

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

**Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 12000 тон на рік з
поточними лініями виливків до 50 та 50-150 кг.**

Виконав:

Студент групи МТ-20-1

_____Максим КОСТИРЯ

Керівник кваліфікаційної роботи

_____Ігор СКІДІН

Нормоконтролер

_____Ігор СКІДІН

Завідувач кафедри

_____Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2024 р.

Зміст

Вступ

1 Основна частина

1.1 Техніко-економічне обґрунтування

1.2 Характеристика проектного цеху

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

1.4 Фонди часу роботи устаткування і робочих

1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми цеху

1.6 Плавильне відділення

1.6.1 Програма відділення (баланс металу і шихти)

1.6.2 Характеристика сплавів

1.6.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів

1.6.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

1.6.5 Розрахунок шихти і потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

1.6.6 Технологія плавки і видачі металу

1.6.7 Ковшова ділянка

1.7 Формувально-заливальне відділення

1.7.1 Програма відділення

1.7.2 Організація технологічних потоків

1.7.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

1.8 Стрижньове відділення

1.8.1 Програма стрижньового відділення

1.8.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

1.9 Сумішоприготувальне відділення

1.9.1 Програма сумішоприготувального відділення

1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

1.10 Відділення фінішних операцій

1.10.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

1.10.2 Розрахунок кількості устаткування

1.11 Розрахунок площі цеху

1.12 Організація і планування роботи ливарного цеху

1.13 Розрахунок штату робітників, що працюють в цеху

1.14 Розрахунок штатів керівників, фахівців і службовців

2 Технологічна частина

2.1 Аналіз замовлення

2.2 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення відливання

- 2.3 Визначення положення відливання у формі при заливці
- 2.4 Визначення ділянок поверхні відливання, що виконуються стрижнями
- 2.5 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту
- 2.6 Конструкції і розміри модельних комплектів
- 2.7 Забарвлення і маркування модельного комплекту
- 2.8 Визначення розмірів і конструкції опок
- 2.9 Проектування і розрахунок ливникової системи
- 2.10 Вибір способу заливки форм
- 2.11 Визначення температури розплаву при заливці у форму
- 2.12 Час охолодження відливань у формі
- 2.13 Визначення маси вантажу
- 3 Аналіз використання комплексних модифікаторів з метою підвищення властивостей чавуну
 - 3.1 Основи модифікування
 - Висновки
 - Список використаних джерел
 - Додатки

Вступ

Машинобудівна промисловість і інші галузі народного господарства, на даному етапі розвитку, потребують високоякісної продукції. У минуле відішли часи, коли основним показником ливарного виробництва була кількість відливань, їх тоннаж. Зараз на перший план виступає якість. Наближення відливання до обробленої деталі, зниження її маси, скорочення браку, зниження припусків під обробку, підвищення коефіцієнта використання металу - все це, кінець кінцем, єдине поняття, що характеризує сучасний напрям і мету розвитку ливарного виробництва.

Литі вироби мають найрізноманітніший спектр застосування, починаючи від побутового і закінчуючи промисловим використанням. Останніми роками багато штампованих і виконані механічним способом деталі замінені на литі. Це говорить про те, що якість литва постійно поліпшується. Для максимального задоволення потреби гірничорудних підприємств в запасних частинах в Україні побудований і працює ряд машинобудівних підприємств.

Проектований цех розрахований на виробництво 12 000 тонн придатного лиття за рік, з СЧ-15 і СЧ-20, для ремонту гірничодобувної і рудозбагачувальної техніки. Поліпшення якості литих змінних деталей вказаного устаткування приведе до підвищення їх експлуатаційної надійності, і міжремонтного циклу, що у результаті дає значний економічний ефект.

У числі заходів по вдосконаленню планування ливарних цехів особливе місце займає застосування високопродуктивного, автоматизованого і механізованого устаткування, також передбачені заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища.

1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічне обґрунтування

Після проведеного аналізу діючих ливарних цехів Криворізького регіону, можна зробити висновок, що вони укомплектовані застарілим устаткуванням із застосуванням ручної праці і мало упроваджують нові технології.

Проектований чавуноливарний цех передбачається розташувати поряд ФЧЛЦ ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» де є вільні потужності; всі необхідні комунікації і транспортні магістралі, що сприяє вільному транспортуванню матеріалів.

Місце розташування даного цеху забезпечує дотримання санітарних норм по граничній концентрації шкідливих викидів в атмосферу і дотримання норм по охороні праці. Тут найбільш доцільне розсередження трудящих і доставку їх до місця роботи. Проектований цех розташований по відношенню до житлового

масиву з підвітряної сторони до вітрів переважаючого напрямку (по середній розі вітрів - це північно-західний напрямок). Між цехом і житловим масивом створена санітарно-захисна зона, ширина якої складає 1000 м згідно санітарним нормам підприємства ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (СН 245 - 71). Головні в'їзди і виїзди на територію цеху передбачені з боку підходів і під'їздів трудящих. Пропускні пункти розміщуються на відстані 1000 м один від одного, а відстань від них до цеху - 600 м. Уздовж цеху передбачені автомобільні дороги і тротуари. Всі дороги в літній час поливають водою, а в зимове - очищають від снігу і льоду. Санітарно-захисна зона навколо цеху і його територія озеленюється листяними деревами.

Майданчик чавуноливарного цеху задовольняє санітарним вимогам відносно прямого сонячного опромінювання, природного провітрювання, має відносно рівну поверхню і ухил, що забезпечує відхід поверхневих і стічних вод.

Даний проект передбачає установку автоматичної формувальної лінії «Споматик», ваграночний комплекс. Впровадження автоматичних ліній дозволить значно підвищити якість литва, поліпшити товарний вид продукції, одержати геометрично-точні відливання і успішно конкурувати на міжнародних ринках.

Технічний і технологічний рівень проектованого чавуноливарного цеху дозволить в перспективі одержувати високоякісні виливки.

1.2 Характеристика проектного цеху

Проектний ливарний цех потужністю 12 тис. тон виливок за рік з одиничною масою до 100 кг із технологією отримання синтетичного чавуну. По серійності цех відноситься до масового виробництва середнього литва. Виробництво виливок здійснюється в разові об'ємні піщані форми. При цьому використовуються дешеві формувальні матеріали і застосовується високопродуктивне устаткування.

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

У проектному чавуноливарному цеху передбачаємо паралельний двозмінний режим роботи з виділенням операцій з шкідливими виділеннями в окремі приміщення. Цей режим є ефективнішим і передбачає поєднання за часом і місцем (відділення і ділянки) виконання окремих технологічних операцій виробництва литва. Не вимагаючи особливо інтенсивнішого використання праці і додаткових витрат часу.

1.4 Фонди часу роботи устаткування і робочих

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

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ г.}$$

$$\Phi_n = 365 \cdot 16 = 5840 \text{ г.}$$

де Φ_n - це час в годинах, в перебігу якого може виконуватися робота по прийнятому режиму без урахування неминучих витрат, тобто за вирахуванням з календарного фонду вихідних і святкових днів. (У розрахунках можна прийняти 250).

Φ_d - визначається як різниця між номінальним фондом і неминучими втратами часу. Φ_d розраховують, виходячи з нормованих або планових витрат, можна приймати за довідковими даними .

Для робочих з тривалістю відпустки 24, 36 або 42 дня з урахуванням 8-ми святкових днів і планових витрат часу з поважних причин (учбові відпустки, хвороби та ін.).

Φ_d відповідно складає 1860, 1840 і 1820 г/рік, а при бти годинному робочому дні - 1610 г/рік.

Таблиця 1.1 - Дійсний річний фонд часу роботи устаткування (робочий тиждень 41г, 8 святкових днів в році)

Обладнання	При двозмінному режимі	
	Втрати від номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу, г
Автоматизовані формувальні і стрижньові лінії	12	3645
Автоматизовані абразивні лінії для очищення литва	10	3725
Закриті вагранки з підігрівом дуття і очищенням газів	6	3890
Індукційні печі для плавки або підігріву і роздачі чавуну	-	3975
Печі термічні	6	3890

Печі сушильні: конвеєрні камерні	5	3935
	4	3975
Металоріжуче і деревообробне устаткування	3	4015
Зварювальне устаткування	5	3935

1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми цеху

Проектний чавуноливарний цех спеціалізується на виробництві середніх виливок, які відносяться до чотирьох вагових груп: до 10 кг, 11 -20 кг, 21 – 50кг, 51 - 100 кг. Завдяки використанню в цеху прогресивних технологій і нових матеріалів, механізації і автоматизації виробничих процесів, організації поточного і профілактичного ремонту модельно - опочного оснащення, вдосконаленню організації праці, поліпшенню роботи відділу технічного контролю за рахунок оснащення його сучасними приладами і апаратурою та ін., витрати від браку складають 1,6 - 1,8 % по кожній групі виливок по масі. У таблиці 1.2 представлена подетальна програма виробництва виливок в цеху.

1.6 Плавильне відділення

1.6.1 Програма відділення (баланс металу і шихти)

Розробка програми плавильного відділення зводиться до складання відомості балансу металу і шихти по цеху в цілому і окремо по всіх видах сплавів, передбачених до виплавки в даному цеху.

При складанні відомості балансу металу необхідно приймати наступні початкові дані:

1. Загальна кількість відливань в тоннах - це річна програма виробництва.

2. Вихід придатного литва, чад і безповоротні втрати у відсотках визначають за нормативними даними [5].

3. Потребу в кожному типі або марці сплаву визначають із загальної програми цеху.

4. При складанні відомості балансу металу і шихти виходять з того, що металозавалка складає 100%.

Решта даних визначається в такій послідовності:

Розраховують кількість металу в тоннах, що доводиться на 1% металозавалки К:

$$K = D / \Gamma,$$

де К - задане річне виробництво придатних виливок, т;

Г - вихід придатного литва %

Кількість рідкого металу - Ж у відсотках складе:

$$Ж = Г + Л + Б \text{ або } Ж = 100 - У ,$$

де У - угар металу, що становить 5%.

Відсоток браку не можна брати з програми цеху, оскільки там він складає частку від придатного литва. Частка браку від металозавалки складе:

$$Б = Т / К ,$$

де Т - втрати від браку з програми цеху в тоннах;

К - кількість металу в тоннах, що доводиться на 1% металозавалки.

Масу металу по інших статтях балансу розраховують по її частці в металозавалці:

Маса рідкого метала (розплаву):

$$Р = К \cdot Ж$$

Таблиця 1.2 - Програма виробництва виливок

Група виливок по масі, кг	Найменування виливок	Середня маса виливок, кг	Заданий прогрес виробництва виливок без браку			Втрати від браку, %	Річне виробництво виливок з браком	
			%	Тн	Шт		Тн	Шт
до 10	Рама	5,9	8	960	162712	1,8	977	165641
	Корпус	8,8	25	3000	340909	1,8	3054	347045
11-20	Кришка передня	13	12	1440	120000	1,8	1466	122160
	Фланець	18	15	1800	120000	1,8	1832	122160
Разом по I потоку			60	7200	748121		7329	757006
21-50	Проставок	24	8	960	40000	1,6	975	40640
	Кришка	45	10	1200	26667	1,6	1219	27094
51-150	Колесо	58	12	1440	24828	1,6	1463	25225
	Форсунка	87	10	1200	13793	1,6	1219	14014
Разом по II потоку			40	4800	105288		4876	106973
Всього по цеху			100	12000	853409		12205	863979

Маса угару і безповоротних втрат:

$$П = К \cdot У$$

Частка повернення у відсотках - Л визначаються як різниця між повною металозавалкою і іншими статтями балансу:

$$Л = 100 - (Г + Б + У)$$

Маса повернення в тоннах розраховується:

$$В = К \cdot Л$$

Розрахунки зведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Відомість балансу металу шихти

Статті балансу	Всього		Зокрема по маркам сплавів			
	Тн/рік	%	СЧ 20		СЧ 15	
			Тн/рік	%	Тн/рік	%
1. Річне литво	12000	75	4800	75	7200	75
2. Літникові прибутки, сплави та ін.повернення	2995	18,72	1151	18	1844	19,21
3. Брак лиття	205	1,28	129	2	76	0,79
4.Всього рідкого метала	15200	95	6080	95	9120	95
5.Чад і без поворотні втрати	800	5	320	5	480	5
6. Металозавалка	16000	100	6400	100	9600	100

1.6.2 Характеристика сплавів

Виливки в проектованому цеху проводять з сірого чавуну марок СЧ15 і СЧ20.

Основна особливість СЧ визначення його властивостей наявністю пластинчастого графіту. Сірий чавун поєднує в собі хороші антифрикційні властивості: висока зносостійкість і мала чутливість концентрації напруг. Структура сірого чавуну залежить від кількості і характеру графіту, а також від

структури матриці. Сірий чавун володіє хорошою рідкоплинністю, малою схильністю до утворення усадкових дефектів.

Характеристика сплавів приведена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні вимоги до сплавів

Марка сплаву	ГОСТ Або ТУ	Масова доля елементів, %					Механічні властивості	
		C	Si	Mn	P	S	σ_B	Hв
							МПа	
СЧ 15	1412-85	3,5 - 3,7	2,0 - 2,4	0,5 - 0,8	0,2	0,15	150	1630-2290
СЧ 20	1412-85	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

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 відливаних в цеху визначаємо тип плавильного агрегату.

Оптимальним для проектного чавуноливарного цеху є:

- для виплавки чавуну для дрібного лиття - індукційна піч, яка має величезну перевагу за використовуваними шихтовими матеріалами, тобто можна використовувати в шихті підвищений відсоток вторинної сировини, характеризується високим електричним к.к.д. перегріву.

Основні переваги індукційних плавильних печей перед дуговими електропечами наступні:

- 1) угар легуючих елементів, присутніх в шихті і феросплавах, незначний;
- 2) хороше перемішування рідкого металу сприяє вирівнюванню температури за всім обсягом ванни і забезпечує велику однорідність хімічного складу сталі;
- 3) немає науглерожування металу від електродів. Це дозволяє переплавляти високолеговані відходи без добавок низько вуглецевої заготовки;
- 4) висока в'язкість шлаків, їх мала рідкорухомість сприяють захисту металу від проникнення газів (водню і азоту) з атмосфери;
- 5) компактність самої печі дозволяє поміщати її в закриті ємності, де можливо створювати не тільки необхідну атмосферу, але і вакуум, тобто можна вести плавку і розливання металу під вакуумом.

Недоліків у індукційних печей небагато:

- 1) трудність проведення процесів десульфурації і дефосфорації із-за високої в'язкості шлаку і його низької температури;

2) відносно невисока стійкість футеровки.

Таким чином, тигельні індукційні печі промислової частоти є якнайкращими агрегатами для виплавки чавуну, виробництво якого має народногосподарське значення. Плавка чавуну в індукційних печах знаходить все більше застосування, для цього є як економічні, так і технологічні передумови.

Окрім економічних переваг перехід на електроплавлення дає значні технологічні переваги. Індукційні електропечі забезпечують стабільне отримання заданого хімічного складу і температури чавуну, що дуже важливо при автоматизації і механізації технологічних процесів в ливарних цехах.

- для виплавки чавуну для середнього лиття використовуємо дуплекс-процес, який реалізується комплексом вагранка – індукційний міксер. Вагранка служить первинним агрегатом, тому що має високий коефіцієнт корисної дії при плавленні шихти, а індукційний міксер, виступає як вторинний агрегат – має високий коефіцієнт корисної дії при перегріві рідкого металу.

При цьому можливе регулювання складу, температури і рідкого стану чавуну в широкому діапазоні з мінімальними витратами енергії і засобів, вживання дешевих шихтових матеріалів, стабілізації структури і властивостей, зменшення браку виливків.

Таким чином приймаємо до установки вагранковий комплекс моделі 95111.

1.6.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Методика розрахунку визначається режимом роботи агрегату (безперервної або періодичної дії).

Для виплавки чавуну для дрібного лиття в проектованому цеху використовується індукційна піч. Для виплавки середнього лиття – ваграночний комплекс.

Число плавильних індукційних печей визначається по формулі:

$$П = \frac{M \times K_n \times Ц}{E \times \Phi_d},$$

де П - число печей, для забезпечення металом даної ділянки, шт

М - річна кількість шихти на ділянку, т

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання розплаву, $K_n = 1,1 - 1,3$

Ц - тривалість циклу однієї плавки, включаючи час на завантаження печі і на випуск рідкого металу, г

Φ_d - дійсний річний фонд роботи печі, г

Е - місткість печі (садіння), т.

$$\ddot{i} = \frac{9600 \times 1,1 \times 0,5}{1,5 \times 3890} = 0,82$$

Коефіцієнт завантаження печей рівний:

$$\hat{E}_c = \frac{\ddot{i}}{\ddot{I}_1} = \frac{0,82}{1} = 0,82,$$

де Π_1 - прийнята кількість печей, шт;

Π - розрахункова кількість печей.

Приймаємо до установки в цеху 1 індукційну тигельну піч промислової частоти ІЧТ - 1,5 з коефіцієнтом завантаження 0,82.

Число безперервно працюючих вагранок (блоків вагранок) визначають по формулі:

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

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

K_n – коефіцієнт нерівномірності вжитку розплаву, $K_n = 1,1.1,3$;

P – річна потреба розплаву даного складу або для даного технологічного потоку, т;

Φ_d – дійсний річний фонд роботи вагранки, г;

n – годинна продуктивність вагранки;

$$\hat{A} = \frac{1,2 \cdot 6400}{3890 \cdot 2} = 0,82$$

Приймаємо до установки в цеху 1 вагранковий комплекс 95111 з коефіцієнтом завантаження 0,82.

Для компенсації максимальної потреби в рідкому металі при безупинній роботі формувальних ліній в продовж 2-10 годин, достатня місткість міксера, дорівнює 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 і потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

Шихтові матеріали для плавки чорних сплавів складаються з первинних матеріалів, проміжних сплавів і напівпродуктів; лому і відходів; повернення власного виробництва.

Потребу в шихтових матеріалах для виплавки чавуну у індукційних печах визначаємо по середніх нормах витрати на 1 тону металозавалки [3]. Дані зводимо в таблицю 1.5

Таблиця 1.5 - Витрата шихтових матеріалів

Найменування компонентів шихти	Норма, кг/т	СЧ 20
Металева шихта:		
Лом чавунний	200	1216
Лом сталевий	120	730
Стружка брикетована	433	2633
Повернення власного виробництва	200	1216
Феросиліцій	35	213
Феромарганець	7	43
Добавки:		
Електроодний бій	16	97
Феросиліцій 75% - й	5	30
Рідке скло	1	6
Вогнетривкі матеріали:		
Кварц молотий	35	213
Борна кислота	1,2	7
Цегла шамотна	25	152
Глина вогнетривка	16	97
Азбестовий лист	0,8	5
Паливо:		
Електроенергія на плавку, доводку і підігрів металу	630 кВт	
Природний газ, м ³ /т		
Підігрів металеві шихти	40	243
Стенди для сушки та підігріву ковшів	8	49

При розрахунку шихти для плавки чавуну у вагранці угар елементів приймають наступний:

Si - 10 - 30%, Mn - 15 - 20%, Cr - 16 - 20%, S - пригар 40 - 50%.

Витрату коксу на плавку чавуну встановлюємо в межах 10-15% від маси металеві 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 застосовуємо вапняк в кількості від 4% до 5% маси металеві шихти і плавиківий шпат для пониження температури плавлення і отримання рідкорухомого шлаку не більше 15% від маси вапняку.

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

Вагранки футеруються шамотною цеглою.

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

Норми витрати шихтових і вогнетривких матеріалів прийняті по цеху - аналогу і представлені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Норми витрати шихтових і вогнетривких матеріалів для СЧ-15

Найменування матеріалів ГОСТ или ТУ	Кількість матеріалів	
	%	т
Шихтові матеріали		
Повернення власного виробництва	20	1920
Чавун ливарний чушковий Л1 гр III, ГОСТ 4832-95	12,3	1181
Чавун ливарний чушковий Л3 гр III, ГОСТ 4832-95	13,8	1325
Чавун ливарний чушковий Л6 гр III, ГОСТ 4832-95	11,7	1123
Чавун передільний ПЛ1(ПЛ2) гр III, ГОСТ 4832-95	11,7	1123
Лом чавунний 16А	18,4	1766
Лом сталевий 1А	6	576
Брикети з чавунної стружки 20А	5	480
Ферросиліцій ФС-18, ГОСТ 1415-93	0,7	67
Ферромарганець, ГОСТ 4755-81	0,4	39
Разом металозавалки	100	9600
Угар і неповоротні втрати	5	480
Рідкий метал	95	9120
Флюси і вогнетривкі матеріали (кг/т рідкого металу)		
Флюси, вапняк	31	2827
Плавиківий шпат	4	365

Продовження табл. 1.6.

Найменування матеріалів ГОСТ или ТУ	Кількість матеріалів	
	%	т
Цегла шамотна	25	2280
Глина вогнетривка	7	638
Пісок кварцовий	5	456
Порошок шамотний	5	456
Разом флюсів і вогнетривів	77	7022
Паливо		
Кокс для плавки чавуну	12%	1152
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	240000м ³
Стенди для сушки і підігріву ковшів	8 м ³ /т	76800 м ³

1.6.6 Технологія плавки і видачі металу

Технологія плавки чавуну у індукційній печі.

Головною частиною печі є індуктор 1, виконаний у вигляді багатовиткової спіралі, виготовленої з мідної водоохолоджуваної трубки (рис. 1.1). Набивний тигель 2 з вогнетривкого порошку закріплений в каркасі 3 і встановлений на плиті 6 з вогнетривкого бетону. Випуск сталі проводиться через зливний носок 4 при повороті печі разом з каркасом щодо осі 5.

Принцип роботи індукційних печей заснований на поглинанні електромагнітної енергії матеріалом шихти, яка завантажена в тигель, поміщений в змінне електричне вихрове поле. Під дією цього поля, згідно закону Ома, виникають струми провідності (вихрові струми). Нагрів і розплавлення відбуваються в результаті необоротного переходу енергії індукованого змінного електричного поля в теплову. Електрична енергія індуктора передається до шихти безконтактно, а тепло виділяється безпосередньо в шихті, що істотно підвищує ефективність роботи цих печей в порівнянні з печами із зовнішніми джерелами нагріву.

Виплавку чавуну в індукційній печі ведуть найчастіше методом переплавки. Склад шихти при цьому забезпечує після розплавлення зміст всіх елементів, близький до заданого в готовому металі. У цих печах виплавляють всі марки чавуну, зокрема леговані і високолеговані з практично повним збереженням дефіцитних дорогих легуючих елементів (нікель, молібден, вольфрам і ін.).

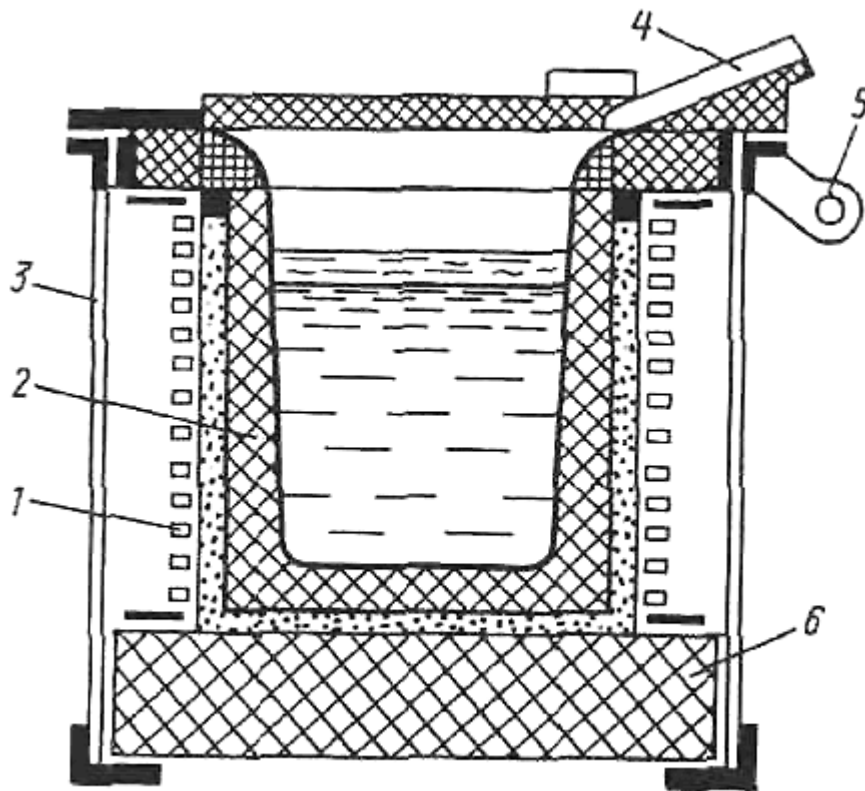


Рисунок 1.1 - Схема індукційної тигельної печі

Технологічний процес плавки в індукційній печі включає наступні операції: завантаження шихти, нагрів і розплавлення її, перегрів, науглерожування і доведення хімічного складу чавуну до заданого, а також термогодинну обробку (витримку).

Перед набиванням футеровки тигля оглядається і випробується механізм нахилу печі, перевіряється кріплення індуктора котушки, а також індуктор під заданим тиском води з метою виявлення можливих дефектів (течі, засмічення і т. д.).

Перед плавкою оглядається дно тигля, обмазка між витками індуктора і всі місця між дерев'яною шаблоною і азбестом; пошкодження обмазки між витками замазуються пастою. Набивання тигля проводиться трамбуванням шарами 50-70 мм. Перед набиванням наступного шару суміші попередній розпушується на глибину 5 мм, щоб одержати щільний зв'язок окремих шарів. На ущільнений встановлюється шаблон з листового заліза, а потім в зазорі між шаблоном і ізольованою котушкою індуктора проводиться набивання футеровки шарами 30-40 мм.

Після набивання футеровка сушиться. В процесі роботи печі перевіряється футеровка, оскільки вона знаходиться в несприятливих умовах: внутрішня поверхня футеровки тигля має температуру рідкого металу, а зовнішня стикається з індуктором, що охолоджується водою. В більшості випадків для футеровки індукційних печей малої місткості застосовують мелений кварц і

борну кислоту. Недолік такої футеровки - це велика трудомісткість виготовлення тигля.

Завантаження. Шихту в тигель завантажуються обережно без ударів і можливо щільніше. Габаритні розміри шматків шихти забезпечують хорошу щільність завантаження і відсутність зазорів між ними і стінками тигля. Цим досягається швидке розплавлення металу і мінімальна витрата електроенергії. Зона найвищої температури під час плавки знаходиться в нижній частині тигля, тому тугоплавкі феросплави завантажуються на дно тигля. Крупні і тугоплавкі шматки шихти завантажують вертикально, паралельно і ближче до стінок тигля, легкоплавкі складові шихти - в середину тигля. Матеріали на шихтовому дворі завантажуються магнітною шайбою в баддю, яка транспортується в цех і подається на підігрів. Шихта підігривається до 500-600°C димовими газами і транспортується до печей. Особливі вимоги пред'являються до роздробленої сталевій і чавунній стружки (вводиться у вигляді брикетів).

Плавка. На початку плавки 5-10 хв. піч працює до припинення стрибків струму генератора на зниженій потужності, потім потужність доводять до максимальної. Плавка ведеться при закритому тиглі.

Коли шихта частково розплавиться, тверді шматки осаджуються ломиком, заздалегідь вимкнувши струм, потім піч довантажується дрібнішою шихтою, що залишилася, заздалегідь підігрітою. Сталевий лом сідає в рідку ванну, феросплави - в добре розігріту ванну до 1430 - 1450° С. Для науглерожування чавуну вводиться крупний електродний бій (1-2%) на під і дрібний - на дзеркало металу після викачування шлаку. Шлак викачується при вимкненому струмі.

Плавку можна вести також і на рідкому заваленні; в цьому випадку науглерожувачі подають тільки на чисте дзеркало металу.

У електропічних чавунах вплив хімічного складу на механічні властивості сильніше. Особливо великий вплив робить зміст вуглецю. Таким чином, однією з основних умов стабільного отримання чавунів з необхідними механічними властивостями в індукційних печах є виплавка чавуну із заданим хімічним складом. На поведінку основних компонентів чавуну при його плавці впливають наступні чинники: характер вживаної шихти, послідовність введення феросплавів і карбюрізаторів і т.д.

Угар кремнію при застосуванні кислої і нейтральної футеровок відсутній, а угар марганцю знижується із збільшенням концентрації в розплаві кремнію. Його абсолютне значення при виплавці звичайних марок чавуну 0,03-0,09%. Угар вуглецю при застосуванні кислої і нейтральної футеровок складає 8-15%, при застосуванні основної футеровки угар вуглецю і марганцю знижується в 2 рази, угар кремнію в цьому випадку складає 5-10%.

При виплавці чавуну в індукційних печах відбувається активне утворення окислу вуглецю, що інтенсифікується електромагнітним перемішуванням. З одного боку, виділяючись з розплаву, окисел вуглецю перешкоджає дифузії газів з атмосфери в метал, а з іншою, в металі відбувається дифузія водню і азоту, розчинених в чавуні, в бульбашки окислу вуглецю. Вміст газів в чавуні в процесі плавки знижується.

В процесі окислення кремнію і марганцю в першу чергу в шлак переходить той елемент, вміст якого в плавці вище. При температурі чавуну 1400⁰С починається відновлення оксидів в шлаку вуглецем чавуну. З підвищенням в чавуні вуглецю, що виплавляється, температура плавлення шлаку знижується, і процес відновлення оксидів в шлаку посилюється. Процеси відновлення оксидів з шлаків посилюються при введенні в шлак добавок, що знижують його температуру плавлення. Основна маса шлаків утворюється за рахунок забруднення шихти оксидами, неметалічними домішками і золою карбюрізаторів.

Таким чином, шлаки беруть активну участь у формуванні хімічного складу чавуну і цей ефект використовуємо на практиці для зниження вартості чавуну, що виплавляється, і підвищення його якості. Для поліпшення консистенції шлаку вводимо разом з карбюрізаторами силікокальцій. При цьому скоротиться витрата ферросиліцію і зростає стійкість футеровки.

Технологія плавки чавуну у вагранці.

1. Поточний ремонт вагранки.

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

Великі поглиблення закладаються боєм шамотної 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 циліндричності внутрішньої її порожнини, не допускаючи виступів кладки, що перешкоджають 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 мертеля шамотного марки МШ 36 і піску ПО16. Шлакову льотку виконують шамотною цеглою марки ШБ-1 №5 або №45, які вставляються в отвір кладки на розчині мертеля шамотного марки МШ 36 і піску ПО16 (1:1).

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

Ремонт накопичувача проводиться одночасно з плавильною зоною таким же складом. Поточному ремонту, як правило, піддаються стінки копильника в області перехідної і шлакової льоток і по краях футерування біля дверцят. Кладку копильника виробляють шамотною 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 виробляють продування паливної колоші в продовж 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 виробляється лише при закритому шибєрі.

Після коректування паливної колоші відкривають всі фурми.

Накопичувач розігривають природним газом за допомогою пальника в перебігу 4-х годин. Газовий пальник вводять в копильник зверху.

В процесі розігривання копильника чавунну і шлакову льотку залишають відкритою. Після розпалу вагранки копильник закривають кришкою і притягують її чекою. Після закінчення розпалу паливної колоші проводиться завантаження вагранки.

Завантаження шихтових матеріалів проводять згідно з розрахунковими даними з точним дотриманням порядку послідовності вступу 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. Порядок завантаження матеріалів у вагранку наступний: на паливну колошу завантажують вапняк, потім металеву частину шихти (сталевий лом, чушковий чавун, відходи власного виробництва, феросиліцій, феромарганець), кокс робочої паливної колоші. Дозування феросплавів здійснюється вагами типа РП 1 Ш13М.

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

Випуск першої порції чавуну з вагранки відбувається через півтори години після пуску дуття. При виконанні технології плавки в вагранці температура чавуну першого випуску має бути на жолобі не нижче 1250°C , а подальша – не нижче 1300°C . Під час плавки необхідно ретельно стежити за станом фурм, не допускаючи їх ошлакування. Шлак випускають в спеціальну шлаковню, перший випуск через 6 годин після дуття, а подальший – через кожних 4 години [3].

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 копильник має бути повністю звільнений.

Дуття у вагранку подається повітродувками. Подачу дуття регулюють шиберами.

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

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

2. Індукційний міксер.

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

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

1.6.7 Ковшова ділянка

При проектуванні ковшової ділянки необхідно визначити тип і металоємність ковшів для кожного технологічного потоку, розрахуємо, розробимо їх необхідну кількість для забезпечення заливки форм, що виготовляються, виберемо типові стенди для ремонту і сушки ковшів.

Кількість одночасно працюючих розливних ковшів визначають по формулі:

$$\hat{E}_{\text{дàá}} = \frac{N \cdot Z}{60 \cdot n \cdot S \cdot t},$$

де N - кількість форм, що підлягають заливці в перебігу доби, шт;

Z - тривалість одного циклу ковша, хв;

n - кількість форм, що заливаються з одного ковша за один цикл, шт;

S - кількість робочих змін на добу;

T - тривалість однієї зміни в годинах, яку по рекомендації при двозмінному режимі можна рахувати 7,5 г.

$$\hat{E}_{\delta\alpha\alpha} = \frac{1511 \cdot 15}{60 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 7,5} = 3,6$$

Приймаємо 4 ковші.

Кількість ковшів в ремонті і в резерві визначаємо із співвідношення:

$$\hat{E}_{\delta\alpha i} = 0,5 \cdot \hat{E}_{\delta\alpha\alpha}; \hat{E}_{\delta\alpha i} = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8$$

$$\hat{E}_{\delta\alpha\zeta} = 0,3 \cdot \hat{E}_{\delta\alpha\alpha}; \hat{E}_{\delta\alpha\zeta} = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08$$

Приймаємо 2 ковші в ремонті і 1 ківш в резерві.

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

$$\hat{E}_s = \hat{E}_{\delta\alpha\alpha} + \hat{E}_{\delta\alpha i} + \hat{E}_{\delta\alpha\zeta}$$

де $K_{раб}$, $K_{рем}$, $K_{рез}$ - кількість ковшів тих, що одночасно працюють, в ремонті і в резерві.

$$\hat{E}_s = 4 + 2 + 1 = 7$$

Виходячи з розрахунків інвентарний парк ковшів приймаємо 7 ковшів. При заливці чавуну використовують чайникові поворотні ковші.

1.7 Формувально-заливальне відділення

1.7.1 Програма відділення

Програму формувально-заливального відділення розробляємо на основі даних програми виробництва виливок в цеху. При цьому річну кількість виливок приймаємо з урахуванням покриття браку ливарного і механічних цехів. Брак форм приймаємо залежно від маси виливок.

Розрахункові дані зведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Зведені дані розрахунку програми формувально-заливального відділення

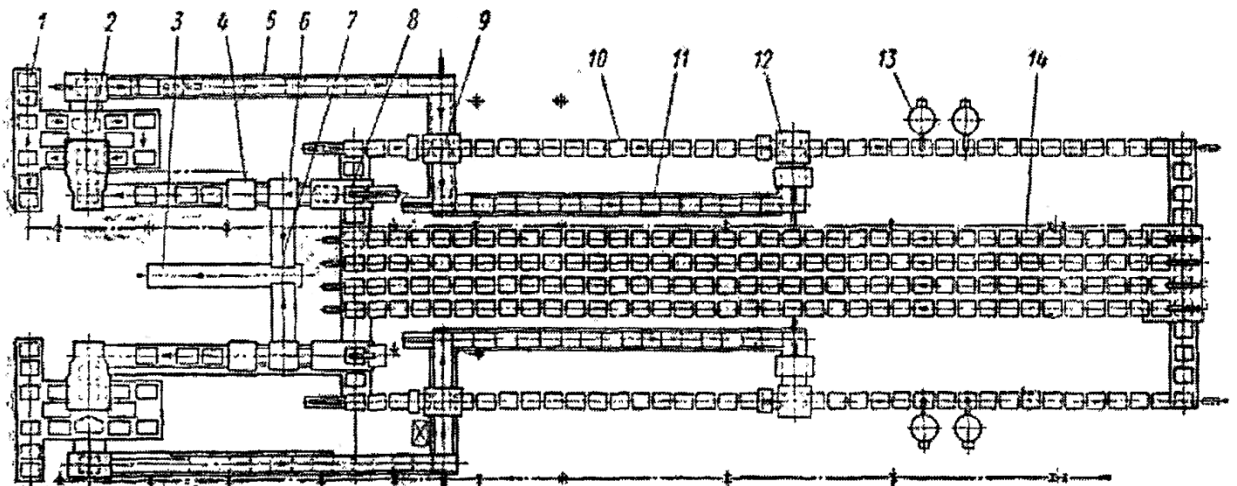
Група виливок по масі, кг	Річний випуск виливок, шт	Вага 1 виливки, кг	Кількість виливок у формі, шт	Річна кількість форм, шт	Брак форм		Всього форм на річну програму
					%	шт	
до 10	165641	5,9	2	82821	4	3313	86134
	347045	8,8	1	347045	4	13882	360927
11-20	122160	13	1	122160	4	4886	127046
	122160	18	1	122160	4	4886	127046
Всього по I потоку	757006			674186		26967	701153
21-50	40640	24	2	20320	4	813	21133
	27094	45	2	13547	4	542	14089
51-100	25225	58	1	25225	4	1009	26234
	14014	87	1	14014	4	561	14575
Всього по II потоку	106973			73106		2925	76031
Всього по цеху	863979			573770		22951	596721

1.7.2 Організація технологічних потоків

Для визначення переліку технологічних і підйомно-транспортних операцій, шляхів їх реалізації і взаємопов'язки на підставі аналізу програми відділення проводимо угруповання всіх відливів в певні технологічні потоки, спеціалізовані за детальною ознакою або єдиним технологічним процесом. Потужність кожного потоку визначаємо окремо.

Лінії «Споматик» високопродуктивні, мають універсальну систему ущільнення і можуть бути застосовані для широкої номенклатури виливок. На лініях, призначених для виготовлення складних виливок декількох найменувань, передбачені подовжені ділянки обробки нижніх напівформ і установки стрижнів.

Дві однакові автоматичні формувальні лінії «Споматик» показані на рис.1.1. Форми пересуваються на приводних рольгангах і візках. Кожна лінія обладнана одним формувальним автоматом, який по черзі виготовляє нижні і верхні напівформи. Система подачі моделей «плаваюча». Суміш ущільнюється струшуванням з пресуванням багатоплунжерною головкою.



1 - система рольгангів для циркуляції моделей; 2 - формувальний автомат; 3 - конвеєр для відливань; 4 - розпарувальник опок; 5 - зона забарвлення і підсушки напівформ; 6 - установка для вибивки форм продавлюванням; 7 - вібраційні розділові ґрати; 8 - передача опок на вибивку; 9 - механізм установки нижньої напівформи; 10 - зона установки стрижнів; 11 - зона просування верхніх напівформ; 12 - механізм для накриття опок; 13 - зона заливки; 14 - охолодження форм

Рис. 1.1 - Автоматична формувальна лінія «Споматик»

Програма випуску виливок по групових потоках представлена в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Розподіл формувальних-заливальних робіт

№ потоку	Річний випуск виливок, шт	Вага однієї виливки, кг	Число виливок у формі шт	Річна кількість форм, шт	Розміри опок	Модель лінії
До 20	757006	13	2	701153	500×500×175	Споматик
21 - 100	106973	45	2	76031	1020x965x300	

Технічна характеристика встановлених формувальних ліній приведена в табл.1.10.

Таблиця 1.10 - Основні технічні параметри формувальних ліній

Параметри	Модель автоматичної лінії	
	Споматик	Споматик
Розміри опок, мм: в світу	500×500×175	1020 x 965 x 300
Кількість формувальних блоків	1	1
Металоемність форми, кг	10-30	20-150
Кількість робочих, обслуговуючих лінію в одну зміну	5	5
Фактична Продуктивність (форм/годину)		
Вживана формувальна суміш	ЄДИНА - ПГС	
Метод ущільнення суміші	Струшування + пресування многоплунжерною головкою	
Метод витягання моделей	Верхня витяжка	
Метод вибивки форм	Видавлювання горілого кому суміші на вибивні ґрати	
Встановлена потужність,кВт	81,8 кВт	53,9 кВт
Габарит , мм	72000×11000×3000 мм	51570 × 9630 ×4800 мм

1.7.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Кількість потокових ліній визначаємо по формулі:

$$P_x = \frac{N \cdot K_n}{n \cdot \Phi_d} ; \quad K_z = \frac{P_x}{P_y},$$

де - P_x і P_y - кількість ліній за розрахунком і прийняте до установки, шт

N - річна кількість форм по даному потоку, шт.

n - продуктивність лінії, форм/г

Φ_d - дійсний річний фонд часу, г

K_n - коефіцієнт нерівномірності роботи формувальної лінії, який дорівнює 1-1,1

K_z - коефіцієнт завантаження (ефективності роботи) формувальної лінії, який повинен бути в межах 0,7-0,8.

Кількість потокових ліній:

- для I технологічного потоку:

$$D_e = \frac{701153 \times 1.1}{250 \times 3645} = 0,85 ; \quad \hat{E}_c = 0,85$$

Приймаємо 1 автоматичну лінію моделі «Споматик»

- для II технологічного потоку:

$$D_e = \frac{706031 \times 1.1}{250 \times 3645} = 0,86 ; \quad K_z = 0,86$$

Приймаємо 1 автоматичну лінію моделі «Споматик».

Розрахунок технологічного устаткування зведений в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Відомість розрахунку технологічного устаткування формувально - заливального відділення

№ потоку	Річна кількість форм, шт	Модель лінії	Продуктивність форм /годину	Кількість обладнання, од		K _з
				За розрахунок	Прийнято	
I	701153	Споматик	250	0,85	1	0,85
II	706031		250	0,86	1	0,86

1.8 Стрижньове відділення

1.8.1 Програма стрижньового відділення

Розробляючи програму стрижньового відділення кількість стрижнів відповідних об'ємів і мас визначаємо за усередненими даними потреби стрижнів на 1 тону придатних відливань .

Брак стрижнів приймаємо 10%.

Розрахункові дані зведені в таблиці 1.12.

1.8.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

На підставі програми відділення групуємо стрижні в два виробничі потоки: I потік – стрижні масою до 16 кг; II потік - стрижні масою 16 – 100 кг.

Стрижні передбачається виготовляти суцільними із застосуванням піщано - глинистої і рідкої самотверднучої сумішей.

Для виготовлення стрижнів I і II потоку приймаємо до установки піскострельні автомати німецького виробництва фірми Laetpre.

Кожен стрижньовий автомат забезпечений маніпулятором для заміни комплекту модельного оснащення. Твердіння стрижня відбувається за рахунок продувки аміном. Подача рідкого аміну здійснюється з центральної станції в локальні газогенератори. Для поліпшення роботи обслуговуючого персоналу встановлена станція для автоматичного розмикання комплекту модельного оснащення з метою її очищення. Всі виробничі дані обробляються статистично системою Laetpre.

Таблиця 1.12 - Розрахункові дані кількості стрижнів на програму цеху

№ Групи	Група стрижнів по вазі, кг (по об'єму, дм ³)	Кількість стрижнів для груп виливок по вазі (шт / дм ³)				Всього за групами стрижнів шт. / дм ³	Всього з браком шт / дм ³ (10%)
		до 10 кг		20-100 кг			
		На 1 тону	7329 т / год шт (дм ³)	На 1 тону	4876 т / год шт (дм ³)		
1	0,5 (0,3)	46,0 (14,0)	337134 (102606)	16,5 (5,0)	80454 (24380)	417588 (126986)	459347 (140)
2	1,75 (1,05)	21,0 (21,1)	153909 (154642)	5,9 (6,1)	28768 (29744)	182677 (184386)	18268 (203)
3	4,25 (2,5)	14,4 (37,0)	105538 (271173)	13,5 (31,0)	65826 (151156)	171364 (422329)	17136 (166)
4	8,0 (4,75)	1,8 (10,5)	13192 (76955)	5,2 (25,0)	25355 (121900)	38547 (198855)	42402 (219)
5	13,35 (8,0)	0,5 (4,8)	3665 (35179)	2,5 (19,4)	12190 (94594)	15855 (129773)	17441 (143)
6	20,85 (12,5)	0,5 (7,5)	3665 (54968)	1,3 (16,5)	6339 (80454)	10004 (135422)	11004 (149)
7	32,5 (19,5)	0,4 (8,8)	2932 (64495)	2,8 (54,0)	13653 (263304)	16585 (327799)	18244 (361)
8	50,0 (30,0)	-	-	0,6 (18,0)	2926 (87768)	2926 (87768)	3219 (97)
9	80,0 (48,0)	-	-	0,4 (17,3)	1950 (84355)	1950 (84355)	2145 (93)

Для виготовлення стрижнів I потоку установлений піскострільний автомат LT карусельного типу (рис.1.2) призначений для багатосерійного виробництва стрижнів в модельному оснащенні, як з вертикальним, так і з горизонтальним роз'ємом. На автоматах можуть встановлюватися 4 однакових або різних стрижньових ящики. Система управління забезпечує індивідуальні режими для кожного ящика.

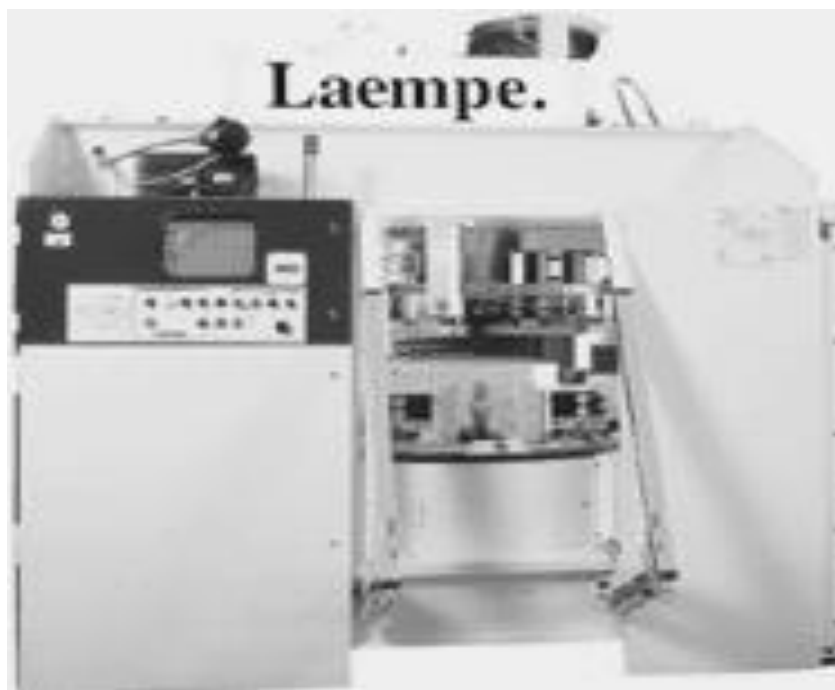


Рис.1.2 – Загальний вид піскострільного автомату LT карусельного типу фірми Laempe

Для виготовлення стрижнів II потоку передбачаємо установку піскострільного автомату серії LB (LFB) (рис.1.3) – це нове покоління стрижньових машин Laempe з широкими технічними можливостями. Машини виконані конструктивно для застосування в умовах постійного цілодобового навантаження і служать для виготовлення складних стрижнів. Піскострільні автомати серії LB (LFB) - поєднання високої продуктивності і можливості виготовляти стрижні самої різної ваги і складності в умовах гнучкого і безперервного виробництва.



Рис.1.3 - Загальний вид піскострільного автомату серії LB (LFB) фірми Laetpre

1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Початковими даними для розрахунку стрижньового устаткування є річна кількість знімачів з урахуванням браку, число стрижнів у ящику або ділень стрижня на декілька частин і годинну продуктивність агрегату.

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

$$P_c = \frac{A \cdot K_n}{\Phi_d \cdot n} ; K_3 = \frac{P_c}{P_y}$$

де A - річна кількість знімачів по даному потоку, шт;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання стрижнів приймаємо 1,2;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімачів / г.

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

Для I потоку:

$$P_c = \frac{73919 \cdot 1.2}{3645 \cdot 30} = 0.8$$

Приймаємо до установки 1 піскострільний автомат з коефіцієнтом загрузки 0,8.

Для II потоку:

$$P_c = \frac{17237 \cdot 1.2}{3645 \cdot 8} = 0.7$$

Приймаємо до установки 1 піскострільний автомат з коефіцієнтом загрузки 0,7.

Дані розрахунку кількості устаткування стрижньового відділення зведені в таблиці 1.13.

1.9 Сумішоприготувальне відділення

1.9.1 Програма сумішприготувального відділення

Розробка програми сумішприготувального відділення передбачає розрахунок витрати відповідних видів формувальних і стрижньових сумішей, а також їх компонентів по кожному технологічному потоку і по цеху в цілому. Початковими даними для розрахунку служать виробнича програма цеху по випуску відливань, програми формувального і стрижньового відділень. Також доцільно врахувати потрібну кількість піску і вогнетривкої глини для ремонту розливних ковшів, плавильних, сушильних і термічних печей, оскільки транспортні і навантажувально-розвантажувальні операції проводяться на складах формувальних матеріалів.

Розрахункові дані по витраті формувальних сумішей для проектного цеху зведені в таблицю 1.14, по витраті стрижньових сумішей в таблиці 1.15.

Таблиця 1.14 – Розрахункова відомість витрат формуючої суміші

Група стрижнів по вазі, кг	Річний випуск придатного лиття, т	Витрата єдиної суміші	
		На 1 тону виливок	На річний випуск
до 10	960	9,5	9120
	3000	9,5	28500
11-20	1440	9,5	13680
	1800	9,5	17100
Всього по I потоку за винятком просипу K=1,16			79344

Група стрижнів по вазі, кг	Річний випуск придатного лиття, т	Витрата єдиної суміші	
		На 1 тону виливок	На річний випуск
21-50	960	10,1	9696
	1200	10,1	12120
51-100	1440	10,1	14544
	1200	10,1	12120
Всього по II потоку за винятком просипу K=1,16			56237
Всього по цеху			135581

Для кожного виду сумішей визначаємо рецептуру і на підставі їх потреби розраховуємо кількість необхідних компонентів на річну програму випуску відливань після чого розрахункові дані зводимо в таблицю 1.16.

Таблиця 1.15 – Розрахункова відомість витрат стрижневої суміші

Розважування стрижнів, кг	Вид суміші	Витрата суміші	
		т	м ³
I потік до 16 кг	ПРСС	1176	871
II потік от 16 – 100 кг	ПРСС	945	700
Всього розрахунку	з	2121	1571

1.8.2 Розробка схеми технологічного процесу

Технологічна схема сумішоприготувального відділення є єдиною системою, об'єднуючою транспортними магістралями три виробничі потоки:

1. Підготовка початкових формувальних матеріалів;
2. Приготування формувальних і стрижньових сумішей;
3. Доведення сумішей до необхідної якості.

Таблиця 1.13 - Завантаження стрижньового відділення

№ потоку, група стрижнів по вазі, кг	Річна потреба в стрижнях, шт	Число стрижнів у ящику	Річне число знімань з машин, шт	Обладнання				
				модель (вид суміші)	фактична продуктивність, знімань / г	розрахункова потреба, шт	прийнято до установки, шт	коефіцієнт загрузки
1 до 16 кг	554 594	8	73 919	ПРСС	30	0,8	1	0,8
2 16 – 100 кг	34612	2	17237	ПРСС	8	0,7	1	0,7

У циклі підготовки піску виконуються дві основні операції: сушка і просіювання. Для сушки піску передбачаємо установку у відділенні барабанного сушила моделі ПБ1 – 1,5, а для просіву піску - сито полігональне моделі 170.

Підготовка оборотної суміші включає наступні операції: роздавлювання грудок, витягання і видалення металевих включень, просіювання для видалення дрібних грудок і охолодження для стабілізації температури і вологості.

Процес регенерації (відновлення) відпрацьованої суміші дозволяє видалити з неї залишки пов'язуючого і дрібну фракцію. Устаткування для цього процесу з-за громіздкості розміщуємо в підвальному приміщенні ливарного цеху.

Приготування єдиної формувальної суміші здійснюється за допомогою установки, що входить в комплект автоматичної лінії «Споматик». Приготування єдиної формувальної суміші ПГС проводиться в чашковому змішувачі періодичної дії з катками, що обертаються вертикально, моделі 15101. За допомогою чашкового змішувача періодичної дії з катками, що обертаються вертикально, моделі 15102 здійснюється приготування стрижньової піщано-глинистої суміші на рідкоскляному пов'язуючому.

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Розрахунок кількості технологічного устаткування проводимо по формулі:

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

де N - кількість одиниць устаткування;

Q - річна потреба суміші даного типу, т;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання суміші;

Φ_d - дійсний річний фонд часу, г;

P - продуктивність устаткування, т/г.

Розрахунок зведений в таблицю 1.17

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

1.10 Відділення фінішних операцій

1.10.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

У проектованому чавуноливарному цеху вибивка відливань передбачається на лінії «Споматик».

Литво після вибивки транспортується на ділянку обрубубвання передавальним візком.

Після чого відбувається наступний ряд операцій.

Відділення від відливань елементів ливниково - живлячої системи за допомогою абразивно відрізного верстата моделі 82Л60. Залишки живильників і випоров обрубуються ручними і пневматичними молотками.

Після обрубубвання відливання піддаються очищенню. Очищення поверхні відливань і вибивка стрижнів для І потоку проводиться у галтовочному барабані моделі 41115. Очищення відливань в галтовочному барабані відбувається внаслідок взаємних зіткнень і тертя об стінки барабана. Для ІІ потоку - дробеметний барабан періодичної дії, який виконує очищення поверхні відливання від пригару і окалини.

Після всіх даних операцій відбувається контроль якості відливок і подальша передача їх на склад.

Зачистка місць обрубубання проводиться на шліфувальних верстатах моделі 3Е375.

Дефекти відливань виправляються методом електричної зварки. Застосовуються електроди марок АНО-4 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75, ТУ У 05416923.001-95; ЦЧ-4 ф4 ГОСТ 9466-75, ТУ У 28.7-30519182.001-2002 ТУ У 31206119-003-2002, ТУ У 05447444.006-98; УТР 86 FN ф3,2 ГОСТ 9466-75 DIN 8573 ISO 1071; УТР 34 ф4, УТР 32 ф4 DIN 1733.

Розрахунок дефектів виливок приведений в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 - Розрахунок дефектних виливок

Група виливок по вазі, кг	Дефекти виливок		
	норма, %	т	шт
І потік до 20	0	-	-
ІІ потік 21 – 100	6	28800	631728

Таблиця 1.17 - Розрахункова відомість технологічного устаткування сумішприготувального відділення

Технологічна операція	Річні витрати суміші або матеріалів		Найменування обладнання	Модель, тип	Часова продуктивність	Кількість обладнання, од.		К _з
	т	м ³				З розрахунку	Прийнято до встановлення	
Сушка піску	4703	3135	Сушило барабанне	ПБ1-1,5	1,5 м ³ / Г	0,75	1	0,75
Просів піску	4703	3135	Сито полігональне	170	1,5 м ³ / Г	0,75	1	0,75
Приготування формуючої єдиної суміші ПГС	33895	27116	Змішувач чашковий	15104	12 м ³ /Г	0,74	1	1,74
Приготування стрижневої суміші ПЖСС	2121	1571	Змішувач чашковий	15101	0,35 м ³ / Г	1,48	2	0,74
Регенерація	29786	23829	Система мех. регенерації	14312	10 т/Г	0,82	1	0,82

1.10.2 Розрахунок кількості устаткування

Розрахунок кількості устаткування проводиться по формулі:

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

де P_o - кількість одиниць устаткування, шт;

A - кількість відливань, що піддаються обробці на даному устаткуванні;

K - коефіцієнт нерівномірності роботи устаткування;

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

Π - продуктивність устаткування т / г.

Результати розрахунків по всіх видах устаткування зведені в таблиці 1.19.

1.11 Розрахунок площі цеху

У загальну площу цеху входять:

- 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.

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.

Таблиця 1.19 - Завантаження відділення фінішних операцій і розрахункова відомість устаткування

Найменування операцій	№ потоку	Кількість виливок		Обладнання, од.				К _з
		т	шт	Найменування і модель	Часова продуктивність	З розрахунку	Прийнято	
Вибивка виливок	I	7329	757006	Передбачено на лінії				
	II	4876	106973					
Очистка поверхні виливки і вибивка стрижнів	I	7329	757006	Галтовочний барабан 41114	2,7 т / ч	0,85	1	0,85
	II	4876	106973	Дробеметний барабан періодичної дії 42233	2 т / ч	0,74	1	0,74
Обріз елементів ливникової системи	I	7200	748121	Абразивно відрізний станок 82Л60			2	
	II	4800	105288				2	
Зачистка виливок	I	7200	748121	Шліфувальний станок 3Е375			2	
	II	4800	105288				2	
Виправлення дефектів		28800	631728	Ділянка виправлення дефектів				

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 M - річна потреба в даному матеріалі, т;

t - тривалість зберігання на складі, дні;

D_p - число робочих днів в році;

ρ - об'ємна маса матеріалу, т / м³;

H - допустима висота зберігання, м

Розрахункові дані площ для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів зведені в таблиці 1.20.

Таким чином площа для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів проєктованого чавуноливарного цеху складає 370 м² з урахуванням проходів і проїздів.

Таблиця 1.20 - Зведені дані розрахунку площ для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів

Матеріал	Річна потреба, т	Об'ємна вага, т / м ³	Запас на складі		Місце зберігання	Висота зберігання, м	Площа для зберігання, м ²
			сутки	т			
Лом чавунний	3040	2,0	20	167	Засіка	2	44
Лом сталевий	1824	1,6	20	100	Засіка	2	33
Стружка брикетована	6582	1,6	20	361	короб	2	113
Повернення власного виробництва	3040	1,8	5	42	Засіка	2	13
Феросиліцій	608	1,7	30	50	Бункер	2	17
Феромарганець	97	1,7	30	8	Бункер	2	4
Електродний бій	243	0,7	20	13	Бункер	2	10
Кварц молотий	532	1,5	20	29	Площадка	1	23
Цегла шамотна	380	1,8	20	21	Площадка	1,5	11
Глина вогнетривка	1721	1,55	20	94	Засіка	5	16
Кварцевий пісок	9119	1,5	20	500	Засіка	10	37
Вуголь	678	0,7	20	37	Бункер	2	30
Fe – Cr шлак	85	1,05	30	7	Бункер	2	7
Деревиний пек	127	0,5	20	7	Короб	2	7
Рідке скло	121	1,7	20	7	Площадка	1,5	5
Всього							370

1.12 Організація і планування роботи ливарного цеху

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

До основних відносяться:

- Плавильне відділення;
- Формувальне відділення;
- Стрижньове відділення;
- Сумішоприготувальне відділення;
- Відділення фінішних операцій.

До допоміжних відносяться:

- Ділянка ремонту ковшів;
- Ремонтно-механічні і електроремонтні майстерні;
- Ділянка підготовки і виготовлення модельно-опочного оснащення.

Управління цеху характеризується лінійно-функціональною організаційною структурою. Вона припускає з'єднання двох принципів організації системи управління: вертикальну сопідпорядкованість 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 - консультивати, інформувати, організовувати, планувати.

Цехом керує начальник цеху і його заступники по устаткуванню і технології виробництва, а виробничими підрозділами - майстри.

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.

1.13 Розрахунок штату робітників, що працюють в цеху

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

$$R_{\text{сп}} = r_c + R_o + R_y,$$

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 робітників в зміну, необхідне для забезпечення нормального процесу виробництва.

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

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

$$R = r \cdot c,$$

де r – змінний штат;

c – кількість змін.

Підмінний штат на відпустки і невиходи з поважних причин встановлюється у відсотках до штатної кількості робітників при тривалості відпустки - 24 дні (КЗоТ 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	Розміщувальний штат	Обліковий штат							Всього
					Тарифні розряди							
					1	2	3	4	5	6	7	
Основні робітники												
Плавильне відділення												
Розливник	2	4	2	2					2	2	2	6
Шихтувальник	2	4	2	2				2	2	2		6
Оператор ІЧТ-2,5	2	8	2	4				2	2	2	4	10
Формувально-заливочне відділення												
Оператор лінії «Споматик»	2	20	4	10			4	6	6	8		24
Стрижневе відділення												
Стрижневик стрижневих машин Laetpre	2	16	2	8			4	6	4	2		18

Продовження табл. 4.1.

Ділянка і професії	Кількість робочих змін	Добовий штат	Підмінний штат	Розміщувальний штат	Обліковий штат							Всього
					Тарифні розряди							
					1	2	3	4	5	6	7	
Сумішприготувальне відділення												
Землероб	2	6	2	3				4	2	2		8
Сушительник піску	2	4	1	2			2	3				5
Відділення фінішних операцій												
Обрубник	2	6	2	3			4	4				8
Оператор галтувальних барабанів	2	2	1	1					2	1		3
Різьб'яр	2	6	2	3				4	4			8
Електрозварник	2	4	2	2				1	3	2		6
Контролер ВТК	2	4	1	2				2	3			5
Разом основних робітників							14	34	30	23	6	107
Допоміжні робітники												
Машиніст крану	2	24	3	12			8	8	8	3		27
Вогнетривник	2	4		2				2	2			4
Модельник	1	6		6					3	3		6
Слюсар-ремонтник	1	4	1	4				2	3			5
Електрослюсар	1	4	1	4				2	2	1		5
Токар	1	2		2						2		2
Електрогазозварник	1	2	1	2					2	1		3
Наладчик автоматів	1	2		2						2		2
Лаборант	2	4	2	2						6		6
Черговий слюсар	2	4	1	2					3	2		5
Черговий електрик	2	4	1	2					3	2		5
Разом допоміжних робітників							8	14	26	22		70
Всього							22	48	56	45	6	177

В результаті розрахунку чисельності цехових основних і допоміжних робітників виявлено, що:

- основних робітників – 107 чол.,
- допоміжних робітників – 70 чол.

1.14 Розрахунок штатів керівників, фахівців і службовців

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

Середні норми чисельності керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу за даними проектних організацій від числа робітників складає:

Керівники і фахівці – 8 - 18 %

Службовці – 3 - 5 %

Інші робітники – 1 - 2 %

Штатний розклад керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу приведений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Штатний розклад

Посада	Категорія працюючих	Кількість штатних одиниць
Начальник цеху	Керівники	1
Заступник начальника цеху	Керівники	2
Старший майстер	Керівники	1
Майстер	Керівники	10
Механік	Керівники	1
Енергетик	Керівники	1
Майстер по ремонту	Керівники	1
Старший лаборант	Керівники	1
Технолог	Керівники	2
Виробничо-розрахунковий відділ	Керівники	3
Економіст	Керівники	1
Разом керівників		24
Старший бухгалтер	Службовці	1
Бухгалтер	Службовці	1
Табельник	Службовці	1
Комірник	Службовці	3
Інженер по ОП и ПБ	Службовці	1

Разом службовців	7
------------------	---

Продовження табл.4.2.

Посада	Категорія працюючих	Кількість штатних одиниць
Прибиральник службових приміщень		4
Робітник по впорядкуванню		1
Разом		5
Всього		36

Загальна чисельність працюючих в цеху складає: $R = 177 + 36 = 213$ (чол)

2 Технологічна частина

2.1 Аналіз замовлення

Характеристика деталі:

Найменування:	«Кришка передня»
Марка сплаву:	СЧ 15
Маса:	13 кг

Виливку «Кришка передня» передбачається виготовляти в проектованому цеху як відливання - представник. Таке рішення ухвалене з урахуванням того, що проектований цех укомплектований необхідним автоматизованим технологічним устаткуванням, модельно - опочним оснащенням, а також вихідними шихтовими і формувальними матеріалами. Відливання відповідального призначення, серійного виробництва. Група складності відливання визначена за прејскурантом 25-01-91. У таблиці 2.1. приведені класифікаційні ознаки груп складності, по сукупності яких визначається група складності конкретного відливання.

Таблиця 2.1 - Класифікаційні ознаки груп складності відливань, що виготовляються в піщаних формах

№ п/п	Ознаки складності відливань	Група складності відливань					
		1	2	3	4	5	6
1.	Конфігурація литих поверхонь відливань		+				
2.	Маса		+				
3.	Максимальний габаритний розмір, мм	+					
4.	Товщина основних стінок відливання, мм	+					
5.	Характеристика виступів, ребер, поглиблень, литих отворів ліжок (висота, глибина h- мм, к-ть N- шт.)			+			
6.	Кількість стрижнів на одне відливання, шт.			+			
7.	Характер механічної обробки литої деталі і наявність вимог по шорсткості механічної обробки поверхні			+			
8.	Відповідальність призначення		+				
9.	Особливі технічні вимоги			+			

Група складності відливання визначається способом угруповання ознак шляхом їх послідовного віднесення, починаючи з вищих груп складності у бік нижчих і зупиняються на групі складності при якій досягається чотири умовно співпадаючих ознак.

Виходячи з даних таблиці, витікає, що відливання «Кришка передня» відноситься до III групи складності.

Особливі технічні вимоги замовником не пред'являються.

2.2 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення відливання

Аналіз технологічності конструкції відливання «Кришка передня» показує, що вона забезпечує задані експлуатаційні властивості, а зокрема компактність, раціональну форму і необхідні конструкційні розміри і дозволяє при заданій серійності проводити її з найменшими витратами. Виступаючі частини знаходяться на одному рівні.

У серійному виробництві при виготовленні чавунного лиття доцільніше застосовувати формування по - сирому в піщано-глинистій суміші з ущільненням суміші на формувальній машині, що входить в комплект автоматичної формувальної лінії.

Цей спосіб є найбільш універсальним і економічним, оскільки дозволяє виготовляти відливання будь-яких конфігурацій, розмірів і мас без додаткових витрат на сушку суміші.

У конструкції відливання забезпечена необхідна товщина стінок, не вимагається спрощення геометричних форм відливання.

Для забезпечення безперешкодного виймання моделі з форми передбачені формувальні ухили.

Конструкція відливання «Кришка передня» забезпечує задані експлуатаційні властивості продукції і дозволяє при серійності виготовляти її з найменшими витратами.

2.3 Визначення положення відливання у формі при заливці

При визначенні положення відливання у формі враховані наступні правила:

- відповідальні робочі частини відливання і місця, що підлягають механічній обробці розташовані в нижній напівформі, що в першу чергу, дозволить уникнути браку литва по недоливах. Тому відливання розташовується практично повністю в нижній напівформі, що виключає перекося;

- для ламінарної заливки форми шлях проходження металу від ливникової системи, до стінок відливання розташований під кутом і з урахуванням найкоротшого шляху проходження металу;

- внутрішня порожнина відливання виконується стрижнем, який, враховуючи вибране положення відливання у формі, легко закріпити за допомогою стрижньових знаків і що важливо, існує можливість забезпечення безперешкодної перевірки розмірів порожнини форми перед збіркою.

В умовах серійного виробництва в піщаних формах у формі розміщуємо одне відливання.

Для зручності виготовлення і збірки форми вибираємо одну поверхню роз'єму форми і моделі плоску горизонтальну, що дозволяє вільно витягнути модель з форми.

При виборі опочного оснащення прагнемо до того, щоб загальна висота форми була мінімальною.

2.4 Визначення ділянок поверхні відливання, що виконуються стрижнями

Точність фіксації стрижня у формі забезпечується конфігурацією і розмірами його знакових частин, які визначаються згідно ДСТУ 3606 - 98 з урахуванням розмірів стрижня, способу формування і його положення у формі (рис.2.1).

Вертикальне розташування стрижня передбачає кріплення стрижня за рахунок верхнього і нижнього знаків.

Визначення розмірів стрижньових знаків проводимо відповідно до рекомендацій [4].

Висоту нижнього знаку стрижня круглого перетину призначаємо залежно від його довжини і діаметру, вона складає 35 мм., а висоту нижнього знаку - 25 мм.

Формувальні ухили на знакових частинах призначаємо по ДСТУ 3606 - 98 залежно від висоти знаку і його розташування: $\alpha = 7^\circ$, $\beta = 10^\circ$.

Зазори між знаковими поверхнями форми і стрижня призначаємо також відповідно до ДСТУ 3606 - 98 залежно від розмірів знаку і з урахуванням того, що застосовується металевий модельний комплект III - го класу точності: $S1 = 0,5$ мм $S2 = 0,6$ мм $S3 = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ мм [5].

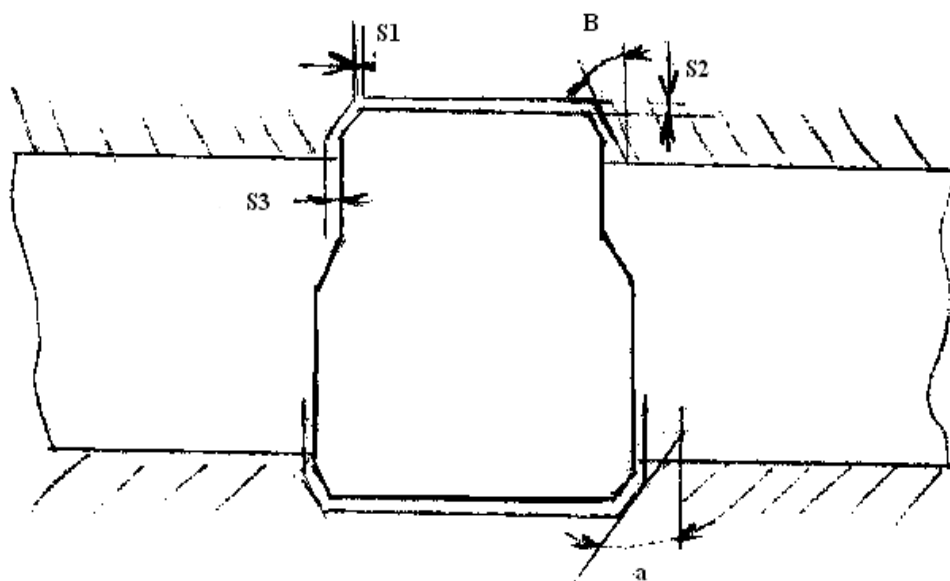


Рисунок 2.1 - Схема для визначення розмірів знакових частин

2.5 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту

Вид оснащення, що приймається для виготовлення ливарних форм з піщано-глинистих сумішей моделі і стрижньові ящики класифікуємо за наступними ознаками:

- виду матеріалу: Алюмінієві сплави АЛ9В;
- способу виготовлення: для машинного формування;
- компоновці елементів: нероз'ємна модель, роз'ємний стрижньовий ящик №1;

- складнощі: середньої;
- конструктивному виконанню: об'ємна;
- точність виготовлення: модель III класу точності;
- міцності моделі: 1 клас.

Таке рішення обґрунтовується тим, що виготовлення модельного комплекту і алюмінію дешевше, ніж чавун і сталь і більш зносостійкий, а також враховувалася серійність виробництва - така модель витримає до 50000 знімачів.

2.6 Конструкції і розміри модельних комплектів

Для визначення конструктивних розмірів модельних комплектів в першу чергу встановлюємо припуски на механічну обробку, припуски на усадку і формувальні ухили.

Припуски на механічну обробку призначаємо по ДСТУ 26645-85 (табл.2.2). Цей ДСТ розповсюджується на відливання з чорних і кольорових металів і сплавів і регламентує допуски на розміри, масу і припуски на механічну обробку. Стандарт відповідає міжнародному стандарту НСО-8062-84.

Клас точності розмірів і мас відливання і ряд припусків на механічну обробку відливань, приймаємо $\frac{6-11}{2-4}$.

Припуски на ливарну усадку визначаємо залежно від виду сплаву, маси і розмірів відливання: приймаємо 0,9% [3].

Таблиця 2.2 – Припуски на механічну обробку

Місце обробки	Номинальний розмір, мм	Відхилення, що допускається, на сторону	Припуски на обробку	
			нижній, бічний	верхній
Отвір, h	70	1,40	2,4	3,2
Зовнішня поверхня	335	2,00	2,8	3,6
Діаметр отвору	80	1,40	2,4	3,2

Формувальні ухили, в модельному комплекті для отримання відливань в піщаних формах, приймаємо залежно від висоти формуютьовальної поверхні від 1^0 до $1,5^0$.

Залежно від вимог тих, що пред'являються до поверхні відливання, формувальні ухили виконуємо:

- на оброблюваних поверхнях відливання, понад припуску на механічну обробку за рахунок збільшення розмірів відливання;
- на необроблюваних поверхнях відливання, що не сполучається по контуру з іншими деталями, за рахунок збільшення і зменшення розмірів відливання.

2.7 Забарвлення і маркування модельного комплекту

При виготовленні відливання з чавуну основним кольором є червоний, а для поверхні стрижньових знаків і інших частин, що не заливаються рідким металом, застосовуємо чорний колір [4].

Маркування виконуємо на бічних зовнішніх поверхнях стрижньових ящиків і на поверхні моделі відповідних необроблюваним поверхням відливань. У першому рядку вказуємо номер відливання для виготовлення якої призначена модель або стрижньовий ящик. У другому рядку після шифру записують номер модельного комплекту, потім через риску після шифру Я - число стрижньових ящиків і далі (тільки для стрижньових ящиків) після шифру - порядкові номери стрижнів тих, що виготовляються поодинці стрижньовому ящику.

У третьому рядку після шифру ПВ - число прибутків і випорів, після шифру Л - число елементів літникової системи.

Для моделі:
 П1197-01.01.008
 К1-Я1
 ПВ2-Л4

Для стрижневого ящика:
 П1197-01.01.008
 К1-Я1 - С_Т №1

2.8 Визначення розмірів і конструкції опок

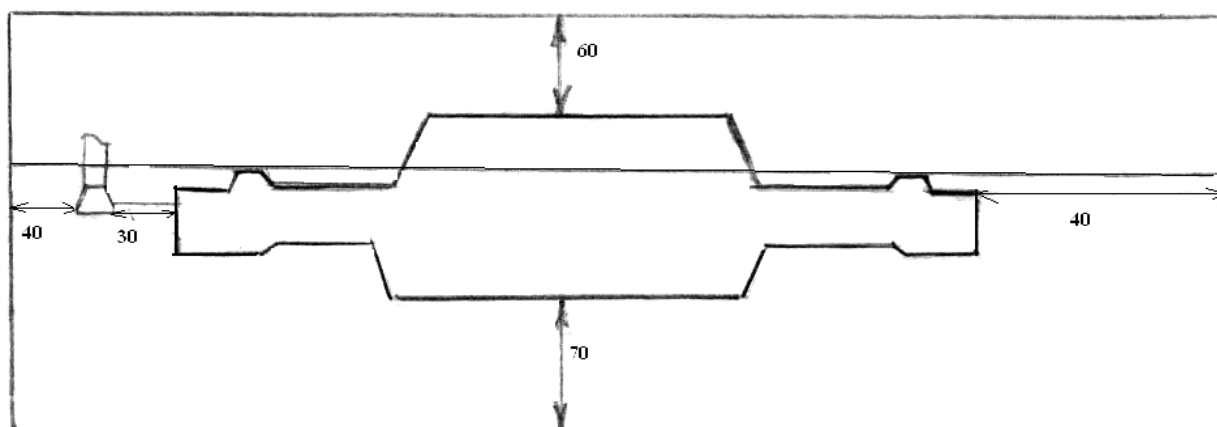
Визначаємо розмір опок при цьому враховуємо, що використання великих опок призводить до збільшення витрат праці на ущільнення формувальної суміші, а використання маленьких опок може викликати брак відливань по продавлюванню металом низу форми, відходу металу по роз'єму.

Визначаємо рекомендовану товщину шарів формувальної суміші на різних ділянках форми.

Мінімальна допустима товщина шару при масі відливання - 13 кг (рис.2.2):

від верху моделі до верху опоки -	60 мм
від низу моделі до низу опоки -	70 мм
від моделі до стінки опоки -	40 мм
між моделлю і шлакоуловлювачем -	30 мм

Одержані дані дозволяють визначити міні розміри опок, які остаточно уточнюємо відповідно до вибраної автоматичної формувальної лінії для виготовлення даного лиття.



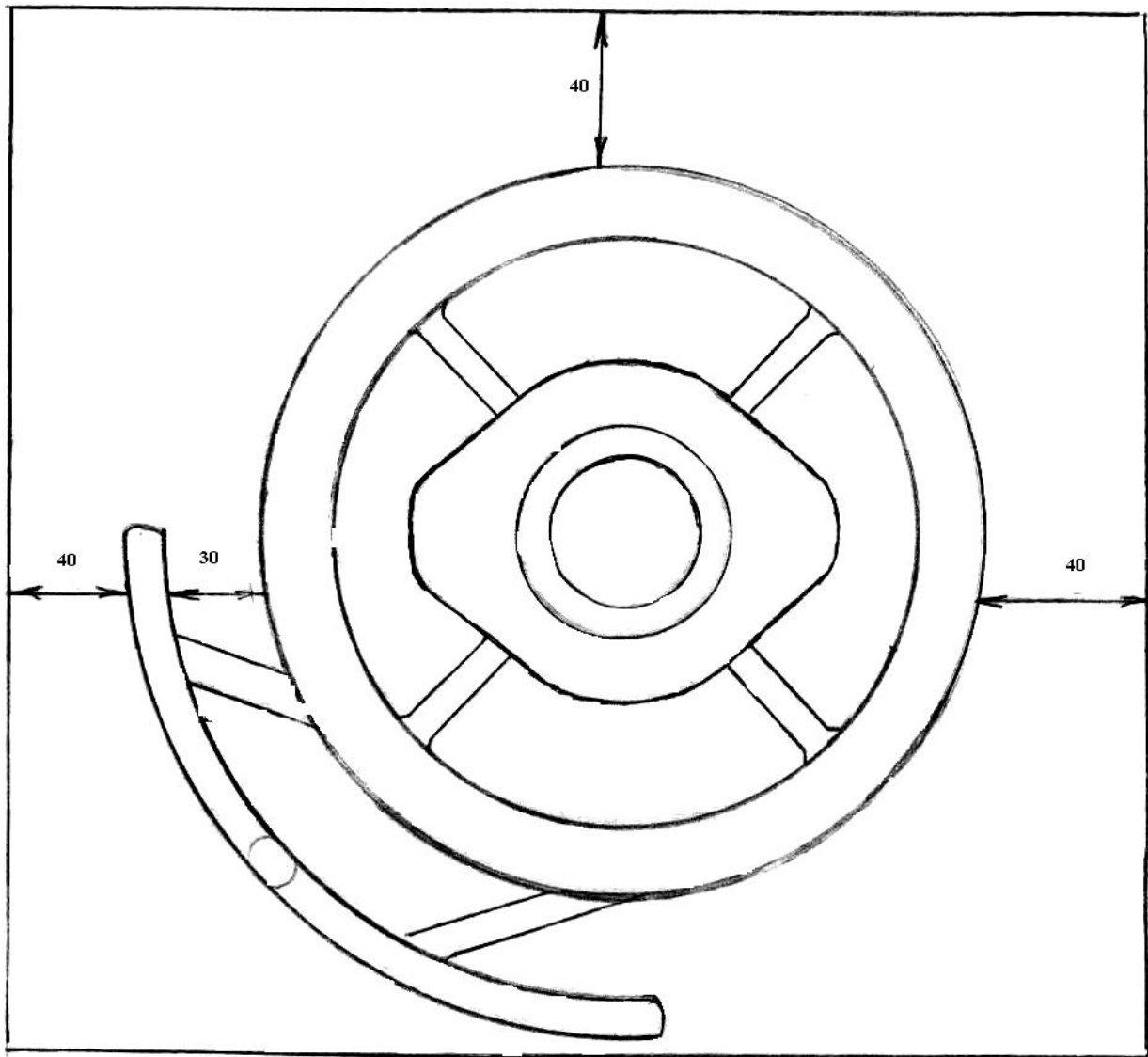


Рисунок 2.2 - Схема визначення розмірів опок

Розрахункові розміри опок складають:

Верх – 445 x 415 x 80 мм;

Низ – 445 x 415 x 120 мм.

Враховуючи, що дане відливання є відливанням - представником 1 потоку номенклатури цеху, приймаємо розміри опок відповідно до встановленої автоматичної лінії «Споматик»: 500x500x175 мм.

2.9 Проектування і розрахунок ливникової системи

Правильна конструкція ливникової системи забезпечує безперервну подачу розплаву у форму по найкоротшому шляху, спокійне і поступове її заповнення, уловлювання шлаку і інших неметалічних включень, створює направлене затвердіння відливання.

Ливникова система складається із стояка, шлакоуловлювача, живильника, випора, літникової воронки. Використовуємо горизонтальну систему літника з підведенням металу по

роз'єму форми, ливарні. Далі розраховуємо площі поперечних перетинів і визначаємо розміри елементів системи, літника:

$$\Sigma F_n = G / (\mu \cdot \tau \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot 9.8 H_{cp}}),$$

де G – повна маса в формі, кг;

μ – загальний коефіцієнт витрати металу на літникову систему;

ρ – щільність розплаву (7 г/см^3);

q – прискорення вільного падіння;

H_{cp} – середній гідростатичний натиск, при заливці відливання по роз'єму:

$$H_{cp} = H_{ct} - h_0/8,$$

$$H_{cp} = 15 - 0.88 = 14.12.$$

Визначаємо час заливки металу у форму :

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

де S - коефіцієнт, що враховує рідкотекучість сплаву і тип літнкової системи;

δ - середня товщина відливання;

G - вага відливання, літників; $G = 13 \times 1,24 = 16,12 \text{ кг}$

$$\tau = 2 \sqrt[3]{16 \cdot 16.12} = 13 \text{ сек.}$$

Найбільш відповідний час заливки металу у форму - 13 с.

$$\Sigma F_n = \frac{16.12}{0.45 \cdot 13 \cdot 7 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 14.12}} = 2,6 \text{ см}^2$$

Площі поперечних перетинів шлакоуловлювача і стояка визначаємо із співвідношення:

$$F_n : F_{ш} : F_{ct} = 1 : 1,1 : 1,5$$

таким чином: $F_{ш} = 2,86 \text{ см}^2$; $F_{ct} = 3,9 \text{ см}^2$.

Залежно від площі поперечного перетину визначаємо розміри шлакоуловлювача (рис.2.3.) і живильника (рис.2.4.). Довжину живильника беремо в межах 10 - 50 мм.

Перетин випора в підставі приймаємо рівне перетину стінки відливання. Для заливки металу використовуємо нормалізовані воронки, розміри яких вибираємо залежно від діаметру стояка і з урахуванням забезпечення нормальної заливки форми (рис.2.5.)

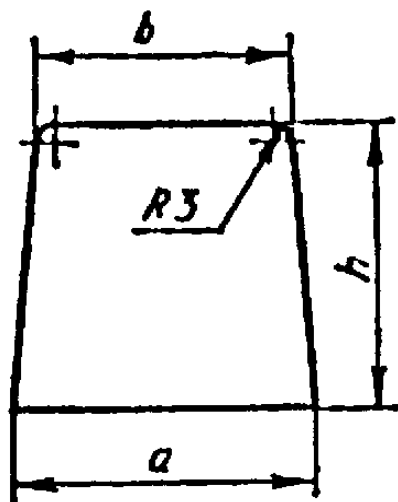


Рисунок 2.3 - Розміри шлакоуловлювача

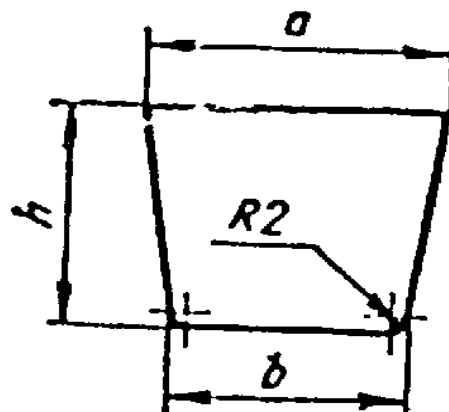


Рисунок 2.4 - Розміри живильника

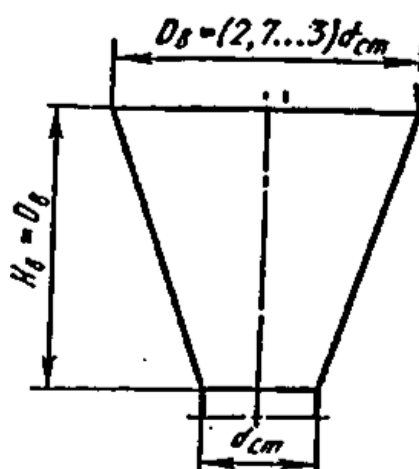


Рисунок 2.5 - Розміри воронки

Дані зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Розміри шлакоуловлювача, живильника і воронки

Найменування	Кіл-ть	Розмір, мм
Шлакоуловлювач :	1	
a		16
b		13
h		16
Діаметр стояка	1	16
Воронка	1	H = 43; D = 43

Живильник:	2	
a		15
b		12
h		8

2.10 Вибір способу заливки форм

Заливку проводимо з поворотного конічного ковша на комплексно - автоматичних лініях. Місткість ковша вибираємо, виходячи з того, що:

1. Вона повинна бути не менше металоемності найкрупнішої виливки в потоці;
2. У формі розташовується одна виливка;
3. З одного ковша передбачається заливка 4 - 6 форм;
4. Цикл обороту ковша не перевищує 20 хвилин.

Таким чином вибираємо конічний ковш місткістю 3 т.

2.11 Визначення температури розплаву при заливці у форму

Для забезпечення заповнюваної форми і отримання якісних відливань необхідно витримати задану температуру розплаву, що заливається. Вона залежить від виду сплаву і характеру затоки (табл.2.4).

Таблиця 2.4 - Рекомендована температура заливки форм

Сплав	Характеристика виливок	Температура розплаву, °С	
		При випуску з печі	При заливці форм
СЧ 10 – СЧ 18	дрібні	1380	1300
	середні	1360	1300

Проектоване відливання відноситься до дрібних відливань з СЧ - 15. Виходячи з цього приймаємо:

1. температура при випуску з печі - 1380⁰С;
2. температура при заливці форм - 1360⁰С.

2.12 Час охолодження відливань у формі

Регламентований час охолодження відливань у формі диктується необхідністю забезпечення повного затвердіння розплаву, виключення появи деяких усадкових дефектів, отримання потрібної структури металу відливання.

Залежність продовження охолодження у формі відливок з чавуну від їх ваги приведена в табл..2.5.

Таблиця 2.5 - Залежність продовження охолодження у формі вливок з чавуну від їх ваги

Маса вилівки, кг	Час охолодження , г	
	На конвеєрі	На плацу
10 - 30	0,15 – 0,4	0,8 - 2

Залежно від ваги і марки сплаву, а також з урахуванням того, що відливання охолоджуватиметься на конвеєрі приймаємо час охолодження - 0,4 г.

2.13 Визначення маси вантажу

Розрахунок маси вантажу виконуємо по формулі:

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

де K - коефіцієнт, що враховує гідроудар при підході металу до верхньої напівформи, $D_o = 1,5$;

H - гідростатичний натиск, дм;

$F_{відл}$ - площа відливання в плані, дм²;

$F_{л.с}$ - площа розрізу ливникової системи, дм²;

P_M - щільність металу, 7,8 кг/дм³;

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

$V_{ст}$ - об'єм стрижня, дм³;

Q - вага верхньої напівформи, 395 кг

$$B = 1,5 \cdot 2 \cdot 2,55 \cdot 7,8 + 2,8 \cdot (7,8 - 1,65) - 9 = 67,89 \text{ кг}$$

Розрахункова вага вантажу складає 67,89 кг.

За практичними даними, в більшості випадків вибирають вантаж, вага якого в 3 - 5 разів повинна бути більш за вагу вилівки, тобто максимальна вага - $16,12 \times 5 = 64,48$ кг

З досвіду цеху - аналога приймаємо вагу вантажу перевищуючу вагу вилівки в 4 рази, тобто = 65 кг.

3 Аналіз використання комплексних модифікаторів з метою підвищення властивостей чавуну

Важко переоцінити роль модифікаторів і лігатур в металургії і машинобудуванні. Саме вони забезпечують високу якість сплавів з особливими властивостями на нікель - хромовій і хромовій основах, сталі і чавуну, що знижує металоємність виробів. На виробництво спеціальних сплавів, як правило, витрачається дорога сировина. Тому, не дивлячись на те, що цих матеріалів в нашій країні у середині 80-х років вироблялося всього 6%, їх вартість складала більше 20% від загальної вартості всіх феросплавів, що випускалися.

У другій половині минулого століття вимоги до якості спеціальних легуючих і комплексних сплавів значно зросли. Різко підвищився попит на високоякісні сплави молібдену, вольфраму, ванадію, необію і інших рідкісних металів, а також з лужними і рідкоземельними елементами, магнійвмісткі модифікатори і ін.

Актуальною проблемою стало зниження витрат на виплавку спеціальних сплавів з одночасним поліпшенням їх якості.

У промислових масштабах виробляються сплави кальцію, РЗМ, магнію, барію. Значення сплавів, що містять лужноземельні і рідкоземельні елементи, постійно росте у зв'язку з виявленням нових галузей їх використання для поліпшення якості металу.

За даними вітчизняної і зарубіжної літератури обробка сплавів ЩЗМ і РЗМ дозволяє збільшити хладостійкість і зменшити анізотропію властивостей деформованого металу, наблизити властивості литої сталі, зокрема пластичність і в'язкість, до аналогічних характеристик деформованого металу. Відома ефективна дія ЩЗМ і РЗМ на підвищення пластичності неіржавіючих і жаротривких сталей і сплавів і поліпшення властивостей чавуну. Модифікований магнієм чавун має в своїй структурі кулястий або вермикулярний графіт, що дозволяє одержати метал, що перевершує сірий чавун по межі і міцності в 2-3 рази, і відповідно понизити масу металовиробів. Невеликі добавки РЗМ і ЩЗМ (0,01...0,03%) дозволяють одержувати тонкостінні відливання з сірого і високоміцного чавуну без відбілу.

Підвищення надійності і довговічності машин, що випускаються, і устаткування нерозривно пов'язане з поліпшенням показників якості литих деталей.

В цьому відношенні модифікація Fe-C сплавів для відливань є великим резервом: одночасно з підвищенням якості і експлуатаційних характеристик литого металу економляться дефіцитні легуючі елементи. Модифікація зводиться до введення в розплав невеликої кількості добавок, що викликають зменшення розмірів і сприятливу зміну форми структурних складових.

3.1 Основи модифікування

Модифікування є одним з найбільш ефективних способів дії на кристалізацію з метою отримання сприятливої структури графіту і матриці, а отже, і високих властивостей відливань. Вживані модифікатори класифікують на: графітізуючі, стабілізуючі і сфероїдизуючі.

Залежно від механізму дії, модифікатори ділять на дві групи:

- модифікатори 1 роду - поверхнево активні речовини, дія яких зводиться до виборчої адсорбції на гранях кристалів, що утворюються, що зменшує швидкість їх росту і збільшує кількість графіту (У, Са, Mg, Y, PЗМ);

- модифікатори 2 роду - тверді найдрібніші частинки калоїдних розмірів (< 20мкм), створюючи в розплаві додаткові вимушені зародки (центри кристалізації), що сприяє подрібненню графіту.

Процес модифікації носить тимчасовий характер, дія модифікаторів повністю зникає протягом 10-25 хв.

У виробництві відливань з СЧ застосовуються графітізуючі модифікатори для подрібнення графіту, усунення відбілу, а іноді і частково сфероїдизуюче для утворення графіту сприятливої форми. Модифікування СЧ доцільно при виробництві чавунів високих марок.

Основним модифікатором сірого чавуну є ФС 75. Для модифікації ферросиліцій в розмолотому вигляді (фракції 2-10 мм) вводять в розливний або роздаточний ківш під струмінь металу при температурі 1340-1400 °С в кількості, що становить 0,1-0,5 % маси рідкого металу. Модифікуючий ефект ферросиліція зберігається не більше 15 хв. Ферросиліцій ФС75 доцільно застосовувати для модифікування чавунів з низьким вуглецевим еквівалентом, а також при литті тонкостінних відливань.

Модифікуючу дію ферросиліція пов'язано з наявністю в ньому кальцію і алюмінію, які активно взаємодіють з киснем і азотом розплаву, утворюючи тугоплавкі з'єднання. Крім того, в розплаві утворюються локальні мікрооб'єми, збагачені кремнієм, в яких за наявності активних зародків полегшується виділення графіту. Масова частка алюмінію в промисловому ФС75 складає 1,5-2,5%, кальцію-0,6-1,3%.

Стронцій що містить ферросиліцій (1-2,0 % Sr) з низьким змістом кальцію (< 0,5 %) підвищує міцність сірих чавунів з пластинчастим графітом на 10-20 %, покращує форму і характер розподілу графіту в тонкостінних відливаннях, підвищує ступінь ізотропної структури в різних перетинах відливання.

Ефективність модифікування безпосередньо пов'язана з технологічними чинниками, такими як температура введення присадок, гранулометричний склад, час і місце введення модифікаторів.

Як правило, модифікація чавуну при температурі 1380-1420 °С забезпечує найбільш стабільні результати і високі показники якості чавунних відливань. Залежно від часу введення присадок розрізняють методи "пізнього" і звичайного модифікування.

Спосіб "пізнього" модифікування використовують з метою усунення впливу чинника часу на ефективність обробки чавуну. Цей спосіб одержав широкий

розвиток у зв'язку із застосуванням автоматизованих установок з індукційним обігрівом для заливки чавуну на конвеєрах і формувальних лініях.

Максимальний ефект досягається при застосуванні дрібнозернистих фракцій модифікатора (0,3-2 мм).

При порівнянні немодифікованих і модифікованих чавунів легко виявити відмінності в їх мікроструктурі (рис.3.1), що, у свою чергу, істотно впливає на механічні властивості відливання (рис.3.2). За допомогою модифікування можна керувати процесом формування включень графіту, ступенем евтектичного переохолодження чавуну, що дозволяє забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики відливань (поліпшується механічна обробка, підвищується міцність і пластичність, знижується чутливість мікроструктури до товщини стінок відливання, формується однорідніша мікроструктура).

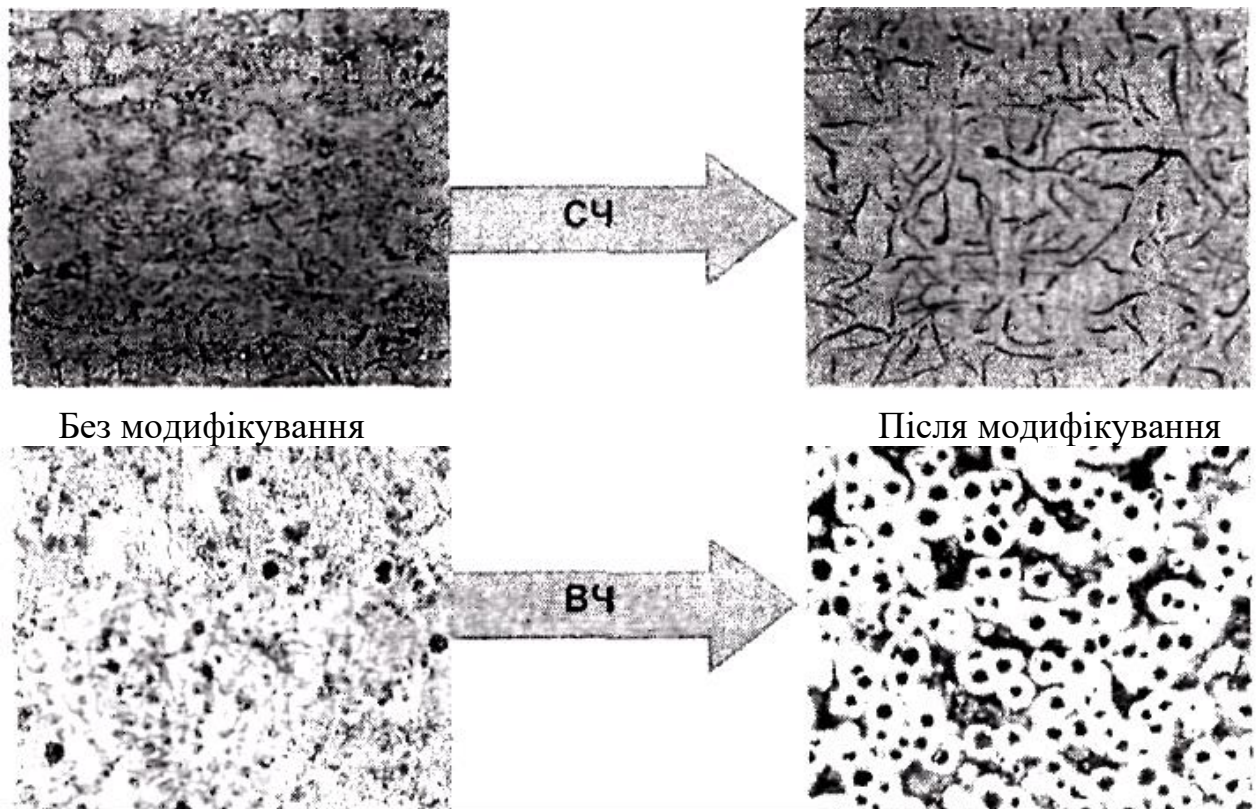
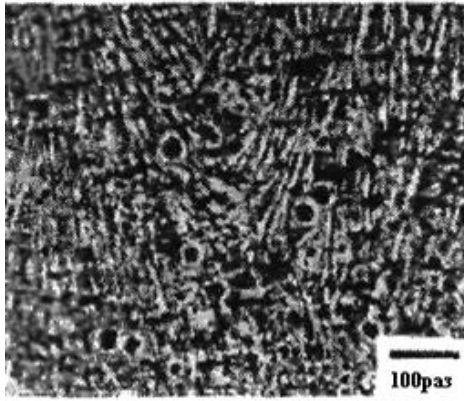


Рис.3.1 - Зразки мікроструктур немодифікованих і модифікованих чавунів

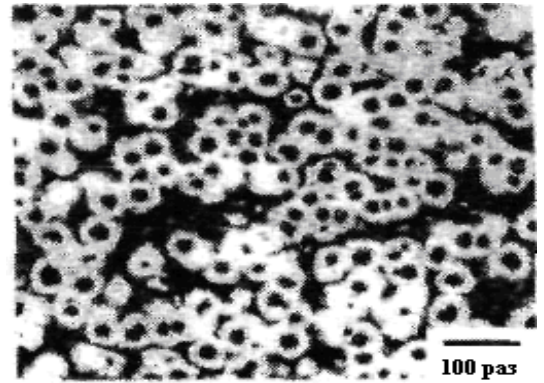


Немодифікований чавун

Межа міцності: 200 МПа

Подовження: 0%

Твердість: 700 НВ



Модифікований чавун

Межа міцності: 450 МПа

Подовження: 10%

Твердість: 180 НВ

Рис.3.2 - Вплив модифікування на механічні властивості високоміцного чавуну

В даний час міцно визначну роль відіграє не тільки хімічний склад і макробудова сплаву, але і його чистота (мікросклад), а також мікробудова у формуванні службових властивостей металовиробу, особливо для екстремальних умов експлуатації. При цьому під мікроскладом сплаву (наприклад, чавуну) розуміють не тільки вміст в ньому сірки і фосфору, але і ряду інших елементів-домішок, випадково або навмисно введених в розплав, а також склад і морфологію утворених ними хімічних асоціацій (неметалічних включень і інших «вторинних» фаз) [11].

Тому в практику ливарного виробництва в сторіччі, що минуло, міцно увійшла операція обробки розплавів спецферосплавами перед їх заливкою у форму. Причому разом з традиційними операціями рафінування і розкислювання, що вже стали, з'явилися нові технологічні операції мікролегування і модифікування. Особливо активно, починаючи приблизно з 50-х років, в цей процес почали залучатися елементи, що раніше не застосовувалися в чорній металургії, зокрема лужно- і рідкоземельні. При цьому виявлено як позитивний, так і негативний вплив окремих малих і мікроскопічних добавок на властивості різних сплавів. Наприклад, дуже великий вплив на механічні властивості конструкційного чавуну робить його сфероїдизуюча обробка (Рис. 3.3).

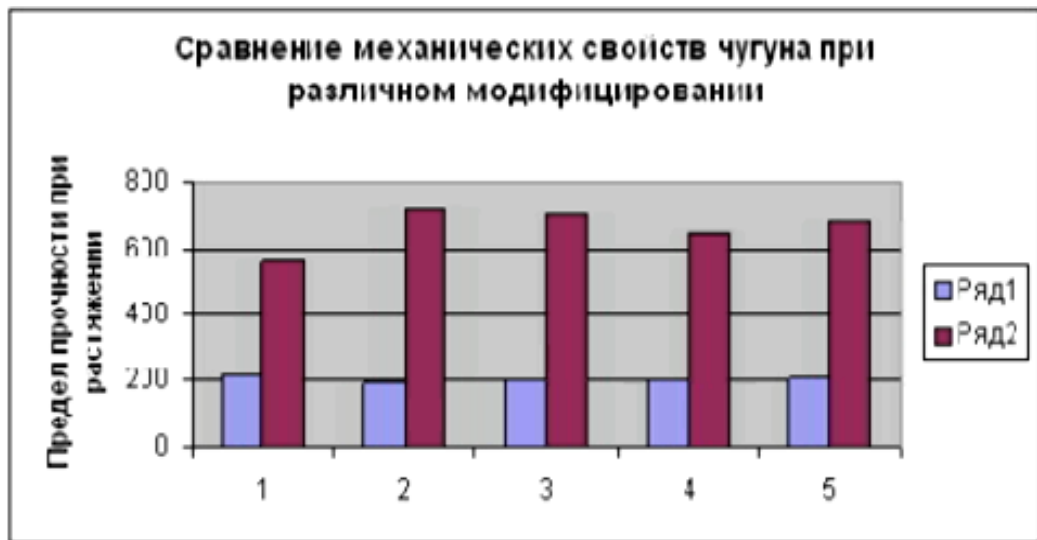


Рис. 3.3 - Вплив різного модифікування на механічні властивості чавуну:
 Ряд 1 - обробка тільки ФС75 (0,3 %)
 Ряд2 - обробка ФСМг521Ба2 (1,5 %) спільно з ФС75 (0,3 %)

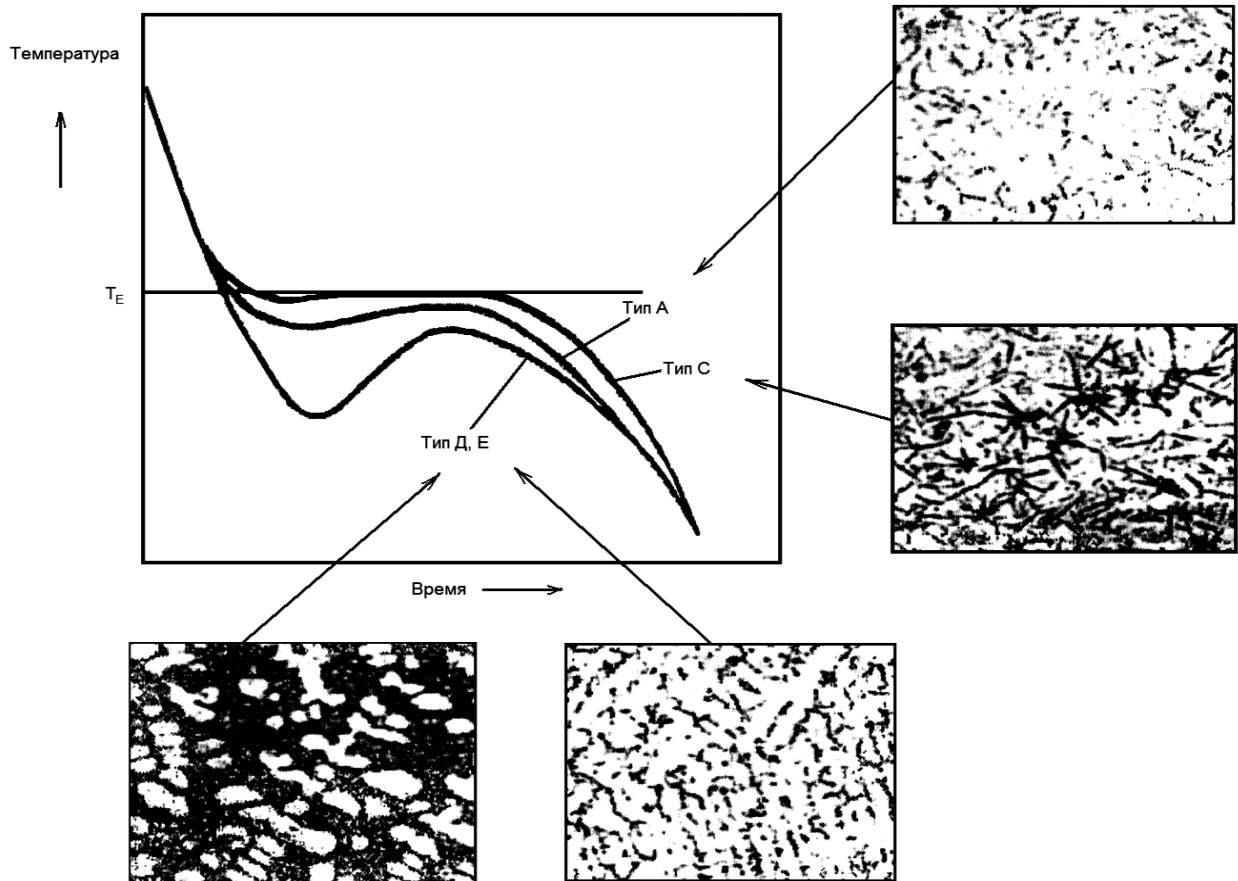
У складі чавуну, графітуючі елементи сприятимуть зв'язкам вуглець-вуглець для формування графіту в структурі, тоді як карбід стабілізуючі елементи сприятимуть зв'язкам вуглець-залізо, формуючи в структурі цементит. У табл. 3.1 представлений список деяких з таких стабілізуючих елементів.

Таблица 3.1 - Графітуючі і карбід стабілізуючі елементи

Графітуючі елементи	Si, P, Al, Ni, Co, Cu, Ca, Ba,
Карбід стабілізуючі елементи	V, Cr, Mn, Mo, W, N, Mg, PЗМ

Мікроструктура сірого чавуну визначається складом базового чавуну, швидкістю охолодження при кристалізації і способом графітуючого модифікування. На рис. 3.4 показані типи мікроструктур сірого чавуну, що формуються в процесі кристалізації при різних ступенях переохолодження.

Контроль за ступенем переохолодження дозволяє одержувати необхідний в більшості випадків графіт типу «А», що характеризується включеннями пластинчастого графіту, рівномірно розподіленими в повністю перлітовій матриці. Завданням модифікації є забезпечення формування достатньої кількості центрів кристалізації графіту, активних при малих ступенях переохолодження, сприяючи, таким чином, утворенню необхідних структур з графітом типу «А». Таким чином, модифікація є засобом перетворення небажаних форм графіту в потрібні.



- Графіт типу «А» - Графіт пластинчастий, прямолінійної форми з рівномірним розподілом
- Графіт типу «С» - Первинний графіт з нерівномірним розподілом
- Графіт типу «D» - Пластинчастий графіт, що виник після переохолодження
- Графіт типу «Е» - Пластинчастий графіт з міждендритним розподілом
- T_E - Температура евтектичного перетворення

Рис.3.4 - Структура графіту в сірих чавунах залежно від ступеня евтектичного переохолодження

Основними компонентами більшості модифікаторів сірого чавуну, особливо вагранкового, є порошкоподібний графіт і ферросиліцій. Для підвищення якості виливків відповідального призначення, зокрема для деталей гірничо-металургійного устаткування (прокатних валів, виливниць, мелючих куль, насосів і ін.) застосовують модифікатори, що містять Ca, Ba, Sr РЗМ, Ti, Zr, а також інокулюючі добавки у вигляді карбідів, силіцидів, нітридів (табл. 3.2).

Про багатогранність дії магнію, ЩЗМ, ЩМ і РЗМ свідчать приведені в табл. 3.3 і 3.4 дані про спорідненість цих елементів до домішок сталі і сплавів, запозичені з літератури.

Таблиця 3.2 - Вплив модифікуючих добавок на властивості сірого чавуну

Чавун	Зменшення глибини відбілу	Збільшення міцності	Зменшення глибини відбілу і збільшення міцності
Чавун з низьким змістом сірки (електропічний)	Si – PЗМ, SiSr, SiCa, SiC	Si – PЗМ, SiZr, Ti, FeTi	Si – PЗМ, SiCa, SiBa, SiCaBa, SiZr, SiC
Чавун з високим вмістом сірки (вагранковий)	Графіт, FeSi, SiC	FeTi, SiZr	SiCa, SiBa, SiCaBa, SiZr

З табл. 3.3 видно, що спорідненість до кисню, водню, сірки, миш'яку, свинцю, сурми, вісмуту і цинку істотно збільшується по мірі зростання порядкового номера лужноземельних елементів в періодичній системі Менделєєва. Винятковою дією володіють рідкоземельні метали. Великим спектром дії на властивості металу можуть володіти також лужні елементи, практично не використовувані в чорній металургії.

Розчини лужноземельних, лужних і рідкоземельних елементів із залізом і багатьма іншими перехідними металами (табл. 3.4) мають позитивні або невеликі негативні відхилення від ідеальних розчинів, що визначає низьку розчинність активних елементів в сталі і сплавах. З іншого боку, це повинно негативно позначатися на відновлюваності перерахованих елементів у присутності перехідних металів.

Для обробки сталі і чавуну запропоновано велику кількість комплексних сплавів, що містять магній, лужноземельні, рідкоземельні та інші активні елементи. Серед методів отримання таких відзначимо метало- і вуглетермічні процеси, електроліз, сплав компонентів та інші.

Сплави з кальцієм.

Основа сплавів є силікокальцій із вмістом від 10 до 35% Ca, отриманий як вуглетермічним, так і силікотермічним способами. Розвивається виробництво комплексних сплавів на основі силікокальція, що містять додатково різні активні елементи. На Челябінському електрометалургійному комбінаті освоєно виробництво силікокальція з магнієм (сплави марок ЖКМК, що містять 8...16% Ca, 3...12% Mg) для отримання відливаних з високоміцного чавуну, силікокальція з титаном (сплави марок СКТІ, що містять 10...15% Ca, 7...12% Ti) і силікокальція з ванадієм (сплави марок КВДК, що містять 10...15% Ca, 7...12% V) для обробки колеса бандажної і рейкової сталі. При цьому добавки вводяться в ковш (чушковий магній, титанові відходи) або в піч (феррованадій).

Таблиця 3.3 - Спорідненість домішок сталі і сплавів до активних елементів

Елементи	O	N	H	C	P	Si	As	Pb	Sb	Bi	Sn	Zn
Максимальна теплота взаємодії ($-\Delta H_f$), кДж/моль												
Al	557,8	317,7	4,5	69,0	166,4	240,9	147,9	(-39,1)	(-7,53)	(-31,0)	5,1	12,5
Si	455,0	187,5	29,6	117,0	69,0	102,4	(-1,67)	(-47,3)	(-28)	(-47,3)	(-20,9)	(3,6)
Mg	600,6	230,5	45,5	-26,3	267,5	346,9	200,6	52,7	165,1	112,3	76,3	26,8
Ca	632,8	219,4	93,0	29,3	250,8	459,8	289,7 (251)	(200)	(238)	240,3	484,9	135,6
Sr	602,7	195,2	89,0	(25...40)	313,5	451,8	310,9 (268)	(228)	(265)	(243)	(195)	(105,5)
Ba	614,5	181,6	92,8	37,6	246,6	443,1	(290)	(292)	355,7	267,5	376	113,0
Y	634,5	298,8	92,8	267,5	(300...380)	384,5	(385,9)	(229)	(315)	(254)	(200)	(102,6)
La	597,1	304,3	83,6	246,6	310,6	392,9	306,8	(266)	293,9	276,3	195,2	(177,5)
Ce	606,1	326,0	87,8	242,8	(300...580)	493,2	288,0	170,5	(330...350)	-	-	-
Li	598,2	196,5	89,9	29,7	(150...180)*	448,9	339,8	158,8	325	221,5	204,8	(26)
Na	420,9	(100... 150)	56,4	18,0	133,8	386,2	271,7	(64)	254,9	190,6	78,6	(-28)
K	362,8	73,1	33,0	3,97	(120...140)*	428,0	286,3	(90)	265,4	226,1	(29)	(-70)
Ti	519,1	337,8	144,2	183,5	282,6	(250...3 00)*	149,6	-	284	(160...200)*	(5...20) *	(5...30)*
Zr	543,4	418,0	84,4	206,9	(310...350)*	250,8	(210...250)*	-	(240...280) *	(170...230)*	(5...20) *	31,8

* Приведені дані з довідкової літератури, розраховані за допомогою комірчастої моделі (у дужках) і за оцінкою з побудов: максимальні теплоти - порядковий номер елемента (у дужках із зірочкою).

Таблиця 3.4 - Спорідненість активних елементів до алюмінію, кремнію і деяких перехідних елементів

Елементи	Al	Si	Fe	Ni	Cu	Cr	Mn
Максимальна теплота взаємодії ($-\Delta\bar{H}_i$), кДж/моль							
Al	-	11,37	122,9	163	71	104,5	112,8
Si	28,2	-	118,7	196,5	(36)	137,9	109,5
Mg	45,6...68,1	39,7	(-77,9)	10...71(15,9)	31,5 (37,7)	(-107)	-46,5
Ca	52,2...225 (95,8)	147...167 (164,1)	(-12*)	(37,3)	(103)	(-195)	(-102)
Sr	200...406 (88,7)	170...774 (163)	(-185)	(5,8)	(94)	(-262)	(-152)
Ba	113...217 (92,7)	97,8...237 (174)	(-212)	(-1,26)	(99,2)	(-298)	(-175)
Y	184,5	135	26,6	(160,3)	(147,7)	(-58)	7,5
La	209 (205,9)	209 (297)	(-108)	(68,2)	(113,4)	(-173)	(-77)
Li	50,1 (13,4)	36,2 (45,6)	(-93)	(-2,93)	(38,5)	(-130)	(-75)
Na	(-58,6)	(23,4)	(-277)	(-139,8)	(-43,9)	(-329)	(-235)
K	(-118)	(-64,5)	(-431)	(-234,8)	(-99,6)	(-515)	(-387)

* Примітка. Приведені дані довідкової літератури і розраховані за допомогою комірчастої моделі металу (значення в дужках); для магнію і ЦЗМ - мінімальні і максимальні значення, що зустрічаються в довідниках.

На Ключевському заводі феросплавів освоєно виробництво силікокальція з цирконієм (від 3 до 8% Zr), для розкислювання і модифікації рейкової сталі. Процес заснований на електропічному металотермічному відновленні оксидів кальцію і цирконію.

Основна кількість сплавів кальцію виготовляється силікотермічним способом, який разом з перевагами в порівнянні з вуглетермічним (висока продуктивність, поліпшення умов праці) має істотні недоліки: низьке виділення кальцію з його оксиду (20...25%), використання значних кількостей дефіцитного плавикового шпату (150...300 кг/т). Виробництво комплексних сплавів з кальцієм характеризується порівняно низьким виділенням з дефіцитної сировини таких елементів, як магній, титан, ванадій, цирконій (70...85%). Для силікотермічного виробництва силікокальція актуальні дослідження шляхів підвищення виділення кальцію і кремнію, зниження енергетичних витрат. У виробництві комплексних сплавів кальцію з активними елементами потрібні оптимізація складів для різних областей використання і розробка заходів, що забезпечують підвищення виділення рідкісних елементів.

Сплави з магнієм.

Існуючі промислові способи отримання сплавів з магнієм засновані на розчиненні чушкового магнію в рідких ферросиліції або силікокальції або на сплаві магнію з ферросиліцієм, нікелем або міддю. Виробництво характеризується порівняно низьким рівнем засвоєння магнію (65...80%), що пов'язано з його активністю і низькою температурою кипіння.

Із загального об'єму виробництва в 1987 році (-8 тис. т) близько 60 % магнійвмістких сплавів використовувалося у виробництві відливань з високоміцного чавуну (ВЧ), решта кількості - у виробництві рейкової сталі. У ряді робіт показана перспективність застосування магнійвмістких сплавів для розкислювання і модифікації конструкційних сталей. Із зарубіжної практики відоме застосування сплавів з відносно невисоким вмістом магнію (1...3%) для модифікації сірого чавуну. Найгостріше стоїть питання в даний час про різке розширення випуску цих сплавів для виробництва відливань з високо-міцного чавуну. Збільшення виробництва відливань з ВЧ дозволяє істотно заощаджувати метал, зменшити масу металоконструкцій в машинобудуванні, підвищити стійкість виливниць в металургійному виробництві і ряді інших виробів, що виготовляються з сірого чавуну. Широке застосування відливань з ВЧ повинно сприяти підвищенню надійності багатьох машин і механізмів а, отже, є одним з напрямів підвищення загального рівня машинобудування.

Магній є дефіцитним матеріалом. Тому необхідні розробки, направлені на економію магнію за рахунок зниження його вигару при отриманні модифікаторів. Актуальна також розробка технологій, заснованих на використанні відходів сплавів магнію і на відновленні магнію з його оксиду. Можливість металотермічного відновлення магнію з магнезиту або доломіту показана у ряді робіт Одержувані при цьому сплави з підвищеним вмістом кальцію (8...18%) при відносно невисокому вмісті магнію (2...5%) не знайшли ефективних областей застосування, і дослідження металотермічного процесу їх отримання були припинені. Нові галузі застосування магнійвмістких модифікаторів і дефіцит магнію є підставою для відновлення досліджень у області вдосконалення технології прямого отримання сплавів магнію з відходів і оптимального їх використання.

У вітчизняній літературі широко рекламувалися модифікатори, що відрізняються високим вмістом кальцію (8...12%). Проте присутність кальцію привела до уповільнення розчинення модифікаторів і необхідності застосування плавикового шпату. Ці модифікатори виявилися не придатними для прогресивної, широко поширеної за кордоном технології модифікації у формі "Інмолд процес": У зарубіжній практиці при виробництві відливань з ВЧ використовують сплави магнію з обмеженим вмістом кальцію: "Прокалой-16" (6...8% Mg, 0,3...0,8% PЗМ, 0,2...0,6% Ca, ост. Si, Fe), "Прокалой-36" (3,5...4,5% Mg, 1...2% PЗМ, 0,8...1,1% Ca, ост. Si, Fe) і ін. Споживачам пропонується також широкий сортамент сплавів з підвищеним вмістом кальцію, PЗМ і інших активних елементів.

Основними завданнями у галузі виробництва магнійвмістких модифікаторів є оптимізація складів сплавів для різних областей застосування і вибір технологічних варіантів їх отримання з урахуванням стану сировинної бази.

Матеріали для вторинного модифікування

У нашій країні в ливарному виробництві як засіб проти відбілу, окрім ферросиліція марки ФС75Л використовують силікокальцій, сплави з РЗМ, ферросиліцій з барієм. У зарубіжній практиці поширено застосування ферросиліція з добавкою стронцію (0,5...1,5%), кальцію (1...2%), цирконію (1...3%), магнію (0,5...2,0%). На відміну від вживаних у вітчизняній практиці сплавів кремнію, що містять до 1,5...2,0% Al, за кордоном широко поширені сплави з низьким змістом алюмінію (менше 1,0 або 0,5%). Одержали широке застосування сумішеві модифікатори типу "Escaloy", що є механічними сумішами зерен розмірами 0,5...2,5 мм, що містять силікокальцій, ферросиліцій, графіт і карбід кремнію. Поставлені зарубіжними фірмами за ліцензійними угодами партії деяких нових модифікаторів випробувані на вітчизняних машинобудівних заводах і показали високі результати при виробництві високоякісного верстатного і інших видів литва, зокрема, можливість отримання відливаних чавуну з пониженим вмістом кремнію без відділу, забезпечення постійності механічних властивостей в різних їх перетинах.

Для забезпечення ефективної вторинної модифікації і поліпшення властивостей відливаних з сірого чавуну необхідні дослідження по вибору складів модифікаторів і розробка технології їх виробництва.

Спеціальні комплексні сплави з алюмінієм

Існує потреба у виробництві ряду сплавів з лужноземельними і рідкоземельними металами, бором, ванадієм і ланкою інших елементів з алюмінієм. Для підвищення пластичності жароміцних сплавів на нікелевій основі ефективно застосування алюобарієвої лігатури (40...50% Ba, ост. - Al) для інтерметалідного зміцнення сплавів на основі алюмінію потрібні сплави алюміній-титан-бор.

Перспективне використання сплавів кальцій-алюміній, кальцій – барій - алюміній, кальцій - РЗМ- алюміній і ряду інших безкремнистих комплексних розкислювачів які одержують сплавом чистих металів або позапічним алюмініотермічним способом.

Потреба в сплавах на основі алюмінію і дефіцит чистих металів ставлять на порядок денний розробку нових, ефективних методів їх отримання.

Екзотермічні феросплави і склади для прямого легуванні.

При легуванні сталі в пічних агрегатах чад легуючих елементів складає: марганцю - 25...40%, кремнію - 17...30%, хрому - до 20%. Великі також втрати рідкісних елементів: ванадію і необія (10...15%), вольфраму (5...7%). Значне скорочення чаду легуючих елементів спостерігається у разі введення

роздроблених феросплавів в ковш. Проте цей спосіб освоєний тільки для низьколегованих сталей в мартенівських печах і конвертерах. До недоліку способу відноситься значне зниження температури металу (до 20...25 градусів при введенні 1% легуючих елементів). Приймається на підставі літературних і розрахункових даних, що максимальна кількість феросплавів, що вводяться в ковш, не повинна перевищувати 1,5...2,0%. Гранична кількість феросплавів, що розчиняються в ковші, зменшується при легуванні щодо невеликих мас металу (3...20т), що характерне для ряду ливарних цехів, особливо на машинобудівних підприємствах, а також для виробництва спеціальних сталей і сплавів.

Розширенню можливостей легування сталі в ковші сприяє застосування спеціальних легуючих складів, під час розчинення яких відбувається виділення тепла: екзотермічних феросплавів і складів для прямого легування.

Екзотермічні феросплави є сумішшю подрібнених феросплавів збрикетованих з термічними і флюсуючими добавками. Як окислювачі звичайно використовуються натрієва селітра або інші кисневі солі, в результаті взаємодії яких з алюмінієм або кремнієм виділяється значна кількість тепла. Склади для прямого легування складаються з суміші оксидів, руд або концентратів різних елементів, відновників (Al, Si, Ca) і флюсуючих добавок. В результаті взаємодії компонентів таких складів відбувається відновлення легуючих елементів при тепловиділенні від металотермічних реакцій.

У металургійній практиці США, Японії, Англії, Норвегії і інших країн використовуються екзотермічні склади з марганцем, хромом, кремнієм, ванадієм, ніобієм, вольфрамом, молібденом. До переваг екзотермічних складів, окрім компенсації тепла на розчинення легуючих елементів і підвищення продуктивності плавильних агрегатів, відносять високе і стабільне засвоєння легуючих елементів сталлю і чавуном при рівномірному розподілі їх за об'ємом металу, що дозволяє випускати метал із змістом елементів, близьким до нижньої межі.

Розроблені і успішно випробувані в промислових умовах екзотермічні брикети на основі ванадієвих конвертерних шлаків для легування сталі ванадієм в ковші, що забезпечують перехід в сталь до 95.. .97% ванадію і підвищення його використання на 20...25%

Упроваджено пряме легування сталі ванадієм в електропечах конвертерним шлаком з одночасною присадкою у ванну відновників: ферросиліція і алюмінію. До істотної економії марганцю приводить, розроблена Донецьким політехнічним інститутом, технологія прямого легування сталі в конвертері марганцем з його концентратів з використанням як відновник алюмінію.

Виробництво і застосування екзотермічних феросплавів і складів для прямого легування є одним з перспективних напрямів металотермії, що забезпечують економію тих, що легують.

Магнійвмісткі модифікатори і розкислювачі. Базові склади.

В результаті лабораторних і промислових досліджень встановлено, що для значної частини відливань з високоміцного чавуну вміст лужноземельних і рідкоземельних елементів в модифікаторах повинен бути обмежений невисокими концентраціями. Так, для внутрішньоформеного модифікування, найбільш перспективної з сучасних методів обробки чавуну, у разі низького (менше 0,01%) вмісту сірки в металі ефективними виявилися модифікатори, що містять 6...8% Mg, 0,3...1,0% РЗМ, 0,3...1,8% Ca, 40...55% Si, ост. Fe, близькі по складу до поширених в зарубіжній практиці модифікаторів типу "Прокалой-16". При концентраціях сірки в чавуні 0,02...0,05% потрібні модифікатори, що містять 8...12% Mg, підвищені кількості РЗМ, кальцію, барію. В умовах ковшевого модифікування оптимальними концентраціями кальцію опинилися 2...4% (зниження відбілу в тонкостінних відливаннях), барію - 1...3% (зниження відбілу і підвищення "живучості" модифікації). Збільшення змісту цих елементів понад оптимальні кількості призводить до зниження швидкості розчинення модифікаторів, що вимагає підвищення температури рідкого чавуну або їх застосування з добавками фторидів. Спостережуваний ефект додаткового впливу кальцію або барію на збільшення кількості включень графіту в більшості випадків не виправданий, зважаючи на значну вартість цих елементів і істотне підвищення вибухонебезпеки операцій підготовки модифікаторів до використання.

В результаті досліджень, зроблений висновок про неперспективність розвитку виробництва модифікаторів на основі силікокальцію (типу ЖКМК), що містять при 6... 12 % Mg близько 8... 12 % Ca.

Встановлено, що надмірна кількість РЗМ приводить до зменшення виділень графіту і підвищує схильність чавуну до відбілу. Корисна дія добавок РЗМ, підвищення ступеня сфероїдизації графіту виявляються при обробці чавуну, що містить домішки демодифікуючих елементів (Pb, Zn, Bi і ін.).

Збільшення в модифікаторах змісту алюмінію від 1,0 до 6,0% за наявності невеликих кількостей кальцію і РЗМ (до 2%) не погіршує форму графіту, а в тонкостінних відливаннях викликає зменшення кількості цементиту.

З урахуванням можливості спрощення технологічних процесів отримання модифікаторів проведені широкі випробування модифікаторів з пониженим вмістом магнію.

Для чавуну з низьким змістом сірки (менше 0,01...0,02%) в умовах ковшевої обробки металу встановлена можливість отримання відливань з високоміцного чавуну при використанні модифікаторів, що містять 2,5...4,0% Mg, близьких по складу до відомих в зарубіжній практиці модифікаторів "Прокалой-36" (Англія), "Ремаг" (США). Для підвищення ефективності низькомагнієвих модифікаторів виявилось необхідним введення в їх склад лужноземельних і рідкоземельних елементів в кількості від 1...2 до 4...10%. Гідністю цих модифікаторів є незначний піроефект при їх розчиненні в чавуні.

Модифікатори із змістом магнію 1...2% ефективні для зменшення відбілу або для попередньої рафінуючої обробки чавуну. При введенні в ці склади титану, РЗМ і інших активних елементів вони забезпечують отримання відливань з чавуну з вермікулярним графітом.

Встановлено, що стабільність дії модифікаторів підвищується при збільшенні в них концентрації заліза з 25...30% до 40...50%. Це може бути пов'язано з зниженням температури плавлення сплаву, а також з підвищенням активності магнію і лужно-земельних елементів із-за перерозподілу зв'язків кремнію між ними і залізом.

Узагальнення накопиченого досвіду дозволило розробити технічні умови на постачання магнійвмістких модифікаторів (ТУ-14-5-134-86), що враховують вимоги різних споживачів і реальні можливості виробництва (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Хімічний склад магнійвмістких модифікаторів (ТУ 14-5-134-86)

Позначення	Масова частка, %					
	у межах				не більше	
	Mg	Ca	PЗМ	Si	Al	Fe
ФСМг9	8,5...10,5	0,2...1,0	0,3...1,0	50...60	1,2	ост.
ФСМг7	6,5...8,5	0,2...1,0	-"	45...60	1,2	ост.
ФС Мг5	4,5...6,5	0,2...1,0	-"	45...60	1,2	ост.
ФС Мг4	3,5...4,5	0,2...1,0	1...2	45...65	1,2	ост.
ФСМг3	2,5...3,5	2...4	-"	45...65	2,5	ост.
ФСМг2	1,5...2,5	2...4	-"	45...65	2,5	ост.

Діючими технічними умовами передбачається введення в базові склади при необхідності додаткової дії на структуру і властивості металу різних активних елементів (Ba, PЗМ, Zr, Ti). Дослідження дозволили виявити оптимальні класи розмірів частинок модифікаторів для різних призначень. При ковшевій обробці чавуну і сталі залежно від місткості ковшів можуть бути використані модифікатори в шматках розміром від 20 до 100 мм. При внутрішньоформенному модифікуванні повинні використовуватися частинки вузьких фракцій (1.1.5, 5...10, 1...10мм і ін.) з відділенням пилоподібних фракцій. Пилоподібні фракції (менше 1,0 мм) доцільно використовувати при обробці чавуну або сталі газопорошковими сумішами. Іншими напрямками використання пилоподібних фракцій є виготовлення брикетів для ковшевої обробки чавуну або порошкового дроту, ефективність якого для модифікації показана у ряді зарубіжних робіт.

Висновки

Даний проект чавуноливарного цеху може бути застосований для будівництва натурального цеху на території ФЧЛЦ ТОВ «ЛМЗ» при «АрселорМіттал Кривий Ріг» або на іншому металургійному підприємстві. Цех оснащений комплексно механізованим і автоматичним устаткуванням, що

сприяє зниженню ручної праці і підвищенню якості виробництва виливок. Переваги цеху наступні:

1. Для доставки різних матеріалів в цех і готової продукції на склад, підведено декілька залізничних віток, непересічних один з одним.

2. При виникненні аварійної ситуації, вантажопідйомні механізми цеху можуть бути взаємозамінними.

3. Для зменшення виробничої площі, передача формувальних і стрижньових сумішей на лінії проводиться за допомогою підвісних закритих конвеєрів.

4. У спеціальній частині проекту вивчені методи позапічної обробки чавуну комплексними модифікаторами, що важливо для отримання якісного литва.