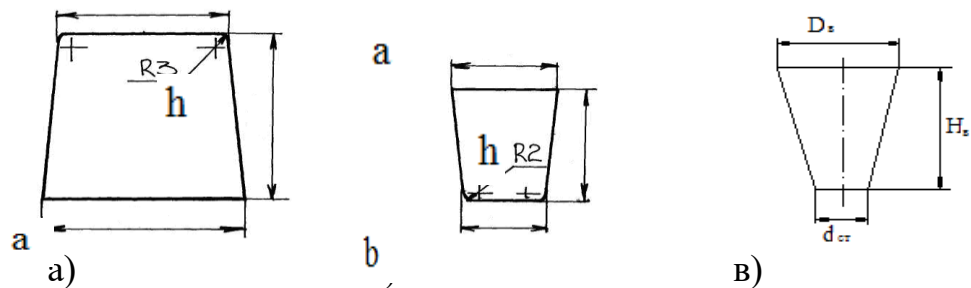


Рисунок 2.3 - Елементи ливниково-живильної системи

Для заливання розплаву використовується ливникова воронка, розміри якої вибираються в залежності від діаметру стояка і з врахуванням забезпечення нормального заливання форми.

$$F_{cm} = \pi \cdot R_{cm}^2 = \frac{\pi \cdot d_{cm}^2}{4}, \text{ см}^2 \quad (5)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cm}}{\pi}} = 25 \text{ мм} \quad (6)$$

$$H_{\text{в}} = D_{\text{в}} = 3 \cdot 25 = 75 \text{ мм.}$$

Для слідкування за ходом заливки і виходу непотрібних газів передбачаємо встановлення двох випорів з діаметром у основи – 15 мм.

2.9 Вибір способу заливки форми

Заливку проводимо з ковшів на комплексно-автоматичній лінії. Заливка здійснюється на конвеєрі. Місткість ковша вибираємо, враховуючи:

1. Металоємність найбільшої форми потоку;
2. У формі розташовується два виливки;
3. З одного ковша допускається заливка 4 - 6 форм;

Виходячи з аналізу цих вимог приймаємо монорельсовий конічний ківш з механізмом кантування місткістю 3 т. Основні розміри ковша:

- діаметр вверху ковша - 570 мм;
- діаметр низу ковша - 480 мм;
- загальна висота - 680 мм;
- відстань від низу до осі цапф - 440 мм;
- маса ковша з футеровкою - 220 кг.

2.10 Визначення температури розплаву при заливці у форму

Для забезпечення хорошого заповнювання форми і отримання якісних виливок необхідно витримати певну температуру розплаву, що заливається. Вона залежить від виду сплаву і характеру виливки (табл.2.5).

Виливка «Кришка передня» відноситься до мілких виливок з сірого чавуну і є тонкостінною. Виходячи з цього приймаємо:

1. Температура при випуску з печі - 1370 °С;
2. Температура при заливці форм - 1330 °С.

Таблиця 2.5 - Рекомендована температура заливки форм

Сплав	Характеристика виливок	Температура розплаву, °С	
		при випуску з печі	при заливці форм
СЧ20 – СЧ15	тонкостінні (середні і крупні)	1370	1330

2.11 Тривалість охолодження виливки у формі

Регламентация часу охолодження виливок у формі диктується необхідністю забезпечення повного твердіння розплаву, виключення

утворення деяких усадкових дефектів, отримання необхідної структури металу виливки.

Тривалість охолодження краще забезпечити таку, щоб виливка повністю затверділа у формі, в цілях безпеки.

Залежність тривалості охолодження у формі виливок з чавуну від їх маси приведена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Залежність тривалості охолодження у формі відливань з чавуну від їх мас

Маса виливки, кг	Час охолодження, г	
	на конвеєрі	на плацу
100 - 300	0,15 – 0,4	0,8 – 2

Залежно від маси і марки сплаву визначаємо час охолодження виливки - 1 г.

2.12 Визначення маси вантажу (що виштовхує сили)

Масу вантажу для загрузки форми визначаємо по формулі:

$$B = K \cdot [H \cdot (F_{отл} + F_{л.с}) \cdot P_m + V_{ст} \cdot (P_m - P_{ст}) - Q],$$

де K – коефіцієнт, що враховує гідроудар при підході металу до верхньої напівформи:

$K = 1,5$;

H – гідростатичний натиск, 2 дм;

$F_{відл}$ – площа виливки у плані, 5,07 дм²;

$F_{л.с}$ – площа перетину системи живильника, 0,0144 дм²;

P_m – щільність металу, 7,8 кг/дм³;

$P_{ст}$ – щільність стрижня, 1,65 кг/дм³;

$V_{ст}$ – об'єм стрижня, 5,3 дм³;

Q – вага верхньої напівформи, 69,3 кг.

За розрахунками маса вантажу дорівнює - 63,9 кг.

Отже приймаємо масу вантажу – 64 кг.

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз використання холоднотвердіючих екзотермічних сумішей. Призначення і сфера застосування екзотермічних сумішей

Екзотермічні суміші застосовуються для обігріву ливарних надливів при виробництві відливань і зливків з різних сплавів. Це дозволяє підвищити ефективність живлення відливань (зливків), скоротити маси надливів і підвищити вихід придатного литва. Збільшення виходу придатного литва при виробництві відливань може бути досягнуте двома основними шляхами:

- 1) уповільненням відведення тепла від металу прибутку;
- 2) прискоренням відведення тепла від відливання.

Широке застосування другого методу обмежене дефіцитністю і порівняно високою вартістю матеріалів з підвищеною теплоакумуючою здатністю, а також деяким ускладненням процесу виготовлення форм.

Тому в практиці ливарного виробництва найбільше поширення отримали різні методи, сприяючі збільшенню тривалості твердіння надливів відливань.

У літературі зустрічаються такі методи збільшення тривалості твердіння прибутку, як використання оптимальної геометричної форми надливів, вибір раціонального способу заливки форми, місця підведення металу, температури заливки, поворот форми після заливки на певний кут, застосування підвищеного тиску в прибутку. Окрім цього, відомо декілька способів, що дозволяють істотно підвищити вихід придатного при виробництві відливань за рахунок утеплення або обігріву надливів.

Як правило, збільшення тривалості твердіння прибутку відливання досягається:

- 1) утепленням надливів теплоізоляційними матеріалами;
- 2) обігрівом надливів екзотермічними сумішами.

Як показала практика, обігрів надливів відливань з різних сплавів екзотермічними сумішами є простим, надійним і найбільш ефективним засобом підвищення виходу придатного.

Найбільш широке застосування екзотермічні суміші знайшли при виготовленні відливань з чавуну і сталі різних марок.

Виділення тепла екзотермічними сумішами засноване на встановленню оксидів металів кремнієм, алюмінієм, магнієм і іншими металами.

Схематично металотермічна реакція може бути представлена рівнянням:



де Me — метал, що застосовується для відновлення,

MO — оксид відновлюваного металу

MeO — оксид окислюваного металу

M - метал, відновлений з оксиду.

Нині екзотермічні суміші використовуються для:

а) засипки поверхні металу прибутку відливання

б) облицювання порожнини прибутку відливання або виготовлення екзотермічних оболонок.

У літературі є відомості про застосування екзотермічних сумішей спеціального призначення, використовуваних для виготовлення окремих елементів ливарної форми з метою створення умов направленої твердіння відливаних і усунення на них технологічного напуску металу, проте таке застосування екзотермічних сумішей не отримало великого поширення, оскільки при цьому дещо зростає трудомісткість виготовлення ливарної форми з екзотермічними елемент-мі, розташованими в робочій порожнині.

З розглянутих вище сумішей, призначених для зменшення втрат тепла металом прибутку, для нас найбільший інтерес представляють екзотермічні суміші для облицювання прибутку і виготовлення оболонок, так як вони значно ефективніше теплоізолюючих засобів і можуть дати істотне підвищення виходу придатного литва.

Великий виробничий досвід розробки і застосування формованих екзотермічних сумішей для обігріву надливів сталевих і чавунних відливаних дозволяє сформулювати певні вимоги до екзотермічної суміші, до найважливіших з яких відносяться наступні:

1) високе теплотворення суміші при низькій температурі її займання, що забезпечує саму можливість збудження екзотермічної реакції, і спокійне горіння суміші з невеликою швидкістю;

2) по можливості низький заохолоджуючий ефект суміші до і досить високі теплоізолюючі властивості суміші після протікання екзотермічних реакцій;

3) відсутність взаємодії суміші з металом прибутку;

4) збереження форми і розмірів оболонки з суміші після протікання в ній екзотермічних процесів;

5) недефіцитність компонентів і низька вартість суміші;

6) задовільні технологічні властивості суміші на стадії виготовлення виробів необхідної форми і розмірів;

7) хороші санітарно - гігієнічні умови праці при виготовленні сумішей;

8) найбільша ефективність дії при мінімальній витраті на одиницю придатного литва.

Одночасне виконання усіх перерахованих вимог є складним завданням, успішне рішення якого неможливе без глибокого вивчення процесів, що протікають при взаємодії компонентів, впливу компонентів на властивості екзотермічних сумішей, а також технологічного процесу виготовлення виробів з екзотермічних сумішей.

3.2 Склади формованих екзотермічних сумішей для відливань з різних сплавів. Спільність і відмінність в їх складах.

Відома велика кількість екзотермічних сумішей різних складів для відливань з чавуну і сталі, що отримали в різний час поширення в країнах СНД і за кордоном.

Аналіз складів екзотермічних сумішей дозволяє виділити п'ять груп компонентів :

- 1) окислювані або горючі;
- 2) окисники;
- 3) каталізатори;
- 4) наповнювачі;
- 5) єднальні.

Кожна група компонентів грає певну роль в наданні сумішам тих або інших властивостей. Кількісне співвідношення компонентів в суміші, їх якість і міру подрібнення твердих компонентів зумовлюють властивості екзотермічної композиції.

Екзотермічні суміші для надливів чавунних і сталевих відливань у ряді випадків можуть готуватися з однакових матеріалів. Основна відмінність полягає в тому, що склад екзотермічної суміші для чавунних відливань повинен забезпечувати нижчу температуру займання, чим суміші для сталевих відливань, оскільки одним з чинників тих, що визначають температуру займання суміші являється температура заливки металу.

Іншим чинником, що визначає температуру займання екзотермічної суміші являється розмір прибутку, тому порівняння температури займання екзотермічних сумішей для сталевих і чавунних відливань можна вести за умови однакового розміру надливів. Крім того, склад екзотермічної суміші повинен забезпечувати нагрів металу і знаходження його в рідкому стані максимально можливий час, отже температура горіння екзотермічних сумішей для сталевих відливань має бути вище, оскільки температура ліквідус у сталі вищий, ніж у чавуну. Тому відмінність в складах частенько полягає в основному в кількісному змісті термітної складової і наявності або відсутності добавок спеціального призначення (каталізатори, комплексні окисники), регулюючі теплофізичні властивості екзотермічних сумішей. Крім того, внаслідок небезпеки вуглецювання металу в екзотермічних сумішах для сталей, як правило, не застосовуються вуглемісткі компоненти.

Відносно складів екзотермічних сумішей вживаних в Україні, можна відмітити, що в якості пального застосовується в основному алюмінієвий порошок або матеріали його замінюючі і такі, що містять алюміній (силумінова стружка, відходи виробництва алюмінієвих виробів та ін.). Застосування в якості горючих компонентів кремній- і вуглемістких матеріалів не отримало широкого поширення.

Більшість вітчизняних екзотермічних сумішей містять в якості окисника матеріали на основі оксидів заліза, крім того, суміші часто містять ще який-небудь окисник (наприклад, марганцеву руду). Також знаходять застосування кисневмісткі хімічні сполуки, хоча і не так широко, як оксиди металів.

Застосування каталізаторів для створення оптимальних умов протікання екзотермічної реакції не завжди має місце, для цього застосовуються в основному фторовмісткі матеріали - кріоліт, плавиковий шпат (фторид кальцію), фторид натрію.

В якості вогнетривких наповнювачів у вітчизняних екзотермічних сумішах найчастіше застосовуються досить поширені шамотний порошок і кварцевий пісок. Також знаходять застосування комбіновані наповнювачі, наприклад, шамотний порошок у поєднанні з кварцевим піском. Відоме застосування в якості наповнювачів високовогнетривких наповнювачів, вживаних при виготовленні разових ливарних форм і стержнів, таких як хроміт. Крім того, в якості наповнювачів не завжди використовуються вогнетривкі матеріали. Ці матеріали (деревна тирса та ін.) вводяться в суміш з метою підвищити теплоізолюючі властивості екзотермічних сумішей, оскільки продукти горіння таких матеріалів мають низьку щільність. Крім того, вуглемісткі добавки можуть чинити вплив на протікання термохімічної реакції і теплофізичні властивості екзотермічних сумішей.

Єднальні матеріали, вживані в екзотермічних сумішах, - рідке скло, лігносульфонати технічні, бентоніт, вогнетривка глина, декстрин та ін. - є досить поширеними і служать для надання міцності виробам з екзотермічних сумішей.

У екзотермічних сумішах, вживаних за кордоном, аналогічно вітчизняним сумішам, палим, як правило, являється алюмінієвий порошок.

Окисниками в зарубіжних екзотермічних сумішах також є матеріали на основі оксидів заліза (залізняк, окалина) або марганцю (марганцева руда), проте, на відміну від вітчизняних часто зустрічаються різні сполуки, що легко віддають кисень при нагріванні (нітрати, хлорати та ін.). Ці легкорозкладні з'єднання застосовуються в якості окисників, як правило, в комплексі з оксидами заліза і марганцю.

Каталізаторами по аналогії з вітчизняними екзотермічними сумішами є у більшості випадків фторовмісткі матеріали, при цьому вони частіше застосовуються на практиці.

В якості наповнювачів в зарубіжних сумішах також як і у вітчизняних застосовуються різні поширені вогнетривкі матеріали - шамотний порошок,

кварцевий пісок. Крім того, в якості наповнювача знаходять застосування відходи шліфовки скла, азбестове скло та ін. Також як і в деяких вітчизняних сумішах роль наповнювача можуть виконувати органічні або вуглемісткі матеріали (деревна тирса, кокс).

Єднальні матеріали, вживані в зарубіжних екзотермічних сумішах, практично ні чим не відрізняються від вітчизняних.

Таким чином, аналіз складів вітчизняних і зарубіжних екзотермічних сумішей показав, що відмінність полягає в основному в кількісному змісті компонентів і використанні різних матеріалів тих, що виконують одну і ту ж функцію. Загальне в складах більшості екзотермічних сумішей являється те, що практично усі вони включають п'ять груп компонентів перелічених вище (окислювані, окисники, каталізатори, наповнювачі, єднальні).

В якості пального у більшості екзотермічних сумішей як зарубіжних, так і вітчизняних застосовуються матеріали на алюмінієвій основі (як правило, алюмінієвий порошок). Використання в якості пального інших матеріалів (кремній- і вуглемістких) не отримало широкого поширення.

Основними окисниками, як у вітчизняних, так і в зарубіжних сумішах, найчастіше являються оксиди заліза, марганцю і рідше за хром. Результатом удосконалення екзотермічних сумішей стала часткова і, навіть, повна заміна в їх складі термічно важко розкладаних оксидів заліза з'єднаннями, що легко віддають кисень при нагріванні (нітратами, хлоратами та ін.). Такі суміші дістали назву екзотермічних сумішей з комплексним окисником.

Практично в усіх зарубіжних сумішах застосовуються комплексні окисники. Застосування легкорозкладних з'єднань у вітчизняних сумішах зустрічається значно рідше.

В якості каталізаторів у вітчизняних і зарубіжних екзотермічних сумішах знайшли застосування фтористі з'єднання — кріоліт, фтористий натрій, а також плавииковий шпат (CaF_2) — порівняно дешеві природні матеріали. Вживані в якості легкорозкладних окисників нітрати лужних або лужноземельних металів також одночасно можуть грати роль каталізаторів. Введення в суміш цих добавок переслідує мета понизити температуру займання (t_0) екзотермічної суміші, а також стабілізувати процес горіння екзотермічних сумішей.

Загальною рисою переважної більшості екзотермічних сумішей вживаних в Україні і за кордоном являється те, що майже усі відомі склади екзотермічних сумішей передбачають затвердіння виробів з них в основному за допомогою теплової сушки. Тому в якості єднальних для вітчизняних і зарубіжних екзотермічних сумішей отримали застосування єднальні матеріали, що забезпечують високі прочностні характеристики сумішей після теплової сушки і сприяючі збереженню розмірів і форми оболонок після завершення в них екзотермічних реакцій. При цьому за кордоном ширше застосування знайшли органічні єднальні.

Враховуючи різноманіття складів і матеріалів, вживаних в екзотермічних сумішах, при розробці складів екзотермічних сумішей

необхідно вибрати найбільш ефективні в застосуванні і найменш дефіцитні матеріали. Також при розробці складів екзотермічних сумішей не-обходимо вивчити наявні літературні дані по впливу різних компонентів на властивості екзотермічних сумішей.

Аналіз вітчизняних науково-дослідних робіт, патентів і авторських свідчень показав, що основними напрямками по удосконаленню при розробці складів екзотермічних сумішей являлися:

1) підвищення стабільності протікання термохімічної реакції, тобто забезпечення по можливості регулювання температури займання, високої температури горіння і оптимальної швидкості горіння. Це досягалося за рахунок вибору оптимального складу екзотермічних сумішей, застосування комплексних окисників (окрім оксидів заліза застосовуються оксиди марганцю, оксиди хрому або різні хімічні сполуки, що легко віддають кисень при нагріві), застосування в якості каталізаторів фтористих з'єднань, вибору оптимального гранулометричного складу пального (застосування в якості горючого матеріалу відходу дробеметного очищення алюмінієвих виробів, в якому є присутніми великі частки алюмінію) і використання в якості пального вуглевмістких матеріалів;

2) підвищення вогнетривкості екзотермічної суміші. Підвищення вогнетривкості досягалося шляхом введення в термітну складову суміші вогнетривких наповнювачів;

3) поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці. Здійснювалося шляхом заміни різних органічних матеріалів різного призначення на неорганічні, що спричиняло за собою зменшення виділень токсичних газоподібних продуктів горіння;

4) підвищення теплоізолюючої здатності екзотермічної суміші. Досягається використанням матеріалів з високою теплоізолюючою здатністю.

Відносно зарубіжних патентів і публікацій по складах екзотермічних сумішей можна відмітити, що удосконалення велося по:

1) дослідженню нових матеріалів для екзотермічних сумішей з метою поліпшення теплофізичних властивостей;

2) широкому використанню в екзотермічних сумішах відходів різних виробництв, у тому числі з метою зниження вартості екзотермічної суміші;

3) зниженню щільності екзотермічної суміші і, відповідно, зниженню маси екзотермічних виробів.

У основі процесу виготовлення виробів з екзотермічних сумішей лежить теплова сушка для надання міцності екзотермічним оболонкам. Скорочення циклу виготовлення оболонок і відмова від теплової сушки дозволять підвищити продуктивність технологічного процесу виготовлення екзотермічних оболонок і, як наслідок, понизити собівартість готового литва. Таким чином, розробка екзотермічних сумішей, відтверджуючих без застосування теплової сушки і мають необхідні теплофізичні властивості

актуальна і дозволить спростити технологічний процес отримання готових оболонок.

3.3 Роль основних компонентів в складах екзотермічних сумішей і їх вплив на властивості сумішей і роботу прибутку

Кожна з п'яти вище перелічених груп компонентів грає певну роль в наданні сумішам тих або інших властивостей. Кількісне співвідношення компонентів в суміші, їх якість і міра подрібнення зумовлюють властивості екзотермічної композиції.

Властивості екзотермічних сумішей підрозділяються на технологічні, прочностні і теплофізичні.

До технологічних відносять властивості, загальні для усіх формувальних сумішей : вологість, газопроникність, гігроскопічність, живучість, нетоксичність. До прочностних властивостей відноситься міцність суміші в різних станах.

Під теплофізичними властивостями екзотермічних сумішей розуміють властивості, що характеризують процес горіння і зміни тепловміщення.

Для екзотермічних сумішей доцільно визначати наступні показники: температуру займання t_0 , максимальну температуру горіння $t_{\max}$, швидкість горіння - $u_{\text{гор}}$. Вони найбільш поширені для оцінки якості екзотермічних сумішей.

Температура займання визначається температурою заливки металу і розміром прибули. Наявні літературні дані по температурах займання конкретних екзотермічних сумішей для різних сплавів обмежені.

Дані за швидкістю горіння для багатьох екзотермічних композицій відсутні.

У багатьох роботах для оцінки якості роботи екзотермічного прибутку застосовуються різні коефіцієнти, які характеризують ефективність роботи прибутку.

При розробці нових складів екзотермічних сумішей необхідно дати точні рекомендації по їх складах і властивостях. При цьому для характеристики теплових режимів екзотермічних сумішей необхідно вибрати властивості, які найточніше описують особливості тієї або іншої суміші.

Також важливою властивістю є теплоакумуюча здатність екзотермічної суміші до і після реакції. Застосування екзотермічних сумішей з низькою теплоакумуючою здатністю дозволить збільшити тривалість твердіння металу в надливку.

З цього виходить, що застосування екзотермічних сумішей з низькою щільністю підвищуватиме ефективність роботи прибутку внаслідок зменшення теплоакумуючої здатності суміші. Також при цьому зменшиться маса виробів з екзотермічних сумішей.

Для пониження щільності екзотермічних сумішей треба використовувати вогнетривких наповнювачів з низькою щільністю, вибрати

оптимальний зміст компонентів тих, що підвищують теплоакумулюючу здатність (залізняк та ін.).

У різних екзотермічних композиціях одну і ту ж роль грають різні матеріали, тому необхідно вибрати серед них ті, застосування яких буде найбільш ефективне і доцільно, заздалегідь проаналізувавши літературні дані.

Велика різноманітність горючих матеріалів використовуваних в екзотермічних сумішах вимагає обґрунтованого вибору для того, щоб застосування певного горючого матеріалу виявилось найдоцільніше і ефективно.

По даним порівняння теплоти згорання різних компонентів і економічної ефективності говорить про те, що найбільш доцільним і ефективним з точки зору кількості тепла, що виділяється при окисненні, і його умовній вартості, являється застосування алюмінієвого порошку в якості горючого матеріалу, як найбільш дешевого з тих, що розглядаються. Термохімічні і економічні характеристики різних термітних композицій приведені в таблицях 3.1 і 3.2. У дужках вказано співвідношення «пальне/окисник» (мас. %).

Таблиця 3.1 —Теплота згорання (кал/г) терміта при стехіометричному співвідношенні компонентів

Найменування горючого елементу	Окисник		
	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	MnO ₂
Алюміній	930000 (25/75)	850000 (24/76)	1120000(29/71)
Кремній	580000 (21/79)	500000(19/81)	700000 (24/76)
Кальцій	930000 (43/57)	870000 (41/59)	1100000(48/52)
Магній	1050000(32/68)	940000 (29/71)	1180000(36/64)

Таблиця 3.2 — Економічна ефективність застосування різних компонентів, що окислюються, в термітах з Fe_3O_4 в якості окисника

Найменування горючого елементу	Склад терміта, %		Теплота згорання 1 кілограма терміта ккал	Умовна вартість тепла, що виділяється при горінні терміта
	Пальне	Fe_3O_4		
Алюміній	23,70	76,30	879000	1,00
Кремній	19,51	80,49	509000	1Д7
Кальцій	39,30	56,70	835000	1,78
Магній	29,59	70,41	889000	3,68

З порівняльних характеристик видно, що алюміній при згоранні виділяє найбільша кількість тепла при найменшому масовому змісті в термітові при найменшій умовній вартості одиниці тепла.

Разом з приведеними достоїнствами алюмінію слід вказати на такі недоліки кремнію і магнію, як здатність кремнію розчинятися в залозі перш, ніж встигнути згоріти, а також самозаймистість і відносно низьку температуру кипіння ($\sim 910^\circ\text{C}$) у магнію. Внаслідок цього сфера застосування цих матеріалів в якості горючих компонентів значно обмежується родом сплавів, з яких виготовляються відливання. Крім того, газоподібний оксид магнію (MgO), що утворюється в результаті горіння, чинить негативний вплив на умови праці.

Існують суміші, в яких роль горючого компонента грає вуглевмісткій матеріал. Ці суміші не дорогі, мають низьку температуру займання ($200\ldots 600^\circ\text{C}$) і мають високі теплоізолюючі властивості до і після згорання, що пояснюється вигоранням вуглецю і утворенням продуктів горіння з низькою теплоакумулюючою здатністю. Необхідно відмітити, що вуглевмісткій матеріал застосовується в якості пального в комплексі з іншими горючими матеріалами. Введення в суміш вуглевмісткого матеріалу за даними уповільнює термохімічні реакції, зв'язуючи кисень, і тим самим забезпечує оптимальний хід екзотермічного обігріву прибутку.

Необхідно відмітити, що при застосуванні сумішей цього типу створюється небезпека вуглецювання не лише металу прибутку, але і підливної частини відливання.

Вказаний недолік вуглецьвмісних сумішей став серйозною перешкодою до їх широкого застосування для обігріву надливів відливань з тих сплавів, де вуглець може чинити негативний вплив на властивості металу — такими є більшість сталей. Тому сфера застосування таких сумішей відносно чорних сплавів обмежується чавунним литвом.

Хоча вуглець за своєю природою має високий питомий коефіцієнт згорання, він виділяє газоподібні продукти, які відводять теплоту замість того, щоб її накопичувати, т. е. теплотворення таких сумішей не високе в

порівнянні з сумішами, що містять в якості пального алюміній, кремній і інші матеріали. В якості вуглевмістких матеріалів рекомендують вводити мелене деревне вугілля, коксовий пил, кам'яновугільний пил, мазут. Виділення газоподібних продуктів при горінні цих вуглевмістких матеріалів - чадний газ (З), а також різні вуглеводні і мономери - значно погіршує санітарно - гігієнічні умови праці у виробничому приміщенні.

Аналізуючи вплив кількості алюмінієвого порошку на теплофізичні властивості екзотермічних сумішей можна сказати, що воно впливає головним чином на температуру горіння $t_{\max}$. Зі збільшенням його змісту температура горіння зростає, і це зрозуміло, оскільки зі збільшенням кількості пального в суміші підвищується кількість тепла, що виділяється при горінні в питомому об'ємі суміші.

Який-небудь істотний вплив кількості алюмінієвого порошку при зміні його в інтервалі 18...25 масових частин на температуру займання екзотермічної суміші за даними автора не відзначалося. Проте за іншими даними в ширшому інтервалі (5...40 масових частин) підвищення кількості алюмінієвого порошку викликає значне зниження температури займання суміші.

Аналіз патентних публікацій і дослідницьких робіт дозволяє зробити висновок, що певне значення має гранулометрія алюмінієвого порошку. У таблиці 3.3 приведені гранулометрична характеристика досліджених порошків, отримані експериментально властивості екзотермічних сумішей.

Таблиця 3.3 - Вплив гранулометрії алюмінієвого порошку на властивості суміші

Номер порошка	Залишок на ситах, %			Температура вспалахування t_0 , °C	Температура горіння $t_{\max}$, °C
	0,25	0,15	0,105		
№1	25	30	8	800...900	1380
№2	5	26	30	880...910	1400
№3	9	80	4	740...760	1420
№4	45	8	35	880...910	1500

Найкращі результати по досягненню максимальної величини температури горіння отримані із застосуванням порошку №4, що має найбільш розосереджений фракційний склад. Чим більше концентрований фракційний склад (тобто велика частина зерен порошку має приблизно однаковий розмір часток) має алюмінієвий порошок (№1), тим нижче температура горіння $t_{\max}$, хоча питома поверхня порошків відрізняється трохи. Очевидно, для нормального протікання процесу потрібна наявність в порошку певної кількості великих зерен, що грають роль вогнищ горіння

тривалішої дії. Дрібні частки горять активніше, але згорають швидше, не забезпечуючи підвищення максимальної температури горіння суміші до необхідного рівня. Саме з цих міркувань у ряді випадків для підвищення $t_{\max}$ в суміш разом з алюмінієвим порошком вводять алюмінієву крупку, алюмінієву або силуминову стружку, алюмінієвий відхід дробеметного очищення алюмінієвих виробів та ін.

Таким чином, часткова або повна заміна у складі екзотермічної суміші алюмінієвого порошку силуминової стружки, алюмінієвим відходом дробеметного очищення алюмінієвих виробів і іншими алюмінієвмісткими матеріалами переслідували мета зниження вартості екзотермічної композиції і створення оптимального режиму горіння.

Відносно впливу розміру часток алюмінію на температуру воспалахування то треба помітити, що зі зменшенням розміру часток алюмінію температура займання знижується внаслідок того, що дрібні частки горять активніше і спостерігається більше ранній початок протікання екзотермічної реакції. Проте вплив розміру часток алюмінієвого порошку в інтервалі 0,05...1 мм на температуру займання суміші дуже трохи.

Більшість пізніших літературних джерел екзотермічних сумішей рецептури, що містять, рекомендують призначати оптимальний зміст алюмінієвого порошку в інтервалі 18...25 масових частин. Проте, відомий ряд складів екзотермічних сумішей, в яких зміст алюмінієвого порошку складає 10... 15 масових частин. При цьому, по при зміні змісту алюмінієвого порошку менше 15 масових частин ефективність застосування екзотермічного прибутку знижується, оскільки екзотермічний процес йде з нижчим тепловиділенням. Підвищення змісту алюмінієвого порошку понад 30 масових частин значно підвищує вартість екзотермічної суміші і недоцільно в тому сенсі, що необхідних теплофізичних характеристик можна добитися, не перевищуючи змісту алюмінієвого порошку вище за це значення.

Найбільше поширення в якості основних окисників отримали залізняк, залізна окалина прокатного або ковальського виробництва і марганцева руда.

В якості окисників у більшості розглянутих екзотермічних сумішей застосовуються залізняк, залізна окалина і марганцева руда, а також хромові руда або хромит. Бажано, щоб що виходить в результаті реакції окислення пального оксид більше готувався, ніж початковий. По мірі міцності утворюваних оксидів, що характеризується ізобарним потенціалом AZ_0 , елементи розташовуються в наступному порядку: Ca, Zr, Al, Mg, B, Ti, Si, Mn, Nb, Cr, V, Fe. Оскільки оксиди марганцю заліза і хрому знаходяться у кінці вказаного ряду, стає зрозумілим, чому найбільш прийнятними окисниками є оксиди марганцю, хрому і заліза.

Збільшення змісту залізняку в екзотермічній суміші веде до одночасного збільшення температури горіння $t_{\max}$ і швидкості горіння $v_{\text{гор}}$, при цьому знижується температура займання t_0 . Підвищення кількості оксидів заліза веде до зниження температури займання, проте цей вплив не є значним. Підвищення кількості оксидів заліза в суміші інтенсифікує

процес, але не веде до істотного підвищення температури горіння без підвищення кількості алюмінієвого порошку в суміші.

Застосування в якості окисника окалини робить схожий із залізняком вплив на теплофізичні властивості суміші (таблиці 3.4, 3.5).

Таблиця 3.4 - Вплив прокатної окалини на властивості суміші

Зміст прокатної окалини, травні. ч.	Температура займання t_0 , °C	Температура горіння t_{max} , °C
0	940...960	1510
6	840...860	1550
10	770...790	1550

Таблиця 3.5 - Вплив ковальської окалини на властивості суміші

Зміст ковальської окалини, травні. ч.	Температура займання t_0 , °C	Температура горіння t_{max} , °C
0	940...960	1510
6	880...910	1550
10	830...910	1555

Незважаючи на розбіжності в поглядах по впливу на теплофізичні властивості екзотермічної суміші матеріалів на основі оксидів заліза, ці матеріали є найчастіше вживаними в якості окисників у зв'язку з їх дешевизною і недефіцитністю.

Мабуть, окалина і різний залізняк взаємозамінні. Результати досліджень також говорять про те, що природа оксидів заліза трохи впливає на теплофізичні властивості екзотермічної суміші. При цьому розмір часток окисника так само не чинить істотного впливу на теплофізичні властивості. Враховуючи, що окалина є досить поширеним матеріалом і, крім того, відходом виробництва, її використання буде найбільш доцільним з точки зору зниження вартості екзотермічної суміші, проте, при цьому слід враховувати, що залізна окалина не поставляється централізований.

У вітчизняних і зарубіжних рецептурах по складах екзотермічних сумішей зустрічаються рекомендації за призначенням оптимальної кількості оксидів заліза в інтервалі 20...50, а іноді і масових частин. Це рекомендації ґрунтуються на стехіометрично необхідній кількості оксиду заліза, необхідній для повного окислення алюмінію під час екзотермічної реакції

або відносно високим (більше 25 масових частин) вмістом горючого матеріалу. Проте, протікання реакції при такому стехіометричному

співвідношенні алюмінію і оксидів заліза носить швидкоплинний або вибуховий характер. Крім того, екзотермічні суміші, як правило, мають задовільну газопроникність і до процесу горіння залучається кисень, що міститься в навколишній атмосфері, а також кисень, що міститься в інших компонентах суміші, тому необхідність такого високого вмісту оксидів заліза викликає сумнів. Необхідно відмітити, що підвищений вміст оксидів заліза підвищує захолажуючий ефект до і знижує теплоізолюючу здатність екзотермічної суміші після реакції, що небажано у зв'язку з можливим зниженням ефективності роботи прибутку. Також зміст в екзотермічних сумішах оксидів заліза більше 20 масових частин збільшує пригніть суміші до металу прибутку.

Аналіз цих різних дослідницьких робіт і патентних публікацій дозволяє зробити висновок, що оптимальний зміст оксидів заліза визначається кількістю горючого матеріалу. Тому для вибраного вище інтервалу змісту алюмінієвого порошку (10...30 масових частин) за наявними даними, оптимальний зміст оксидів заліза слід шукати в інтервалі 6...20 масових частин.

Результати експериментів при зміні змісту піролюзиту (MnO) від 0 до 8 травня. ч. показують, що t_0 змінюється мало, t_{max} дещо знижується. В той же час відзначається, що горіння зразків з MnO_2 особливе в поверхневому шарі йде спокійніше; якість поверхні зразків краща, у ряді випадків запобігає розм'якшення суміші, що горить. У роботі також не відмічено значущого впливу на теплофізичні властивості екзотермічної суміші. Очевидно, застосування MnO доцільно тільки в якості стабілізатора горіння. Це підтверджується і даними досліджень.

По даним введення в суміш і подальше збільшення змісту селітри як калієвої (таблиця 3.6), так і натрієвої (таблиця 3.7) в усіх випадках знижує t_{max} , очевидно, у зв'язку з великим ендотермічним ефектом розкладання і розплавлення її при нагріві. Це ж підтверджують дані і інших дослідницьких робіт і публікацій.

Таблиця 3.6— Вплив калієвої селітри на властивості суміші

Зміст калієвої селітри (реактив), травні. ч.	Температура восплахування t_0 , °C	Температура горіння t_{max} , °C
0	680...700	1565
1	870...850	1555
3	830...850	1450
5	870...890	1420

Таблиця 3.7 — Вплив натрієвої селітри на властивості суміші

Зміст натрієвої селітри (реактив), травні. ч.	Температура займання t^0 , °C	Температура горіння $t_{\max}$, °C	Швидкість горіння $V_{\text{гор}}$, мм/хв
0	680...700	1565	18,6
1	740...760	1570	15,3
3	630...650	1440	-
5	530...550	1380	-

Зміст великої кількості селітри в екзотермічній суміші небажано із-за її високої гігроскопічності. Повне виключення селітри не позначається на погіршенні теплофізичних властивостей, але призводить до занадто активного горіння з сильним виділенням диму і піроефектом. Проте, незрозуміло, що в даному випадку мається на увазі під активністю горіння, оскільки відсутні які-небудь дані за швидкістю протікання процесу горіння.

У більшості літературних джерел по складах екзотермічних сумішей згадуються компоненти, які називають каталізаторами і які сприяють більше ранньому початку екзотермічної реакції. Як правило, вони є різними фтористими сполуками.

Застосування в якості каталізаторів таких речовин як кріоліт ($3\text{NaF} - \text{AlF}_3$) і фториди лужних металів (NaF , CaF_2) значною мірою чинить вплив на температуру займання суміші. Фториди можуть служити регуляторами температури займання - найяскравіше це виражено у NaF , при використанні якого температура горіння знаходиться в оптимальних межах при зміні 3...5 травні. ч.

Відмінність в поведінці кріоліту (таблиця 3.8) і NaF (таблиця 3.9) пояснюється тим, що при температурах 565...610 °C і 650...850 °C кріоліт зазнає фазові перетворення зі значним ендотермічним ефектом, тоді як NaF до початку плавлення (980...1070°C) не змінює своєї фазової структури.

Таблиця 3.8— Вплив кріоліту на властивості суміші

Зміст кріоліту, травні. ч.	Температура самозаймистості t_0 , °C	Температура горіння $t_{\max}$, °C
0	Суміш не запалюється	Суміш не запалюється
3	740...770	1550
5	930...950	1515
7	750...770	1460

Таблиця 3.9 - Вплив NaF на властивості суміші

Вміст NaF, мас. ч.	Температура займання t_0 , °C	Температура горіння $t_{\max}$, °C
0	Суміш не запалюється	Суміш не запалюється
3	830...850	1400
5	650...670	1510
7	530...550	1400

Збільшення змісту кріоліту в екзотермічній суміші також веде до зниження температури займання t^0 , але при цьому збільшується до певної межі температура горіння $t_{\max}$ і швидкість горіння $v_{\text{гор}}$. Тоді як приведені дані (таблиці 3.8 і 3.9) говорять про деяке зниження температури горіння зі збільшенням змісту фтористих з'єднань.

Таким чином присутність в екзотермічних сумішах фтористих з'єднань дозволяє регулювати температуру займання. При цьому збільшення їх змісту знижує температуру займання.

Вплив вогнетривких наповнювачів і єднальних на властивості екзотермічних сумішей неоднозначний.

Вогнетривкі наповнювачі впливають на такі властивості як теплопровідність, теплоємність, щільність і, відповідно, на теплоакумулюючу здатність і масу виробів з екзотермічних сумішей. Зниження теплоакумулюючої здатності екзотермічної суміші веде до збільшення тривалості твердіння металу в прибутку. Певний вплив на протікання процесу горіння чинить газопроникність суміші, а, отже, і гранулометрія наповнювача. Природа вогнетривкого наповнювача може чинити вплив на міцність виробів з екзотермічних сумішей. Це пояснюється тим, що адгезія одного і того ж єднального для різних наповнювачів різна. У більшості випадків в якості вогнетривкого наповнювача застосовуються кварцевий пісок і шамотний порошок. Відомі екзотермічні суміші, де роль вогнетривких матеріалів грають хроміт і діатоміт. Очевидно, хроміт грає в цьому випадку подвійну роль, тобто є одночасно окисником і наповнювачем. Застосування в екзотермічних сумішах таких теплоізолюючих матеріалів з низькою щільністю, як спучений перліт, вермикуліт і керамзит веде до підвищення теплоізолюючих властивостей екзотермічних сумішей. У більшості екзотермічних сумішей кількість наповнювача строго не нормується і може змінюватися в широких інтервалах залежно від змісту інших компонентів суміші.

У таблиці 3.10 приведені деякі властивості різних вогнетривких наповнювачів.

Керамзит як теплоізолюючий матеріал найчастіше застосовується у

будівництві, має низьку щільність і є широко поширеним. Незручністю при його використанні може являтися те, що нині найбільш поширеним є керамзит з розміром часток 10...30 мм, у зв'язку з цим потрібний додатковий помел до розміру часток 0...5 мм.

Таблиця 3.10 — Властивості деяких вогнетривких наповнювачів

Найменування матеріалу	Властивості		
	Об'ємна маса, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м·°С)	Температура плавлення, °С
Кварцевий пісок	2650	0,5...0,8	1713
Шамотний порошок	2300	0,4...0,7	1900
Керамзит	250...400	0,12...0,16	1250...1300
Перлітовий пісок спучений	75...200	0,04...0,05	1300

Особливої уваги вивченню впливу різних єднальних матеріалів на властивості екзотермічних сумішей не приділялося. Вибір єднального матеріалу і його кількості, передусім, визначає міцність екзотермічних сумішей.

Єднальні матеріали можуть також чинити вплив на процес горіння екзотермічних сумішей.

Органічні єднальні матеріали (декстрин, синтетичні смоли та ін.) під час горіння віддаляються, утворюючи додаткову кількість пір, і тим самим сприяє залученню кисню повітря до суміші, що створює сприятливі умови для окислення алюмінію. Також при горінні органічні єднальні можуть виділяти деяку додаткову кількість тепла, підвищуючи при цьому температуру горіння суміші.

За даними суміші що містять в якості єднального матеріалу рідке скло мають дещо знижені значення максимальної температури горіння. Це пояснюється тим, що під час спалювання зразка екзотермічної суміші з рідким склом воно розплавляється і обволікає частки відновника і окисника, у зв'язку з чим, відбувається уповільнення реакції окислення алюмінію. В той же час екзотермічні суміші з рідким склом мають високу міцність і термостійкість.

Попередній аналіз складів переважної більшості екзотермічних композицій і технології виготовлення виробів з екзотермічних сумішей, показав, що для надання певного рівня міцності виробам потрібно теплову сушку (150...200 °С). В той же час, нині в ливарному виробництві застосовуються технології виготовлення форм і стержнів, як правило, що не передбачають теплову сушку з використанням єднальних композицій

холодного затвердіння. Безперечні переваги єднальних композицій холодного затвердіння створюють можливості використання їх для розробки ХТЕС.

Враховуючи різноманіття таких єднальних матеріалів, при розробці складів ХТЕС необхідно вибирати найбільш екологічні, дешеві, недефіцитні єднальні, надаючи сумішам високі прочностні характеристики при відносно низькому їх вмісті в суміші і що не чинять негативного впливу на теплофізичні властивості.

Нині відомі і застосовуються для виготовлення форм і стержнів холоднотвердеючі рідкостекольні суміші з рідкими відтверджувачами складноефирного типу, а також холоднотвердіючі смольні суміші на основі малотоксичних лужних фенолформальдегідних смол вживаних при ALPHA - SET -процесу. Переваги технології виготовлення форм і стержнів з цих сумішей наступні:

- 1) високі прочностні характеристики;
- 2) можливість регулювання живучості сумішей в широкому інтервалі часу залежно від умов виготовлення форми або стержня;
- 3) досить швидке зміцнення виробів без застосування теплової сушки;
- 4) сприятливі санітарно-гігієнічні умови праці на стержневих (формувальних) і заливальних ділянках.

1.5 Розробки високоякісної технології надливів компанією “FOSECO”

Одним з лідерів на світовому ринку по виготовленню ряду матеріалів для оптимізації систем надливів є німецька компанія FOSECO. Вона має 75-літній досвід співпраці з ливарними заводами в сфері оптимізації систем надливів для зниження фінансових витрат і підвищення рентабельності виробництва.

Доступний дуже широкий діапазон розмірів і форм вставок, призначених для відкритих і закритих надливів, без підрізних кілець або з підрізними кільцями (рис. 1.9). Утеплювальний такими матеріалами надлив може "віддати" у виливку до 35 % свого об'єму металу (рис. 1.10), в той час як не утеплювальний надлив здатний віддати у виливку тільки біля 10 % свого об'єму металу.



Рисунок 1.9 – Типорозміри вставок KALMINEX і FEEDEX



Рисунок 1.10 – Ефективність використання

Використовуючи надливну систему марки FOSECO, можна зменшити ємкість надливу, необхідну для отримання якісного литва, а відповідно і кількість металу в надливці після кристалізації.

В результаті оптимізації системи надливів можна отримати ряд переваг, в тому числі:

- збільшення кількості виходу придатного металу;
- зниження витрат на електроенергію;
- підвищення щільності литва;
- зниження витрат піску і зв'язуючого;
- зниження витрат на очистку і механічну обробку.

Компанія FOSECO виготовляє наступну продукцію:

- ізоляційні вставки;
- ізоляційно-екзотермічні вставки;
- екзотермічні вставки.

Ізоляційні матеріали збільшують час твердіння, утворюють направлену кристалізацію і підвищують вихід придатного металу.

У ряді випадків застосовуються ізоляційно-екзотермічні або екзотермічні вставки. Екзотермічна реакція ініціюється у момент заповнення ємкості надливу рідким металом. Це сильно збільшує час твердіння металу в надливі, що дозволяє значно підвищити показник виходу придатного металу.

Таким чином, правильне використання систем надливів FOSECO дозволяє уникнути дефектів усадки, підвищити вихід придатного металу і зменшити непродуктивну масу залитого металу. Можливо також, значно скоротити витрати на очищення і ремонт виливок. [7]

4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Організація і планування роботи ливарного цеху

Проектований цех має спеціалізацію по виготовленню деталей і вузлів для гірничорудної промисловості і товарів народного споживання з вуглецевої сталі.

Цех умовно розділений на основні виробничі відділення і допоміжні служби і ділянки.

До основних відносяться:

- 1) плавильне відділення;
- 2) формувальне відділення;
- 3) стрижневе відділення;
- 4) сумішоприготовче відділення;
- 5) відділення фінішних операцій.

До допоміжних відносяться:

- 1) ділянка ремонту ковшів;
- 2) ремонтно-механічні і електроремонтні майстерні;
- 3) ділянка підготовки і виготовлення модельно-опочного оснащення.

Управління цеху характеризується лінійно-функціональною організаційною структурою. Вона припускає з'єднання двох принципів організації системи управління: вертикальну підлеглість і функціональну диференціацію органів, що передбачає функціональний розподіл управлінської праці в підрозділах, тобто коли ливарні ланки управління покликані ухвалювати рішення і контролювати їх виконання, а функціональні - консультувати, інформувати, організовувати, планувати.

Цехом керує начальник цеху і його заступники по устаткуванню і технології виробництва, а виробничими підрозділами – начальники ділянок.

У цеху розроблені посадові і виробничо-технічні інструкції, карти умов праці розроблені на всі робочі місця. Час приходу, відходу з робочого місця, час на відпочинок обумовлений в «Трудовому розпорядку дня».

Прийом на роботу, переміщення і звільнення проводиться згідно Кодексу законів про працю. Надання основних, додаткових, учбових і інших видів відпусток проводиться відповідно до Закону «Про відпустки» і Колективним договором.

Планування роботи цеху проводить ПРБ.

4.2 Розрахунок штату працівників

При розрахунку чисельності виробничих робітників встановлюється обліковий штат згідно встановленому технологічному устаткуванню, який для перервного графіка роботи визначається по формулі:

$$R_{cn} = R_c + R_o + R_y,$$

де R_c - добовий штат;

R_o - підмінний штат на відпустки;

R_y - підмінний штат на невиходи з поважних причин.

Основою розрахунку облікового штату є змінний штат, тобто кількість робочих в зміну, необхідне для забезпечення нормального процесу виробництва.

Розміщувальний штат виробничих робочих визначається нормативом чисельності відповідно до робочих місць.

Добовий штат з підмінним штатом складає штатну кількість робочих, яка для переривчастого графіка роботи при паралельному режимі визначається по формулі:

$$R = r \cdot z,$$

де r - змінний штат;

z - число змін.

Підмінний штат на відпустки і невиходу з поважних причин встановлюється у відсотках до штатної кількості робочих по тривалості відпустки - 24 дні (КЗпП України і Закону «Про відпустки») - 12%.

Результати розрахунку чисельності робітників приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок чисельності робітників

Ділянка і професії	Кількість робочих змін	Добовий штат	Підмінний штат	Розстановочний штат	Обліковий штат							Всього
					Тарифні розряди							
					1	2	3	4	5	6	7	
Основні робітники												
Плавильне відділення												
Сталевари	3	36	4	12				10	14	12	4	40
Розливники	3	12	2	4				4	6	2	2	14
Шихтовики	3	9	1	3				7	2	1		10
Формувально-заливальне відділення												
Оператор Л22813	3	12	2	4				3	9	2		14
Оператор Л651К	3	12	2	4				3	9	2		14
Стрижневе відділення												
Стрижневщик ЛП046	3	16	2	8			2	8	5	3		18
Стрижневщик ЛП031	3	36	4	12			5	13	16	6		40
Сушильщик	3	3	1	1				3	1			4
Сумішоприготовче відділення												
Землероб	3	15	2	5				9	5	3		17
Сушильщик піску	3	6	1	2				4	3			7
Відділення фінішних операцій												
Обрубувач	3	12	2	4			5	9				14
Оператор дробеметних камер	3	9	1	3				5	4	1		10
Різьбяр	3	6	1	2				4	3			7
Електрозварювач	3	18	3	6				11	8	2		21
Разом основних робітників							12	93	85	34	6	230

Продовження таблиці 4.1

Допоміжні робітники												
Машиніст крану	3	24	3	8			4	8	15			27
Машиніст крану	2	24	3	12			3	12	12			27
Наборщик стопорів	2	4		2				4				4
Вогнетривник	2	4		2					4			4
Стропальник	2	6	1	3					5	2		7
Крючкодел-каркасник	3	6	1	2			1	4	2	1		7
Контролер ОТК	3	6	1	2				2	4	1		7
Прибиральник у ливарному цеху	1	5	1	5	2	4						6
Слюсар модельщик	2	2		1					2			2
Комплектовщик моделей	2	4		2				4				4
Електромонтер	3	12	4	4				5	8	3		16
Слюсар ремонтник	3	9	1	3				5	3	2		10
Електрогазозварник	2	4	1	2				2	2	1		5
Токар	2	4		2				2	2			4
Разом допоміжних робітників					2	4	8	48	59	10		130
Разом					2	4	20	141	144	44	6	360

4.3 Розрахунок штатів керівників, спеціалістів, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу

Чисельність керівників, спеціалістів, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу визначається відповідно до розробленої організованої структури управління і її нормативів.

Середні норми чисельності керівників, спеціалістів, службовців, МОП за даними проектних організацій від числа робочих складає:

- ✓ керівники, спеціалісти - $8 \div 10$ %,
- ✓ службовці - $3 \div 5$ %
- ✓ МОП - $1 \div 2$ % .

Штатний розклад керівників, спеціалістів, службовців і МОП приведений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Штатний розклад керівників, спеціалістів, службовців і МОП

Посада	Кількість штатних одиниць	Оклад, грн	Сума, грн
Начальник цеху	1	5000	5000
Заступник начальника цеху	2	4200	8400
Старший майстер	1	2800	2800
Майстер	10	2300	23000
Механік	1	2300	2300
Енергетик	1	2500	2500
Майстер по ремонту	1	2500	2500
Старший лаборант	1	1200	1200
Технолог	2	1600	3200
Виробничо-розрахунковий відділ	3	1500	4500
Економіст	1	1500	1500
Разом керівників, фахівців	24		56900
Старший бухгалтер	1	1500	1500
Бухгалтер	1	1300	1300
Табельник	1	1170	1170
Комірник	3	1170	3510
Інженер по ВІД і ПБ	1	1200	1200
Разом службовців	7		8980
Прибиральник службових приміщень	4	1170	4680
Робочий по впорядкуванню	1	1170	1170
Разом МОП	5		5850
Всього	36		71730

Загальна чисельність тих, що працюють в цеху складас:

$$R = 360 + 36 = 396(\text{чол})$$

4.4 Розрахунок річного фонду оплати праці

У проектованому цеху прийняті 2 системи оплати праці:

- ✓ відрядно-преміальна;
- ✓ почасово-преміальна.

Розрахунок оплати праці основних і допоміжних робочих проводиться на підставі годинних тарифних ставок, які приведені в табл. 4.3.

Середня годинна тарифна ставка для основних і допоміжних робітників визначається як середньозважена величина чисельності робітників певної кваліфікації і відповідних тарифних ставок

$$t_{no} = \frac{\sum t_{ri} \cdot R_{ci}}{R_c}$$

де t_{ri} - годинна тарифна ставка робітничого і-го розряду, грн/година;

R_{ci} - обліковий штат робітників;

R_c - загальний обліковий штат робітників.

Таблиця 4.3 - Тарифні ставки

Категорія робітників	Розряди	Кількість людей	Тарифна ставка, грн/год
Основні	1	-	9,75
	2	-	10,5
	3	12	11
	4	93	11,7
	5	85	12
	6	34	13
	7	6	13,5
Допоміжні	1	2	8
	2	4	8,7
	3	8	9,5
	4	48	10,2
	5	59	11
	6	10	11,7
	7	-	-

Для основних робітників:

$$t_{no} = \frac{(12 \cdot 11 + 93 \cdot 11,7 + 85 \cdot 12 + 34 \cdot 13 + 6 \cdot 13,5)}{230} = 12,01348 \approx 12 \text{ грн}$$

Для допоміжних робітників:

$$t_{no} = \frac{(2 \cdot 8 + 4 \cdot 8,7 + 8 \cdot 9,5 + 48 \cdot 10,2 + 59 \cdot 11 + 10 \cdot 11,7)}{130} = 10,63385 \approx 11 \text{ грн}$$

4.4.1 Заробітна плата основних робітників

Основна заробітна плата за тарифом:

$$Z_m = t_q \cdot B \cdot K_m \cdot Ч,$$

де t_q - годинна тарифна ставка, грн;

B - річний дійсний фонд часу, ч;

K_m - коефіцієнт виходу придатної продукції;

$Ч$ – чисельність працюючих людей.

$$Z_m = 12 \cdot 4140 \cdot 230 \cdot 0,75 = 8569800 \text{ грн}$$

Прироби́ток відрядника Z_{nc} :

$$Z_{nc} = \frac{Z_m \cdot (A_n - 100)}{100}$$

де A_n - планований рівень виконання норм (%), приймаємо A_n - 104%.

$$Z_{nc} = \frac{8569800 \cdot (104 - 100)}{100} = 342792 \text{ грн}$$

Премія з фонду оплати праці - Z_{np} :

$$Z_{np} = \frac{(Z_m + Z_{nc}) \cdot П}{100}$$

де $П$ - розмір премії за виконання плану, 20 %.

$$Z_{np} = \frac{(8569800 + 342792) \cdot 20}{100} = 1782518 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата - $Z_{осн}$:

$$Z_{осн} = Z_m + Z_{nc} + Z_{np}$$

$$Z_{осн} = 8569800 + 342792 + 1782518 = 10695110 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата за даними цеху-аналога складає 12% від основної:

$$З_{доп} = \frac{З_{осн} \cdot 12}{100},$$

$$З_{доп} = \frac{10695110 \cdot 12}{100} = 1283413 \text{ грн}$$

Загальний річний фонд оплати праці:

$$\Phi ОП = З_{осн} + З_{доп}$$

$$\Phi ОП_1 = 10695110 + 1283413 = 11978523 \text{ грн}$$

4.4.2 Заробітна плата допоміжних робітників

За тарифом:

$$З_m = 11 \cdot 4140 \cdot 130 \cdot 0,75 = 4440150 \text{ грн}$$

Приробіток відрядника:

$$З_{nc} = 4440150 \cdot 0,04 = 177606 \text{ грн}$$

Премія з фонду оплати праці:

$$З_{np} = (4440150 + 177606) \cdot 0,2 = 923551 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата:

$$З_o = 4440150 + 177606 + 923551 = 5541307 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата:

$$З_{доп} = 5541307 \cdot 0,12 = 664957 \text{ грн}$$

Загальний річний фонд оплати праці:

$$\Phi ОП_2 = 5541307 + 664957 = 6206264 \text{ грн}$$

4.4.3 Загальна заробітна плата працівників

Розрахунок проводимо на підставі встановлених штатів і окладів за штатним розкладом.

Річна заробітна плата керівників і спеціалістів:

$$56900 \cdot 12 = 682800 \text{ грн}$$

Річна заробітна плата службовців:

$$8980 \cdot 12 = 107760 \text{ грн}$$

Річна заробітна плата МОП:

$$5850 \cdot 12 = 70200 \text{ грн}$$

Весь фонд оплати праці ливарного цеху приведений в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Фонд оплати праці проектового цеху, грн.

Персонал	Обліковий штат	Основна заробітна плата	Додаткова заробітна плата	Премія з фонду оплати праці	Загальний фонд оплати праці	Середньомісячна заробітна плата одного працівника
Основні робочі	230	10695110	1283413	1782518	11978523	4340
Допоміжні робочі	130	5541307	664957	923551	6206264	3978
Керівники, спеціалісти	24	682800			682800	2371
Службовці	7	107760			107760	1282
МОП	5	70200			70200	1170
Разом	396	17097177	1948370	2706069	19045547	13141

Загальний фонд оплати праці всіх працівників цеху склав 19045547 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валісовський І. Ст, Медведєв Я. І. Технологічеськіє випробування формувальних матеріалів. - М.: Машинобудування, 1973. - С. 6, 258.
2. А. с. 530224, СРСР, МКИ G 01 N 3/18. Прилад для визначення податливості стержневих і формувальних сумішей / Селіхов Р. Ф., Копьев Э. М., Сидоренко С. М., Сидоров Ст А. Відкриття. Изобрет. - 1976. - № 36.
3. А. с. 1404883, СРСР, А 1 G 01 N 3/18. Спосіб визначення податливості сумішей / Селіхов Р. Ф., Блурцян Р. Ш., Залазінський М. Р. // Відкриття. Изобрет. - 1988. - № 23.
4. Бабічев М. А. Методи визначення внутрішньої залишкової напруги. - М., АН СРСР.- 1955.
5. А. с. 1605171, СРСР, А 1. Спосіб оцінки податливості стержневих і формувальних сумішей / Селіхов Р. Ф., Блурцян Р. Ш., Залазінський М. Р. // Відкриття. Изобрет. - 1990. - № 41.
6. Селіхов Р. Ф., Блурцян Р. Ш., Залазінський М. Г. Технологічеськіє випробування формувальних матеріалів на податливість //Литейное виробництво – 1990. - № 9.
7. Могильов В.К. Навчально-методичний посібник з курсового і дипломного проектування для студентів спеціальності 1106 - ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів. - Кривий Ріг: КМФ НМетАУ, 1996 р. - 76с.
8. Матвієнко И.В, Тарській Л.В. Устаткування ливарних цехів. - М.: Машинобудування, 1976 р. - 400с
9. Могильов В.К. Лев О.І. Довідник ливарника - М.: Машинобудування, 1988р. - 272с.
10. Проектування машинобудівних заводів і цехів. Довідник в 6 томах. Під загальною редакцією Е.С. Ямпольського т2 Ред. В.М. Шестопап - М.: Машинобудування, 1974р. - 294с.

11. Воздвіженський В.М. Ливарні сплави і технологія їх плавки – М.: Машинобудування, 1984р. – 432с.
12. Основи проектування ливарних цехів і заводів Під ред. Б.В.Кнорре - М.: Машинобудування, 1979р. - 320с.
13. Гіршович Н.Г. Довідник по чавунному литтю. Ленінград Машинобудівництво, 1978р. – 758с.
14. Маслов А.Ф. Економіка, організація і планування ливарного виробництва. - М.:Машинобудівництво,1975р. - 260с.
15. Методичні вказівки по розробці організаційної і економічної частин дипломного проекту для студентів спеціальності 0404 - ливарне виробництво чорних і кольорових металів. Дніпропетровськ: ДМетІ, 1984р. - 26с.
16. Віноградов Б.В. Безпека праці і виробнича санітарія в машинобудуванні - М.: Машбуд,1963р. - 218с.
17. Техніка безпеки і виробнича санітарія в чорній металургії. Довідник - М.: Металургія, 1980р. - 420с.