

Криворізький національний університет

(повне найменування інститут, факультет)

Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до роботи бакалавра

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 25000 тон
виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг

Виконав студент 3 курсу, групи МТ-22ск

напряму підготовки (спеціальності)

136 - Металургія

(шифр і назва)

Крильо Ю. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 25000 тон
виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг

Виконав: студент групи МТ-22ск

Керівник випускної роботи

Н.контроль

Завідувач кафедри

Крильо Ю. І.

Саїтгарєєв Л.Н.

Саїтгарєєв Л.Н.

Савельєв С.Г.

Кривий Ріг

2025р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

Зав. кафедрою

Савельєв С.Г.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

1. Тема роботи: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 25000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг.

2. керівник роботи: к.т.н., ст..викладач Саїтгарєєв Л.Н.

затверджено наказом по КНУ від « ____ » 2025 р. № 204с

2. Строк подання роботи студентом « ____ » _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

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

1.

2.

3.

5. Перелік графічного матеріалу:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Крильо Ю. І.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Саїтгареев Л.Н.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу бакалавра: «Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 25000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг»: с., 20 рисунків, 30 таблиць, 7 літературних джерел.

В цій роботі описується проектування чавуноливарного цеху.

1 У загальній частині описується обґрунтування й розрахунок виробничої програми цеху та відділень.

2 У технологічній частині пояснюється технологічний процес виготовлення виливка.

3 У спеціальній частині пояснюється використання керамічних фільтрів для відділення шлакових включень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕХ, ПРОГРАМА, ВІДДІЛЕННЯ, ВИЛИВКИ, ФОРМА, ФІЛЬТР.

ЗМІСТ

Вступ

1 Загальна частина

- 1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО)
- 1.2 Характеристика проектного цеху
- 1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху
- 1.4 Фонди часу роботи устаткування і робітників
- 1.5 Обґрунтування й розрахунок виробничої програми цеху
- 1.6 Плавильне відділення
 - 1.6.1 Програма відділення (баланс металу та 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 й потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах
 - 1.6.6 Технологія плавки й видачі металу
- 1.7 Ковшова ділянка
- 1.8 Формовочно – заливочне відділення
 - 1.8.1 Організація технологічних потоків
 - 1.8.2 Розрахунок кількості потокових ліній
- 1.9 Стрижневе відділення
 - 1.9.1 Програма стрижневого відділення
 - 1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів
 - 1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування
- 1.10 Сумішоприготувальне відділення
 - 1.10.1 Програма сумішоприготувального відділення
 - 1.10.2 Розрахунок кількості устаткування
- 1.11 Розрахунок площі цеху

2 Технологічна частина

- 2.1 Розробка технологічного процесу виготовлення виливця
- 2.2 Аналіз замовлення
- 2.3 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливки
- 2.4 Визначення положення виливки у формі при заливці
- 2.5 Визначення ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями
- 2.6 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту
 - 2.6.1 Конструкції і розміри модельних комплектів
 - 2.6.2 Забарвлення і маркування модельного комплекту
- 2.7 Визначення розмірів і конструкції опок
- 2.8 Проектування і розрахунок ливниково – живильної системи
- 2.9 Вибір способу заливки форми
- 2.10 Визначення температури розплаву при заливці у форму
- 2.11 Тривалість охолодження виливки у формі
- 2.12 Визначення маси вантажу (що виштовхує сили)

3 Спеціальна частина

3.1 Використання керамічних фільтрів для відділення шлакових включень при заливці форм чавуном

3.2 Теоретичні основи фільтрації

3.3 Види фільтрів

3.4 Принцип дії фільтрів

3.5 Очищення сірого чавуну

3.6 Технічні дані керамічних

3.7 Дія керамічних фільтрів

3.8 Рекомендації до використання керамічних фільтрів

3.9 Транспортування і складування керамічних фільтрів

Висновки

Література

ВСТУП

Значення ливарного виробництва в економіці величезне: майже всі прилади чи машини містять литі деталі. Лиття - один з найдавніших методів, який з давніх-давен застосовували для виготовлення металургійних виробів: спочатку з міді та бронзи, потім з чавуну, а далі - зі сталі й інших тугоплавких сплавів.

Перевага ливарного виробництва - можливість виготовлення складних деталей практично без обмежень за розміром; виливки можна виготовляти з будь-якого матеріалу: металу, пластмаси, гірських порід, шлаку.

Мета спеціалізації ливарного виробництва - оптимальна концентрація однорідних виливків, що створює передумови для високоефективного використання нової техніки, продуктивних технологічних процесів та агрегатів, засобів комплексної механізації й автоматизації. Усе це дозволяє досягти найбільшої продуктивності праці за високої якості та найменшої собівартості виливків.

Основними процесами ливарного виробництва є плавка, виготовлення форм, заливка металу та охолодження, вибивання, очищення, обрубкування виливків, термічна обробка й контроль якості виливків. Залежно від металів і сплавів, розрізняють виливки з чорних і кольорових металів та сплавів.

Найбільш поширеним способом виготовлення виливків є лиття в піщані форми, а також активно розвиваються способи лиття: в кокіль, під тиском, по виплавлених моделях, відцентрове, в оболонкові форми, що дозволяють отримати виливки підвищеної точності з чистою поверхнею.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО)

Техніко-економічне обґрунтування проекту показує необхідність впровадження нових технологій, нового устаткування, нового виробництва . Техніко-економічне обґрунтування проекту включає:

- загальне резюме проекту;

-опис загальної ідеї техніко-економічного обґрунтування (потреба в збільшенні об'ємів діяльності, потужностей виробництва, зміна технології або схеми виробництва);

-обґрунтування діяльності (обґрунтування вибору технології, придбання устаткування, зміна схеми виробництва, будівельні рішення);

-економічне обґрунтування (розрахунки фінансових показників в результаті діяльності в рамках проекту);

-висновки і пропозиції (дається загальна оцінка економічної доцільності і перспектив впровадження проекту).

На основі аналізу виробничої програми діючого цеху-аналога, виявлено, що не задовольняється попит на чавунне лиття не тільки для потреб комбінату, але й для підприємств криворізького регіону, яке складає 25-30 т, тон за рік.

В даний час у цеху-аналогу основною частиною в загальному виробництві складають підони, колеса, патрубки. Із збільшенням виробництва на «Арселор Міттал Стіл Кривий Ріг» виріс попит на запасні деталі змінного технологічного устаткування. Купувати деталі (запчастини), змінного устаткування, на інших підприємствах економічно не вигідно, але цех-аналог, що в той же час діє, з причини малої механізації, не справляється з тією кількістю замовлень, яка є зараз.

1.2 Характеристика проектного цеху

По виду сплава цех – чавунного лиття, марка чавуну яка плавиться у цеху-СЧ 20і СЧ 25.

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

Продуктивність проектного цеха складає 25 тис. т чавунного лиття на рік. По розважуванню - цех дрібного лиття. У виробничій програмі цеху передбачений випуск виливків з розважуванням до 50 кг.

При проектуванні устаткування було обрано два технологічних потоки.

Цех укомплектовано кваліфікаційними кадрами робочих та спеціалістів, оснащено обладнанням та потрібними інструментами.

Перспективним напрямком є потужність цеху, обрана з урахуванням розширення й удосконалення виробництва продукції.

По ступені механізації - проектований цех відноситься до цехів з комплексно-автоматизованими лініями.

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

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

Виходячи із цих факторів, прийнятий паралельний двозмінний режим роботи.

Вибір такого режиму роботи обумовлений тим, що при цьому можливе створення найкращих умов організації праці й, крім цього, існує можливість постійного обслуговування технологічного устаткування.

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

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

1.4 Фонди часу роботи устаткування і робітників

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 й святкові дні, про тривалість робочого дня й тривалості відпусток. Розрізняють календарний (Φ_k), номінальний (Φ_n) і дійсний (Φ_d) фонди часу.

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

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

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

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

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

Устаткування	При двох змінах	
	Втрати від номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу, г
Ливарне устаткування цеху масового виробництва	4	3975
Дробометні камери	-	-
Автоматизовані формувальні й стрижневі лінії	12	3645

Печі сушильні та камерні	4	3975
Зварювальне обладнання	5	3935
Металоріжуче та дерево оброблююче обладнання	3	4015
Робочі місця без обладнання	-	4140

Таблиця 1.2 - Структура річного бюджету часу одного робітника

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

1.5 Обґрунтування й розрахунок виробничої програми цеху

Розрахунок проекту виконується по наведеній програмі. Для цього підбираються технологічні дані тільки для частини номенклатури виливків і вибираються найбільш характерні виливки - представники

Основою для проектування є виробнича програма ділянки чавунного. У таблиці 1.3 представлена подетальна річна програма виробництва виливків у цеху.

Співвідношення вагових груп відповідно до потреби, в перспективі збільшується пропорційно об'єму виробництва. За рахунок впровадження автоматизації і механізації в проектованому цеху, а також новій технології організаційно-технічних заходів, знижується кількість браку, ви продукції, що пускається. Втрати від браку в цеху-аналогі складають 4,5%, тоді як в аналогічних цехах з повною автоматизацією і механізацією брак складає 1,5-2%.

У проектованому цеху передбачена ділянка ремонту і профілактичних оглядів оснащення. Ручна праця повністю виключається при формуванні і збірці, за рахунок автоматизації виробництва. При організації роботи ВТК (відділ технічного контролю), по технічних переділах, упор робиться на сучасні прилади і пристосування, які спрощують приймання готової продукції. У

основу програм технологічних відділень закладена загальна кількість виливок по кожному технологічному потоку і ваги, з урахуванням браку, даних по цеху-аналогу всі вагові категорії (потоки) обслуговують формувальні і стрижньові лінії, розраховані на випуск виливків певної маси і габаритних розмірів.

Таблиця 1.3 – Зведені дані розрахунку виробничої програми

Група Вили-вок по масі, кг	Наймену-вання виливок	Середня маса одної виливки, кг	Задана програма виробництва			Брак, %	Річне виробництво відливок з урахуванням браку	
			%	тн	шт		тн	шт
До 20	Сітка Форсунка Патрубок	8	10	2500	312500	1,8	2545	318125
		12	25	6550	520833		6363	530204
		18	15	3750	208333		3818	212083
Разом по I-му потоку			50	12500	104166 6		1272 6	106041 5
21-50	Рама Колесо Футерівка	23	10	2500	108695	1,7	2543	110542
		35	15	3750	107142		3814	108963
		48	25	6250	130208		6356	132421
Разом по II потоку			50	12500	346045		1271 3	351926
Всього по цеху			100	25000	138771 1		2543 9	141234 1

1.6 Плавильне відділення

1.6.1 Програма відділення (баланс металу та шихти)

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

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

Таблиця 1.4-Відомість балансу металу і шихти

Статті балансу	Разом		У тому числі по маркам сплаву			
			Сплав 60%(СЧ20)		Сплав 40 %(СЧ 25)	
	т/год	%	т/год	%	т/год	%
Годні виливки	25000	75	15000	75	1000	75
Возврат	6226	18.68	6736	18.68	2490	

Брак	440	1.32	264	1.32	176	
Разом рідкого металу	31666	95	19000	95	12666	95
Угар	1667	5	1000	5	667	5
Металозавалка	33333	100	20000	100	13333	100

Розраховуємо кількість металу в тонах, який приходить на 1 % металозавалки К:

$$K = \frac{D}{\Gamma},$$

де Д – задане річне виробництво виливок за рік, Г – вихід годних відливань, %

Кількість рідкого металу - Ж у відсотках складе:

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

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

$$Б = \frac{T}{K},$$

де Т - втрати від браку з програми цеху в тоннах

До - кількість металу в тоннах, що доводиться на 1% металозавалки (див. розрахунок вищий).

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

Маса рідкого метала (розплаву):

$$P = K \cdot Ж$$

Маса чаду і безповоротних втрат:

$$\Pi = K \cdot У$$

Частка повернення (літники, сливи і ін.) у відсотках - Л визначаються як різниця між повною металозавалкою і іншими статтями балансу:

$$Л = 100 - (\Gamma + Б + У)$$

Маса повернення в тоннах складе:

$$B = K \cdot L$$

1.6.2 Характеристика сплавів

При виборі ливарного сплаву чітко формулюють вимоги до матеріалу виливків, згруповують ці вимоги по їхній значимості з урахуванням призначення й умов служби деталей. Виходячи з вимог визначають основу сплаву, далі уточнюють марку сплаву, властивості якого найбільш близькі до вимог, причому враховують технологічність цього сплаву в специфічних умовах виготовлення виливків по виплавляємим моделях.

У проєктованому цеху деталі відливають з чавуну марки СЧ20 і СЧ25, у тому числі деталь-представник. Чугун використовують для різних деталей хімічної та авіаційної промисловості.

Призначення виливок з чугуна марки: робочі лопатки, диски, вали, втулки, фланці, кріпильні й інші деталі; деталі компресорних машин; деталі, що працюють в агресивних середовищах і при знижених температурах.

Відповідно до призначення, деталь-представник можна віднести до особливо відповідальних, що має наступні характеристики: деталь експлуатується в умовах високих навантажень (динамічних і температурних), високому тиску й сильному агресивному середовищі. Поломка даної деталі веде до аварії машини. Це пов'язано з ризиком для здоров'я й життя обслуговуючого персоналу.

Механічні властивості сплавів наведені в таблиці 1.5, фізичні властивості чавунів наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.5 - Механічні властивості сплавів і їх хімічний склад.

Марка	Масова доля елементів					Механічні властивості	
	C	Si	Mn	P	S	σ_B	HВ
СЧ 20	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1	0,2	0,15	200	1700-2510
СЧ 25	3,2-3,4	3,2-3,4	0,7-1	0,2	0,15	250	1800-2500

Таблиця 1.6 - Фізичні властивості сплавів.

Властивості	СЧ20	СЧ25
Питома вага г/см ³	7.1	7.2
Дійсна усадка, %	1.1	1.2
Теплопровідність в кал/см сек	0.1	0.15
Температурі ліквідус дин·сек/см ²	0.04	0.04
Електроопір в Мк · ом · см	80	100
Теплоємність кал/Г · °С	0.12	0.125

1.6.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів

З огляду на хімічний склад сплавів, їх властивості, , їх собівартість і для зменшення виграю дорогих елементів доцільно застосовувати індукційні печі. Їх застосування при виплавці чавуну дозволяє одержувати метал практично будь-якого хімічного складу з низьким вмістом газів, неметалевих включень, домішок кольорових металів.

Індукційна піч працює за принципом трансформатора, у якого первинною обмоткою є водоохолоджуваній індуктор, вторинною і одночасно навантаженням - метал, що знаходиться в тиглі. Нагрівання і розплавлення металу відбуваються за рахунок струмів, що протікають в ній, які виникають під дією електромагнітного поля, що створюється індуктором. Індукційна піч складається з плавильного агрегату і комплексу устаткування. Індукційна піч конструктивно виконана у вигляді опорної рами, що складається з двох стійок зварної конструкції.

Переваги індукційних печей :

- відсутність електродів і відповідно відсутність науглероживання металу;
- відсутність дуг і відповідно менше насичення металу азотом і воднем;
- перемішування металу;
- можливість виплавляти метал в будь-якій контрольованій атмосфері і взагалі у вакуумі, а відповідно і малий чад , відсутність газів і тому подібне.

Таблиця 1.7 -Технічна характеристика індукційної печі

Найменування параметрів печі	Норма
1Ємкість плавильного агрегату, тонн0,06	0.06
2Потужність живлячого перетворювача частоти, Вт100	100
3Потужність, споживана від мережі, кВт106	106
4Число фаз: - живлячій мережі - контурному ланцюгу 3 1	31
6Номинальна напруга, В: - живлячій мережі - контурному ланцюгу (на індукторі) 380 800	380800
7Температура перегріву металу, 31600	31600
8Витрата охолоджуючої води (при температурі води 25оС), м3/час:	7.0
9Тиск води, кгс/см22 - 4	4
10Швидкість розплавлення і перегріву максимальна, тонн/час0,13	13
11Питома витрата електроенергії (по мережі), кВт час/т530	530
Маса плавильного агрегату	0.55

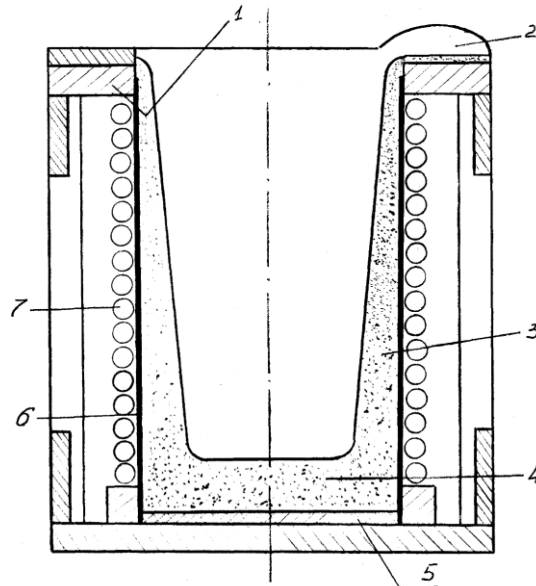


Рис1.1- Футеровка індукційної печі:

1 - верхнє кільце (комір); 2 – носок; 3 - стінка тигля; 4 – подина; 5 – азбест; 6 - азбестова тканина; 7 – індуктор.

1.6.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Число плавильних індукційних печей визначають по формулі:

$$\Pi = \frac{M \times K_n \times \text{Ц}}{E \times \Phi_{\partial}},$$

де Π - число плавильних печей для виплавки даної групи сплавів або для забезпечення металом даного технологічного потоку;

M - річна кількість шихти технологічного потоку;

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

Φ_{∂} - дійсний річний фонд часу роботи печі, ч;

E - місткість печі, т;

Розрахунок для прийнятого потоку:

$$\dot{I} = \frac{33333 \times 1,1 \times 2,5}{6 \times 3645} = 4,2$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження печі:

$$K_{\zeta} = \frac{4,2}{5} = 0,84$$

У результаті розрахунків до установки прийнято 5 печей ICT-6

1.6.5 Розрахунок шихти й потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

При розрахуванні шихти користуємося наступними вихідними даними:

- 1) необхідним хімічним складом сплаву
- 2) хімічним складом шихтових матеріалів;
- 3) вигаром елементів.

Розрахунок шихти ведемо на основні елементи й перевіряємо на припустиму величину шкідливих домішок.

Шихта повинна складатися з заготівель для переплаву і ливарних повернень власного виробництва. Свіжі шихтові матеріали, що надійшли зі складу, повинні мати сертифікат заводу-постачальника й відповідати ТУ на даний сплав. Ливарні повернення власного виробництва

ріжуться на зручні для завалки шматки й завантажуються в контейнера. На контейнері фарбою наносять маркування сплаву.

Шихтові матеріали з відхиленнями по хімічному складі ізолюються. Дозвіл на запуск їх у роботу приймає головний металург виробництва.

Футеровочну суміш готуємо наступного складу:

- 1) хромомагnezитовий порошок (крихта) - 78%;
- 2) борна кислоти - 2,0%;
- 3) електрокорунд - 20%.

Плавка шихти в проектованому цеху виконується в індукційній плавильній печі. Для плавки сплаву застосовуємо основну футеровку тигля.

Перед футеровкою оглядаємо індуктор на відсутність ушкоджень і течі шляхом подачі води в індуктор під тиском 2 - 4 атм. Потім індуктор обмазуємо композицією, яка складається з однієї частини цементу й чотирьох частин шамоту розведених водою.

Магnezитову крихту одержуємо шляхом бою магnezитової цегли. Здрібнену крихту просіваємо через сито 4 мм, потім з осередком 1 мм. Залишки на ситі з осередком 1 мм використовуємо для футеровки тигля. Борну кислоту просіваємо через сито з осередком 0,4 мм. Відміряну кількість сухих компонентів ретельно перемішуємо до одержання однорідної маси.

Роблячи зволоження футеровочної суміші з розрахунку 3 - 4 % води понад 100% сухих складових починаємо футеровку тигля. Футеровку починають із подини, засипавши в індуктор футеровочну суміш і ретельно втрамбувавши її.

Розпушивши поверхню втрамбованого шару засипаємо удруге шар футеровочної суміші товщиною 20-30 мм і ретельно втрамбуємо його.

Футеровку подини ведемо до другого нижнього витка індуктора. Подина повинна мати товщину не менш 70 мм. На зафутеровану подину встановлюємо по центру індуктора шаблон, зварений з листової сталі товщиною 1,5 - 2 мм.

У шаблон кладемо вантаж 80 - 100 кг. Розпушивши поверхню втрамбованого шару засипаємо шар футеровочної суміші товщиною 20-30 мм і ретельно трамбуванням ущільнюємо його. Набивання тигля робимо рівномірними шарами з ретельним ущільненням кожного шару й підготовки поверхні верхнього шару для надійного з'єднання з наступними шарами. Набивання стінок індуктора робимо до верхнього рівня асбоцементної плити. Вище асбоцементної плити викладаємо шамотною цеглою й ретельно зашпаровуємо комір сумішшю хромомагnezиту з 5 % рідкого скла. Після

закінчення футеровки із шаблона видаляємо вантаж. Футеровку індуктора підсушуємо лампою накаливання 1кВт протягом 12-24 годин.

Таблиця 1.8 – Річні витрати шихти, флюсів і вогнетривів

Найменування компоненту шихти	Норма Кг/т	СЧ20	СЧ25
Металева шихта			
Лом чавунний	200	4000	2666
Лом сталевий	120	2400	1599
Стружка брикетована	433	8660	5773
Повернення власного виробництва	200	4000	2666
Феросиліцій	35	700	466
Феромарганець	7	140	93
Плавиковий шпат	5	100	66
Добавки			
Електродний бій	16	304	201
Найменування компоненту шихти	Норма Кг/т	СЧ20	СЧ25
Феросиліцій 75%-й	5	95	63
Рідке скло	1	19	13
Вогнетривкі матеріали			
Кварц молотий	35	665	441
Борна кислота	1,2	23	15
Цегла шамотна	25	475	315
Глина вогнетривка	16	304	201
Асбестовий шит	0,8	152	10
Паливо			
Електроенергія на плавку, доведення і підігрів металу	630кв	11970	7976
Природний газ м³/т			
Підігрів металевої шихти	40	760	506
Стенди для сушки і підігріву ковшів	8	152	101
металозавалка		20000	13333
Разом рідкого металу		31666	12666

1.6.6 Технологія плавки й видачі металу

Плавку металу починаємо із процесу підготовки шихти й плавильного тигля. У процесі лиття найбільше поширення одержали індукційні печі малої ємності. Одною з переваг цих печей є малий вигар елементів, тому що процес плавки протікає швидко й ведеться під шаром нейтрального або відновлювального шлаків.

У процесі експлуатації потрібно стежити за станом тигля. При зменшенні товщини стінок або подини більш ніж на 3% від первісної або при наявності грубих тріщин, у яких після зливу плавки залишається метал, тигель є негідним

і підлягає перефутеруванню. Після кожної плавки оглядаємо тигель і встановлюємо придатність його до подальшої експлуатації.

Плавка металу характеризується складними фізико-хімічними процесами, що протікають при високих температурах. Процес плавки складається з фізичних перетворень вихідних матеріалів і хімічних реакцій, у яких беруть участь складові сплаву й флюси, а також футеровка печі.

Марка сплаву, шихта, температура заливання для конкретних виливків оговорюється в технологічній карті.

Проводимо завантаження шихти завантажувальним коробом через завантажувальну камеру в тигель печі. При цьому дотримуємося рівномірної й щільної загрузки шихти в тиглі.

Проводимо нагрівання печі до максимальної потужності в 100 кВт. Не допускаємо розбризкування, кипіння металу, зависання шихти в тиглі.

Для видалення плівок і неметалевих включень із розплаву допускається перегрів металу до 1600°C з витримкою при цьому до 3 хвилин.

Температуру рідкого металу контролюємо по другій плавці оптичним радіаційним пірометром із записом його показань на діаграмі. Щодня, перед початком роботи на першій плавці робиться контрольний вимір температури термопарою занурення.

1.7 Ковшова ділянка

Кількість одночасно працюючих розливних ковшів визначають по формулі:

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

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

Z - тривалість одного циклу ковша, мин.

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

S - кількість робочих змін в добу

t - тривалість однієї зміни в годиннику, яку по рекомендації можна вважати: при двозмінному режимі - 7,5 год.

$$N = \frac{913556}{250} = 3654$$

$$\hat{E}_{\text{д\ddot{a}a}} = \frac{3654 \cdot 20}{60 \cdot 252 \cdot 7,5} = 3,2$$

Таким чином кількість ковшів-3.

1.8 Формовочно – заливочне відділення

Програма відділення розроблена на основі даних програми виробництва виливків у цеху. Розрахункові дані зведені в таблиці 1.3.

1.8.1 Організація технологічних потоків

Для виготовлення виливок І потоку розвісом лиття до 20 кг використовується автоматизована лінія „Гізаг”

Для виготовлення виливок ІІ потоку розвісом лиття до 50 кг використовується автоматизована лінія моделі 6КЛ91265СМ

Таблиця 1.9- Технічна характеристика автоматизованих ліній моделі 6КЛ91265СМ і ”Гізаг”

Найменування параметра	Значення параметра	
	6КЛ91265СМ	”Гізаг”
Розмір опок, мм: у світу	800×700	600×400
висота	300	200
Продуктивність (циклова), форм/год	120	180
Металлоємність форми, кг.	30 – 50	50-90
Середня маса виготовляємих виливок, кг.	10 –20	20-50
Кількість робочих, які обслуговують лінію в одну зміну	5	4
Формовочна суміш	Єдина П-Г	
Спосіб ущільнення суміші	Комбінований:струшування З прісуванням	
Метод того,що скріплює форми при заливці	Накладнення вантажівв або притисків в спецпристрої	
Час охолодження форм, хв.	40-120	50-100
Метод вибивки	вібрація	вібрація
Встановлена потужність, кВт	53,9	54
Габарит, мм	800×700×300	600×400×200
Маса, т	146	150

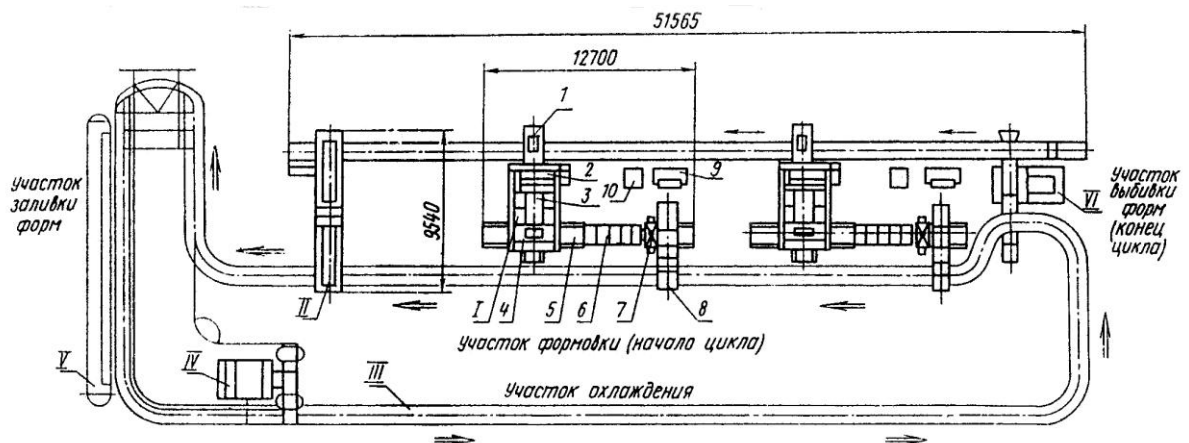


Рис1.2-Модель 6КЛ91265СМ:

1-автоматична блок-лінія формування;2-лінія транспортування і повернення опок;3-ливарний тележечний конвеєр;4-нагружувач форм; 5-заливальний майданчик;6-лінія вибивки.

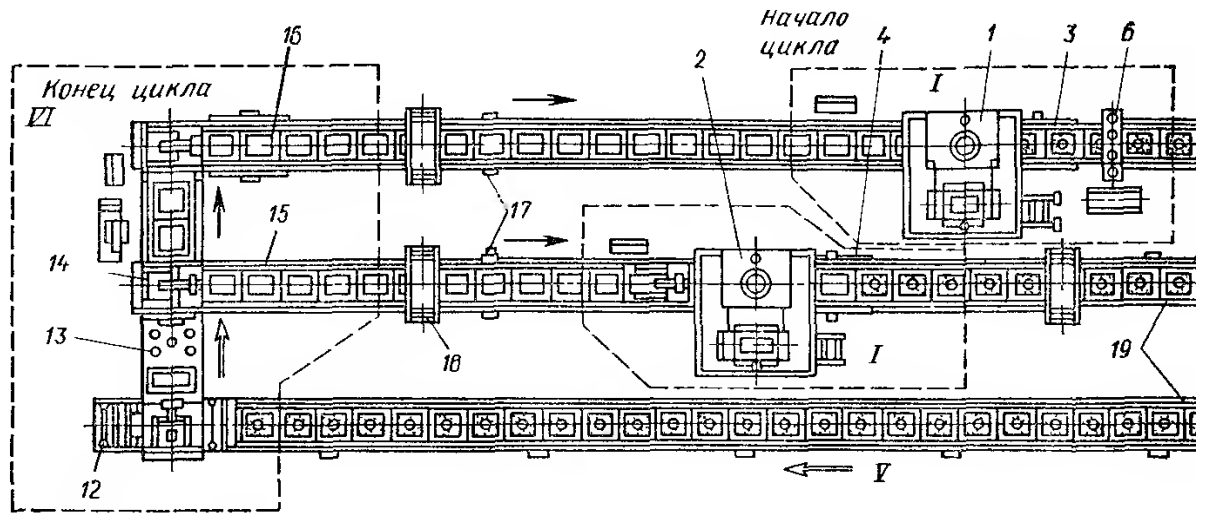


Рис1.3-Модель „Гізаг”:

1-формовочний автомат нижніх напівформ;2-формовочий апарат верхніх напівформ;3-зібрання форм;4 і 5-кантователі;6-механізм під'йому плит;7-механізм під'йому опок;8-формовки;9-сборка форм;10-заливка;11-охладження;12-распаровщик.

Таблиця 1.10-Розподіл формувально-заливальних робіт по групових технологічних потоках

№ потоку, група виливок по масі, кг	Річний випуск виливок, шт.	Середня маса одної виливки, кг	Середнє число виливок в формі, шт.	Річна кількість форм, шт.	Розміри опок: довжина, ширина, висота, верх / низ, мм	Тип формувальних машин, агрегатів, ліній
I До 20	1060415	18	2	661698	600×400×200	“Гізаг” Германія
II 21-50	351926	48	2	251858	800×700×300	6КЛ9126СМ

1.8.2 Розрахунок кількості потокових ліній

Кількість потокових ліній визначають по формулі:

$$P_{\text{л}} = \frac{N \cdot K_{\text{н}}}{n \cdot \Phi_{\text{д}}} \quad K_3 = \frac{P_{\text{л}}}{P_{\text{у}}},$$

де $P_{\text{л}}$ і $P_{\text{у}}$ – кількість ліній по розрахунку і прийняте до установки, шт.;

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

n – продуктивність лінії, форм / год;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фондчасу, год;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи формовочної лінії, який приймають 1...1,1 (для розрахунку кількості окремо встановлюваних машин $K_{\text{н}} = 1,2 \dots 1,3$);

K_3 – коефіцієнт загрузки (ефективності роботи) формовочної лінії, який повинен бути в межах 0,7 0,8.

Для 1-го потоку

$$P_{\text{л1}} = \frac{6616 \cdot 1.1}{240 \cdot 3645} = 0.83$$

В результаті розрахунку приймаємо до установки для виготовлення відливків 1-го потоку комплексно автоматизовану лінію “Гізаг”

$$K_{31} = \frac{0.83}{1} = 0.83$$

Для 2-го потоку

$$P_{\text{л2}} = \frac{251858 \cdot 1.1}{100 \cdot 3645} = 0.76$$

Встановлюємо автоматизовану лінію 6КЛ 91265СМ

$$\hat{E}_{\text{с2}} = \frac{0.76}{1} = 0.76$$

Звідні дані заносимо до таблиці 1.10

Таблиця 1.10- Відомість розрахунку технологічного встаткування формовочно-заливочного відділення

№ техно-логічного потоку	Річна кількість форм, шт	Тип, модель, обладнання	Продуктивність форм/год	Кількість устаткування, од		Коеф. загрузки
				По розрахунку	Прийнято	
1	49847	“Гизак”	180	0,83	1	0,83
2	125254	6КЛ91265С	180	0,76	1	0,76

1.9 Стрижневе відділення

1.9.1 Програма стрижневого відділення

Таблиця 1.11- Розрахункові дані кількості стрижнів і витрат матеріалів на програму цеху

№	Група стрижнів по масі / за об'ємом	Кількість стрижнів для групи виливок по масі				Разом по групі стрижнів шт/дм³	Разом з урахуванням браку 10%шт/м³
		До 20		21-50			
		Норма на 1 т	На 12726т	Норма на 1 т	На 12713		
1	0.5/0.3	46/14	58726	16.5	209764	795160	874676
			178164	5	63656	241729	265
2	1.75/1.05	21/21.1	267246	5.9	75006	342252	376447
			268518	6.1	77549	346067	380
3		14.4/37	183254	13.5	171625	189950	208945
			470862	31	394103	864965	951
4		1.8/10	22906	5.2	66107	89013	97914
			127260	25	317825	445085	489
5		0.5/4.8	6363	2.5	31782	38145	41959
			61085	19.4	246632	307717	338
6		0.5/7.5	6363	1.3	16527	228890	25179
			95445	16.3	204221	302666	332
7		0.4/8.8	5090	2.8	35596	40659	44725
			11988	54	686506	910482	1001
8		—	—	0.61	7755	7755	8530
				18	228834	228834	252
9		—	—	0.4	5085	5085	5593
				17.3	219935	219935	241

1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

Для виготовлення стрижнів І потоку використовуємо автоматизовану лінію ЛП013

Таблиця 1.12-Технічна характеристика ліній

	ЛП013	ЛП051
Річний випуск виливків при двозмінному режимі роботи, т	5000	10000
Найбільша маса стрижня, кг	16	100

Габарит стрижньового ящика, мм	630x500x 300-445	1000x800x 380-555
Продуктивність (циклова) розрахункова, сьомов/ч	90	90
Продуктивність (фактична), сьомов/ч	23	23
Кількість робочих обслуговуючих ліній в одну зміну	30	
Час сушки стрижнів, мин.	30	30
Витрата стрижньової суміші, м3/ч	21	6
Встановлена потужність, кВт	91.7	60
Габарит, мм	20500x 19620x 3110	14000x 10500x 3530
Маса комплекту, т	69	47

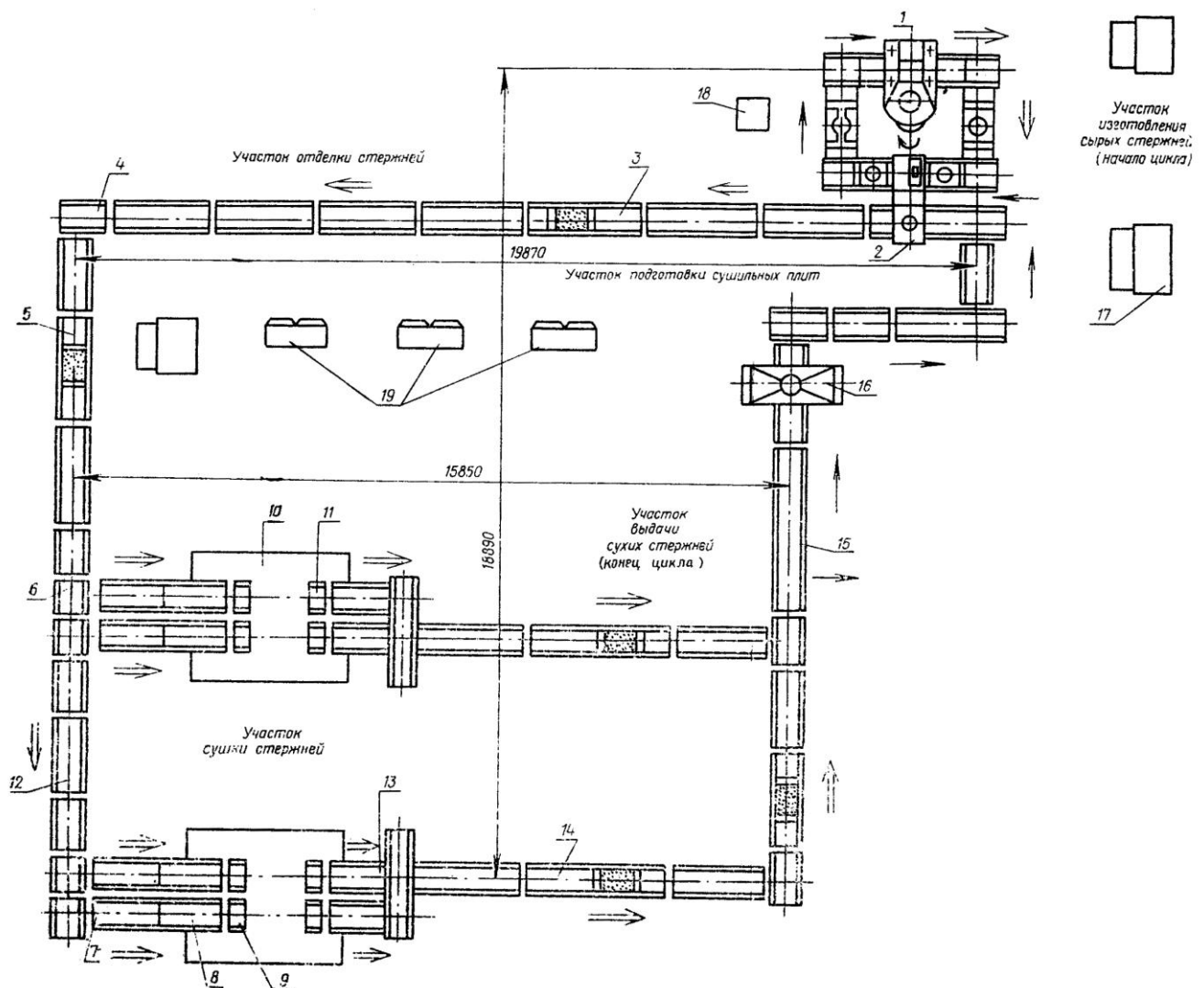


Рис1.4 Модель ЛП013 Комплексно – механізованої лінії виготовлення стрижнів:

1-Типова базова автоматизована лінія ЛП013 виготовлення стрижнів масою до 16 кг; 2-Стрижньова поворотно-витяжна машин ;3-Проміжний рольганг ;4-Передавальний стіл ;5-Рольганг розвороту;6-Передавальний стіл;7-Проміжний рольганг ;8-Рольганг завантаження в сушило; 9Приймальний стіл;

10-Вертикальне двухходовое сушило; 11-Стіл видачі; 12 Проміжний рольганг ;
13-Приймальний рольганг ;

Для виготовлення стрижнів II потоку використовуємо автоматизовану лінію ЛП051

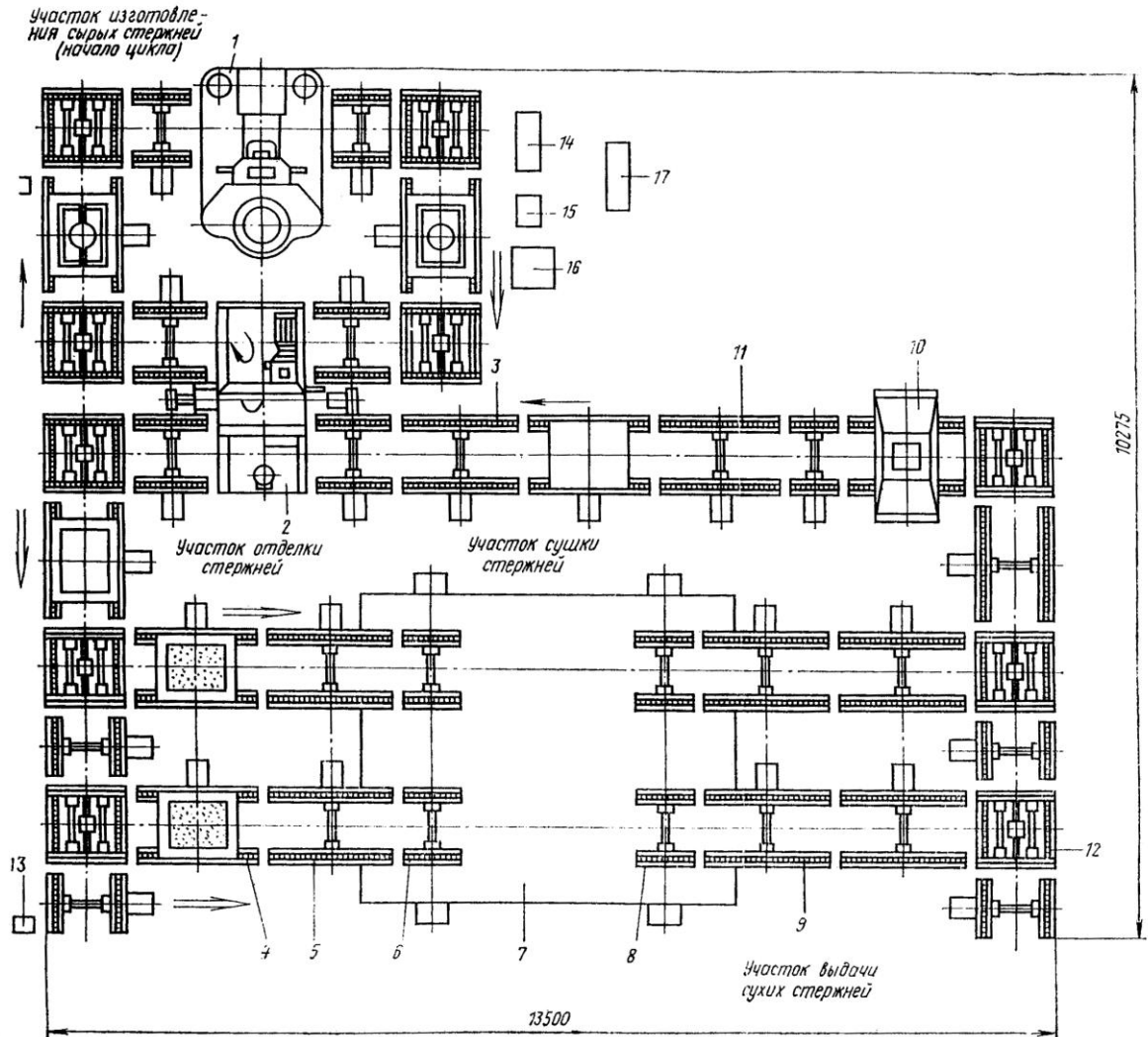


Рис 1.5 Модель ЛП051 комплексно – механізованої лінії виготовлення стрижнів:

1-автоматизована лінія виготовлення стрижнів масою до 100 кг; 2-поворотно-витяжна машина; 3 - рольганг розвороту; 4 - рольганг; 5 - рольганг завантаження в сушило; 6 - приймальний стіл; 7 - чотириходове вертикальне сушило; 8 - стіл видачі; 9 - рольганг; 10 - камера очищення; 11 - рольганг проміжний; 12 - стіл передавальний; 13 - пульт управління; 14 - гідростанція пескодувной машини; 15 - пневмошкаф; 16 - гідростанція поворотно-витяжної машини; 17 - гідростанція.

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

$$P_c = \frac{A \cdot K_n}{\Phi_\partial \cdot n},$$

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

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання стрижнів приймаємо 1,2;

Φ_∂ - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімів / г.

Для I потоку приймаємо 1 автоматизовану лінію.

$$D_c = \frac{202916 \cdot 1,1}{3645 \cdot 35} = 1,6$$

$$K_3 = 1,6 \div 2 = 0,8$$

Для II потоку приймаємо 1 автоматизовану лінію.

$$D_c = \frac{42780 \cdot 1,3}{3645 \cdot 23} = 0,66$$

Приймаємо до встановлення 1 лінію-ЛП013-ПГС і 1 лінію ЛП051

ЛП013-20500×19620×3110

ЛП051-1400××10500×3530

1 потік-до 16 кг.

2 потік-16-100 кг.

1.10 Сумішоприготувальне відділення

1.10.1 Програма сумішоприготувального відділення

Розробка програми сумішоприготувального 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 виливків, програми формувального і стрижньового відділень.

Розрахункові дані по витраті формувальних сумішей для проектного цеху зведені в таблицю 1.13.

Таблиця 1.13 - Розрахункова відомість витрати формувальної суміші

№ група відливок по масі, кг	Річний випуск придатного лиття, т.	Витрата суміші, т.	
		На 1 т виливок	На річний випуск
До 20	12500	9,5	356250
21-50	12500	10,5	131250
Ітого	25000		487500
Разом з урахуванням браку відливки і форм 16% та просипу 10%.К=1,16			56500

Таблиця 1.14 – Розрахункова відомість витрати стрижневої суміші для виготовлення стрижнів

Розвіс стрижнів, кг	Вид суміші	Витрата суміші	
		т	м³
До 16	Стрижнева суміш ПГС єдина	3998	2423
16-100	ПГС єдина	3013	1826
Разом з урахуванням просипу К=1,14		7993	4848

Для кожного виду сумішей визначаємо рецептуру і на підставі їх потреби розраховуємо кількість необхідних компонентів на річну програму випуску виливків після чого розрахункові дані зводимо в таблицю 1.15.

Таблиця 1.15-Рецептура сумішей та річна потреба формовочних та стрижневих матеріалів

Найменування суміші	Річна витрата суміші, т.	Склад і витрата компонентів							
		Оборотна суміш		пісок		глина		КБЖ	
		т	%	т	%	т	%	т	%
Формовочна суміш єдина ПГС	565500	508950	90	45240	8	5655	1	5655	1
Стрижнева єдина ПГС	7993	6874	86	799	10	239	3	79	1
Ітого		515824		46039		5894		5734	
З урахуванням 11%.Всього				51103		6542			

1.10.2 Розрахунок кількості устаткування

Розрахунок кількості устаткування проводиться по формулі:

$$D_i = \frac{A \cdot \hat{E}}{\hat{O}_a \cdot \hat{I}},$$

де P_o - кількість одиниць устаткування, шт;

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

D_o - коефіцієнт нерівномірності роботи устаткування;

Φ_o - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, год;

Π - продуктивність устаткування т / год.

Таблиця 1.16-Технічна характеристика технологічного обладнання

Найменування обладнання	Тип, модель	Кількість, шт	Габаритні розміри
Індукційна піч	ІЧТ-6	5	
Формовочна лінія	"Гізаг" 6КЛ91265СМ	1 1	54000×6880×2358 51570×9630×4800
Стрижнева лінія	ЛП013 ЛП051	2 1	20500×16620×3110 14000×10500×3530
Сумішопри-готовне відділення: Сушило барабанне	ПБ1-12	1	
Сито полігональне	174М2	1	
Смеситель періодичної дії	15107	2	
Фінішні операції: Відрізка відливоч 1 потоку-станок образівний відрізний	3Е94	2	
Відрізка відливоч 2 потоку-станок образівний відрізний	3Е96	2	
Галтовочний барабан періодичної дії	4115	2	

Таблиця 1.17- Фінішні операції

Розвіс лиття	Норма %	Кількість дефектів відливок	
		т	шт
До 20	-	-	-
21-50	10	1271	35192
Разом	-	1271	35192

У таблиці 1.18 приведена розрахункова відомість технологічного обладнання сумішоприготувального відділення.

Таблиця 1.18 - розрахункова відомість технологічного обладнання сумішоприготувального відділення.

Технологічна операція	Річні витрати суміші чи матеріалу		Найменування обладнання	Модель	Виробництво за годину	Кількість обладнання, од.		Коефіцієнт загрузки
	т	м³				Розрахункова	Прийнята к обладнанню	
Сушка піску	51151103	34069	Сушило барабане	ПБ-12	12 м³/год	0,78	111	0,78
Просів піску	51103512 51103	34069	Сито полігональне	174М2	12 м³/год	0,78	1	0,78
Приготування єдиної суміші	515824	312620	Смесите-лі період.дії	15107	60 м³/ год	1,44	22	0,72
регенерация	515824	322620	Смесите-лі мех.регенераци	14316	60т/год	0,85	1	0,85

1.11 Розрахунок площі цеху

У загальну площу проектного цеху включено:

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

При розрахунку площ відділень і ділянок цеху враховуємо наступні дані:

- габаритні розміри устаткування;
- планування робочих місць;

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

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

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

де М - річна потреба в даному матеріалі, т;

t - тривалість зберігання на складі, дні;

D_p - число робочих днів в році;

з - об'ємна маса матеріалу, т / м³;

H - допустима висота зберігання, м

Розрахункові данні зведені в таблицю 1.26.

В результаті розрахунків площа шихтового відділення складає 59,5 м².

Загальна площа цеху – 5760 м² (ширина – 48, довжина – 120)м.

Таблиця 1.19-Звідні дані розрахунку площ для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів.

Матеріал	Річна потреба ,т	Об'ємна маса,т/м ³	Запас на складі		Місце збереження	Висота збереження,м	Площа збереження, м ³
			добі	т			
Металева шихта:							
Лом чавунний	6666	2	15	273	засіка	3	49
Лом сталевий	3999	1,6	20	219	засіка	3	62
Стружка брекето-вана	14433	1,6	20	790	баддя	3	168
Матеріал	Річна потреба ,т	Об'ємна маса,т/м ³	Запас на складі		Місце збереження	Висота збереження,м	Площа Збереження, м ³
			добі	т			
Повернення власного виробництва	6666	2,2	5	91	площадка	1,5	31
Феросиліцій	1324	1,7	15	54	засіка	2	18
Феромарганець	233	1,7	15	10	засіка	2	5
Електродний бій	505	0,7	20	27	площадка	0,5	81
Рідке скло	32	Зберігається безпосередньо на плавильній ділянці					
Кварц молотий	1106	1,5	20	61	площадка	2	23
Борна кислота	38	Зберігається безпосередньо на плавильній ділянці					
Пісок	51103	1,6	30	4200	засіка	10	265
Асбестовий мит	162	Зберігається безпосередньо на плавильній ділянці					
Цегла шамотна	790	1,8	20	43	площадка	2	14
Глина	7047	1,8	30	579	площадка	1,5	215
КБЖ	5734	1,7	15	235	площадка	1,5	95
Разом							1031

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка технологічного процесу виготовлення виливки

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

2.2 Аналіз замовлення

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

Найменування виливки - «Форсунка евольвентна»

Маса - 12 кг

Матеріал - СЧ -20.

Габаритні розміри - 260 x 195 x 195 мм.

Класифікація виливки - загального призначення.

Виробництво - багатосерійне.

Групу складності даної виливки визначаємо способом угруповання ознак шляхом їх послідовного віднесення, починаючи з вищих груп складності, убік нижчих, і зупиняємося на групі складності, при якій досягаємо чотири умовно співпадаючі ознаки [4]. Аналіз приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Аналіз групи складності виливки

Ознака складності	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
Конфігурація литих поверхонь виливки			+			
Маса	+					
Максимальний габаритний розмір	+					
Товщина основних стінок виливки					+	
Ознака складності	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
Характеристика заступів, ребер литих отворів	+					
Кількість стрижнів на 1 виливку	+					
Характер механічної обробки		+				
Відповідальність призначення		+				
Особливі технічні вимоги			+			

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

Спосіб лиття – в пісчані форми.

Характеристики даного способу лиття:

- максимальна маса виливки – 250000кг;
- максимальний розмір виливки – 20000мм;
- мінімальна товщина стінки виливки – 3мм;
- мінімальний діаметр отвору, що виконується стрижнем – 8мм;
- ливарний нахил – 0,5 – 3 градуси;
- клас точності – 5 – 7;
- клас шерохватості поверхні – 1 – 4;
- припуски на механічну обробку – 2 – 14мм.

2.3 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливки

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

Виливка невелика за розмірами, тонкостінна, компактна, має 4 отвори висотою 17 мм та діаметром 18 мм, які виконуються ливарними, і в подальшому отримуються в результаті механічної обробки, внутрішня порожнина виливки виконується за допомогою горизонтального стрижня простої конфігурації.

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

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

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

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

Оскільки виливка масою 12кг, висотою до 300мм і не потрібно встановлення у формі металевих охолоджувачів, то при багатосерійному виробництві застосовуємо литво в сирі пісчані форми, що є економічним для виготовлення даної виливки, оскільки в цьому випадку не потрібна площа для розміщення сушильних агрегатів і складування форм перед сушкою і додаткова витрата палива, значно скорочується цикл виготовлення і знижується собівартість продукції.

2.4 Визначення положення виливки у формі при заливці

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

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

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

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

4. Виливка виготовляється з чавуну СЧ-20. Чавун має невелику усадку, додаткових особливих прийомів по попередженню усадкових раковин не вимагається [9].

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

Важливим є визначення оптимального числа виливок у формі. При багатосерійному виготовленні піщаних форм на лініях необхідно прагнути до максимальної металоємності форми. Отже враховуючи вище сказане, доцільніше розмістити дві виливки «Форсунка евольвентна» в одній ливарній формі.

2.5 Визначення ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями

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

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

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

1. Забезпечуємо мінімальні витрати на виготовлення стрижньових ящиків.

2. Забезпечуємо зручну установку стрижнів у форму і контроль всіх розмірів порожнин в ній.

3. Враховуємо конфігурацію і габаритні розміри виливки, що визначають витрату сумішей на виготовлення стрижнів. Підвищена міцність сумішей в сухому стані дозволяє виготовляти порожнисті стрижні замість суцільних. При цьому поліпшується їх газопроникність, скорочуються тривалість сушки і витрата суміші.

4. Для запобігання деформації стрижня під дією сили тяжіння забезпечуємо достатні опорні поверхні стрижнів.

5. Опорні поверхні стрижня є достатніми та виключають деформацію стрижня під дією сили тяжіння.

Враховуючи конфігурацію стрижнів і необхідність уникати кантівки стрижня, стрижньові ящики виготовляємо роз'ємними. Після витягання з ящика стрижень укладається на сушильну плиту в такому положенні, в якому його ставлять у форму. У цьому положенні стрижень зручно фарбувати і транспортувати [10].

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

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

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

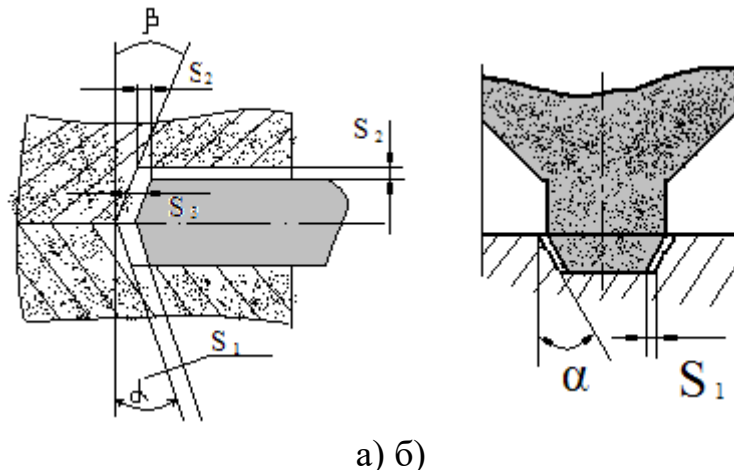


Рис. 2.1- Знаки стрижня Ст№1:
а – горизонтальний; б - вертикальний

Довжину горизонтального стрижневого знаку приймаємо з урахуванням способу формовки.

Також даний стрижень Ст№1 має і вертикальний знак (рис.2.1.б).

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

Зазори між знаковими поверхнями форм і стрижнів призначаємо відповідно до ДСТ 3606 - 80 залежно від висоти знаку і типу модельного комплексу [9].

Вибираємо модельний комплект III класу точності із металу.

Вибрані, згідно рекомендаціям [9], розміри зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Характеристика стрижнів

№ стрижня	Розміри знакових частин стрижнів						
	Довжина знака, мм		Формувальні ухили знакових частин, 0		Зазори між знаковими поверхнями, мм		
			α	β	S1	S2	S3
Ст№1	горизонтального	55	6	8	,8	1,0	1,2
	вертикального	35	7	-	,6	-	-

2.6 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту

Відношення орієнтовної вартості модельних комплектів з дерева, алюмінієвих сплавів, чавуну, сталі 1 : 8 : 12 : 15. Оскільки модель має невелику масу, розміри і тонкі стінки доцільніше використовувати для виготовлення модельної оснастки сталь, при цьому модель виготовляємо роз'ємною. Таким чином стійкість моделі буде становити 100000 знімання.

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

2.6.1 Конструкції і розміри модельних комплектів

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

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

Допуски лінійних розмірів виливок і верхні граничні відхилення маси приймаємо по рекомендації [4].

Основні припуски на механічну обробку (на сторону) залежно від допусків на розміри виливок встановлюємо диференційовано для кожного елементу виливк

Припуски на усадку, ливарні, визначаємо залежно від виду сплаву, маси і розміру виливки [4].

Дані зведені в табл. 2.3.

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

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

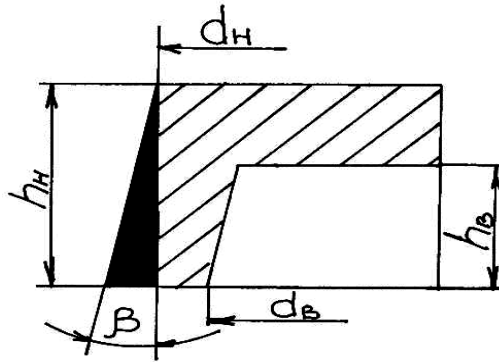


Рис.2.2. Формувальний ухил

Таблиця 2.3. Конструкції і розміри модельного комплекту

Найменування	Значення
Спосіб лиття	в сирі пісчано – глинисті форми
Клас точності розмірів і мас	10
Ряд припусків	3
Допуски ливарних розмірів виливки (на сторону), мм	2,0 – 2,2
Верхні граничні відхилення маси, %	6
Основні припуски, мм	3,2 – 4,0
Ливарна усадка, %	0,9

Розміри стрижньових ящиків приведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Розміри стрижньових ящиків

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

Для формування застосовуємо односторонні плити з високою жорсткістю та міцністю

2.6.2 Забарвлення і маркування модельного комплекту

Враховуючи сплав, з якого виготовляється виливка, поверхні моделі і стрижньового ящика офарблюємо в червоний колір. Поверхні стрижньових знаків тих, що не заливаються рідким металом - в чорний. Маркування виконуємо на бічних зовнішніх поверхнях стрижньових ящиків і поверхнях моделей, відповідних необробленим поверхням виливки.

Для моделі: Для стрижневого ящика:

0 – 345033а 0 – 345033а

К1 – Я2 К1 – Я1 – Ст № 1

ОЧС0 – Ш0

2.7 Визначення розмірів і конструкції опок

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

Визначаємо товщину шарів формувальної суміші на різних ділянках форми по рекомендації [9] залежно від маси виливки:

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

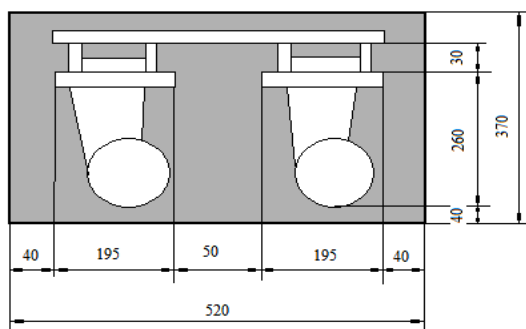


Рис. 2.3. Схема для розрахунку висоти

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

Верх – $520 \times 370 \times 157,5$

Низ – $520 \times 370 \times 167,5$.

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

Верх – $600 \times 400 \times 200$

Низ – $600 \times 400 \times 200$.

2.8 Проектування і розрахунок ливниково – живильної системи

Правильна конструкція ливникової системи повинна забезпечувати безперервну подачу розплаву у форму по найкоротшому шляху, спокійне і плавне її заповнення, уловлювання шлаку і інших неметалічних включень, створення направленої твердіння виливки.

Ливникова система, включає:

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

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

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

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

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

δ – переважна або середня товщина стінки виливки, мм;

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

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

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

Площа поперечних живильників:

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

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

g – прискорення вільного падіння, см/с²;

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

ρ – густина сплаву, г/см³;

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

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

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

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

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

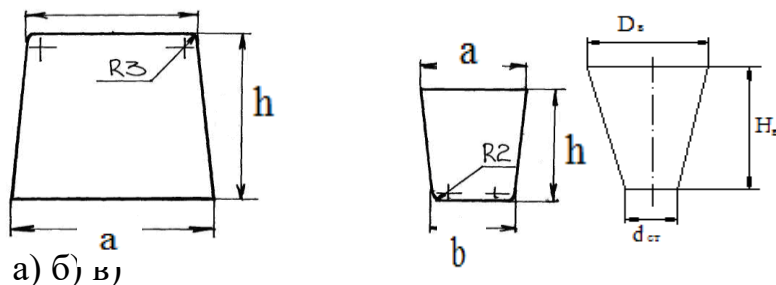
Площа поперечних перерізів шлаковловлювача $F_{ш}$ і стояка $F_{ст}$ визначаються із відношення :

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

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

Розміри шлаковловлювача (рис.2.4 а): приймаємо $F_{ш} = 4,0 \text{ см}^2$; $a = 22 \text{ мм}$, $b = 18 \text{ мм}$, $h = 22 \text{ мм}$.

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



а) б) в)

Рис. 2.4. Елементи ливниково-живильної системи

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

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

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

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

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

2.9 Вибір способу заливки форми

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

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

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

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

2.10 Визначення температури розплаву при заливці у форму

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

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

1. Температура при випуску з печі - 1400 0С;
2. Температура при заливці форм - 1330 0С.

Таблиця 2.5. Рекомендована температура заливки форм

Сплав	Характеристика виливок	Температура розплаву, °С	
		при випуску з печі	при заливці форм
СЧ20 – СЧ45	тонкостінні (середні і крупні)	1400	1330

2.11 Тривалість охолодження виливки у формі

Регламентация часу охолодження виливок у формі диктується необхідністю забезпечення повного твердіння розплаву, виключення утворення деяких усадкових дефектів, отримання необхідної структури металу виливки.

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

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

Таблиця 2.6. Залежність тривалості охолодження у формі виливків з чавуну від їх мас

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

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

2.12 Визначення маси вантажу (що виштовхує сили)

Масу вантажу для загрузки форми визначаємо по формулі:

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

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

К = 1,5;

Н – гідростатичний натиск, 2 дм;

Гвідл – площа виливки у плані, 5,07дм²;

Гл.с – площа перетину системи живильника, 0,0144 дм²;

Рм – щільність металу, 7,8 кг/дм³;

Рст – щільність стрижня, 1,65 кг/дм³;

Vст – об'єм стрижня, 5,3дм³;

Q – вага верхньої напівформи, 69,3кг.

За розрахунками маса вантажу дорівнює - 63,9 кг.

Отже приймаємо масу вантажу – 64кг.

3. СПЕЦІЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Використання керамічних фільтрів для відділення шлакових включень при заливці форм чавуном

Інженерні рішення останніх років дозволили добитися помітних успіхів у вирішенні найважливішої для якості чавуну проблеми рафінування від неметалевих включень. Крім того, стосовно умов безперервного розливання чавуну вирішення проблеми його рафінування від неметалевих включень практично знімає проблему затягування розливних стаканів.

Проблема рафінування металу від включень традиційно вирішувалася шляхом раціональної організації процесів, пов'язаних з утворенням включень (розкислювання, десульфурація), і процесів, що забезпечують абсорбцію включень, що утворюються, шлаком. Широке впровадження методів продування металу інертним газом дозволило організувати флотацію включень.

Наявність неметалевих домішок, які потрапляють в розплав протягом всього процесу плавки і розливання рідкого металу, негативно позначається на якості металу, що виплавляється. Це відомо і сталеплавильщикам, і ливарникам, і металообробникам і є однією з проблем ливарного виробництва.

Основними джерелами включень є:

- шлаки (первинні і вторинні);
- продукти оксидування металу;
- формувальні матеріали;
- продукти ерозії форм і стрижнів;
- залишки рафінаторов;
- розплавлені покриття;
- нерозчинні частини модифікаторів.

В процесі лиття включення бувають тверді, рідкі і напіврідкі (в'язкі). Уловлюванню фільтром цих домішок сприяє не тільки його структура, але і фізичні властивості керамічного матеріалу, з якого виготовлений виріб. При високій температурі до поверхні матеріалу фільтру прилипають як тверді, так і рідкі частинки.

Неметалеві включення, що завжди містяться в розплавленому металі, викликають такі ливарні дефекти, як шлакові і газові раковини, а також, побічно, – газову пористість, знижують якість виливків і їх механічні властивості. Процедури по видаленню поверхневих шлакових включень з готових виливків помітно ускладнюють і здорожують процеси їх обробки.

Утворення і попадання у метал неметалевих включень викликане:

- перемішуванням шлаку з металом при його плавці;
- зливів в роздаточний ківш і заливці ливарної форми, в результаті ерозії формувального матеріалу системи (екзогенні включення) ливника, а також в результаті хімічної взаємодії металу з формувальним матеріалом, що заливається;
- фізико-хімічних перетвореннями в самому металі (ендогенні включення).

Неметалеві включення найчастіше представлені у вигляді твердих компактних частинок. Оксидні плівки в розплаві знаходяться в рідкому стані, але мають значно вищу, ніж в розплавленого металу.

У переважному ступені неметалеві включення є тугоплавкі оксиди. В основному це оксиди магнію, кальцію, алюмінію і кремнію, що входять до складу шлаків і матеріалу футерування. Розчинність оксидів в чистому залізі незначна або повністю відсутня.

Зміст перерахованих домішок можна істотно зменшити. Цього можна досягти цілим комплексом заходів, що включають якісне відсічення шлаків, зменшення ерозії футерування плавильних агрегатів, жолобів для випуску сплаву, сталерозливних і проміжних ковшів, продування розплаву інертними газами, а також за допомогою фільтрації металу, використовуючи різні варіанти і способи фільтрування.

У зв'язку з тим, що фракційний склад неметалевих включень знаходиться в дуже широкому інтервалі - від доль мікрона до десятків міліметрів, ступінь очищення металу і відповідно його якість, залежать від того які, способи очищення застосовувалися при його виробництві.

Оксиди і бульбашки газу, маючи щільність в рази меншу, ніж рідке залізо, здатні повністю перейти на поверхню розплаву. Проте, виконання цих умов практично не можливо. Зокрема, із збільшенням часу знаходження розплавленого металу в плавильних агрегатах і зниженням його в'язкості, збільшується знос футерування і відбувається вторинне насичення рідкого металу неметалевими включеннями. Інтенсивна ж обробка розплаву інертним газом дозволяє видалити не більше 15% неметалевих включень, тоді як більшість частинок розміром менше 50 мікрон залишаються в рідкому металі.

В даний час повсюдною практикою стає комплексне використання методів флотації і фільтрації включень.

Як відомо, неметалеві включення, що утворилися (або що потрапили в метал якимось іншим способом), стикаються одне з одним. Число цих зіткнень залежить, перш за все, від інтенсивності штучного або природного перемішування розплаву. Дуже дрібні (< 1 мкм) включення рухаються, крім того, по законах випадкових блукань (броунівський рух). При зіткненні частинок неметалевих включень може відбуватися їх повне злиття (коалесценція) або злипання в крупніший конгломерат (коагуляція).

Рушійними силами процесу укрупнення включень є сили міжфазного натягнення. Міжфазне натягнення на межі метал— включення значно вище, ніж на межі включень, що зіткнулися, тобто метал набагато гірше "змочує" включення, ніж одне включення змочує інше, сили зчеплення (адгезії) між включеннями "вищі", ніж сили зчеплення між включенням і металом. Великий вплив на хід процесів зіткнення і подальшого укрупнення включень надає в'язкість розплаву і інтенсивність перемішування. Приблизно можна вважати, що швидкість злиття включень прямо пропорційна міжфазному натягненню між включеннями і обернено пропорційна в'язкості.

Оскільки неметалеві включення легше металу, то під дією гравітаційних сил вони повинні спливати.

У багатьох випадках спливають не тверді включення, а рідкі (тобто краплі включень). Внаслідок виникнення вихрових потоків рідини, швидкості

спливання рідких крапель можуть відрізнятися від швидкостей підйому твердих кульок.

У разі дрібних включень капілярний тиск надає їм практично сферичну форму, при збільшенні розмірів включень краплі починають деформуватися, що необхідно враховувати в розрахунках. Чим менше в'язкість і чим більше розміри включень, тим вище швидкість їх спливання. Проте на практиці часто доводиться стикатися з випадками, коли метал переміщується дуже інтенсивно. При невеликих розмірах включень велике значення мають сили адгезії. Дрібні включення, що захоплюються струменями металу, що переміщується, можуть довго "витати" в розплаві, переміщаючись вгору і вниз разом з металом.

Чим менше ступінь змочуваності, тим менше сили, що утримують включення в зіткненні з металом, і тим легше воно від металу відділяється, спливає. Включення, які добре змочуються металом, погано від нього "відлипають", відділяються.

Як приклад включень, що погано змочуються рідким залізом („феррофобні“) можна привести включення глинозему, а приклад включень, що добре змочуються рідким залізом („феррофільні“), це включення силікатів заліза. Феррофільні включення погано відокремлюються від металу.

Газові міхури, що проходять через ванну, при продуванні металу інертним газом сприяють флотації включень

В результаті включення "прилипатиме" до міхура газу і нестиметься з ним шлак. Стосовно умов безперервного розливання доводиться враховувати, що ефективність флотації включень шляхом газової "промивки" через дно проміжного ковша буває невисокою, зважаючи на злиття міхурів в безперервний струмінь і відповідного зменшення поверхні контакту газ-метал. Крім того, надзвичайно інтенсивне перемішування може викликати відокремлення, руйнування скупчень, що утворилися раніше, конгломератів включень і, тим самим, погіршити процес їх видалення. При надмірно інтенсивному перемішуванні ванни в метал можуть "затягуватися" частинки шлаку, при цьому зміст включень не зменшується, а збільшується. Крім того, може мати місце прискорення процесу ерозії вогнетривів, відповідно зростає вміст в металі також і екзогенних включень.

На практиці для кожного конкретного випадку існує оптимальна інтенсивність перемішування, при якій забезпечується спливання включень. Застосування фурми, що обертається, для подачі інертного газу в метал в проміжному ковші створює більш рівномірний розподіл за об'ємом ванни дуже дрібних міхурів, які ефективно видаляють включення. Шляхом порівняння результатів, отриманих при звичайному продуванні знизу і при використанні фурми, що обертається, при обробці низковуглецевої сталі, що розкислює, було встановлено, що кількість включень розміром < 50 мкм при використанні фурми, що обертається, було значно знижене. Це виявилось також в істотному зниженні кількості внутрішніх і поверхневих дефектів. Важливо організувати технологію так, щоб спливаюче включення у момент зіткнення зі шлаком встигло їм асимілюватися, а не було захоплено потоками металу знову вниз.

Швидкість "захоплення" шлаком включення залежить від багатьох чинників, зокрема від міжфазного натягнення на межі шлак — включення. Чим менше ця величина, тобто чим краще змочуваність включення шлаком, тим

легше йде процес асиміляції включень шлаком. Таким чином, чим більше змочуваність, тим легше включення відділяється від металу. Швидкість видалення включень з металу в шлак залежить також від площі поверхні контакту, ступеня перемішування ванни, фізичних властивостей шлаку та ін.

В той час, як при флотації легше і швидше віддаляються крупніші (або що легко укрупнюються) включення, метод фільтрації виявляється дуже ефективним для видалення дрібних включень, які важко відділяються в процесі флотації.

3.2 Теоретичні основи фільтрації

Метод фільтрації включень набув поширення перш за все при виробництві виливків у особливих випадках.

Фільтрування сприяє усуненню багатьох недоліків виливків, досягненню їх високої якості, а також вирішенню багатьох виробничих проблем. Це виявляється в наступному:

- підвищення однорідності внутрішньої структури металу;
- ліпшення механічних властивостей;
- усунення цілого ряду металургійних недоліків(газові раковини,пористість);
- поліпшення якості поверхні;
- значне поліпшення механічної оброблюваності виробів.

Найголовнішим завданням фільтрування є усунення неметалевих включень, які найбільш впливають на якість готового відливання.

У разі фільтрації металу від неметалевих включень рідкий метал контактує з твердими поверхнями керамічних перегородок фільтрів.

Таким чином, флотація і фільтрація включень при обробці металу в проміжному ковші визначаються низкою чинників, що одночасно діють:

- 1) розмірами включень, їх складом, температурою плавлення і щільністю;
- 2) здатністю включень до укрупнення;
- 3) міжфазним натягненням на межах метал- включення.

Залежно від матеріалу фільтру і його конфігурації, можна проводити як повну, так і виборчу дегазацію розплаву.

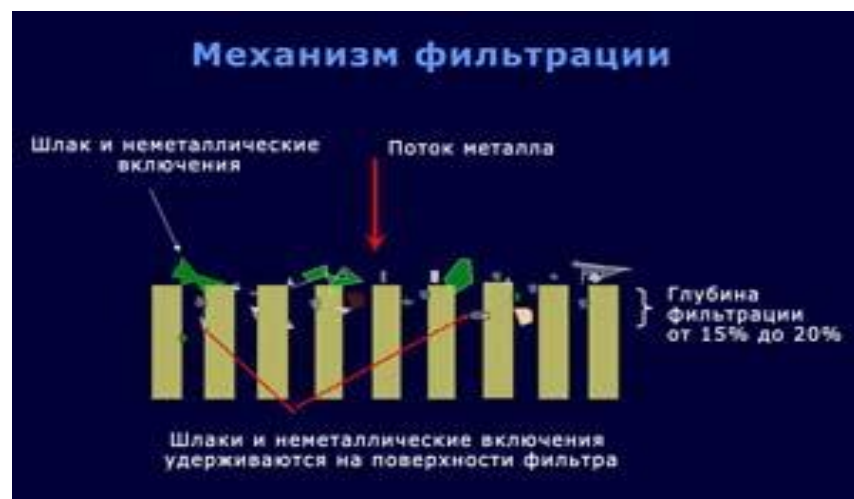


Рис 3.1-Механізм фільтрації керамічного фільтру



Рис 3.2-Об'ємна фільтрація

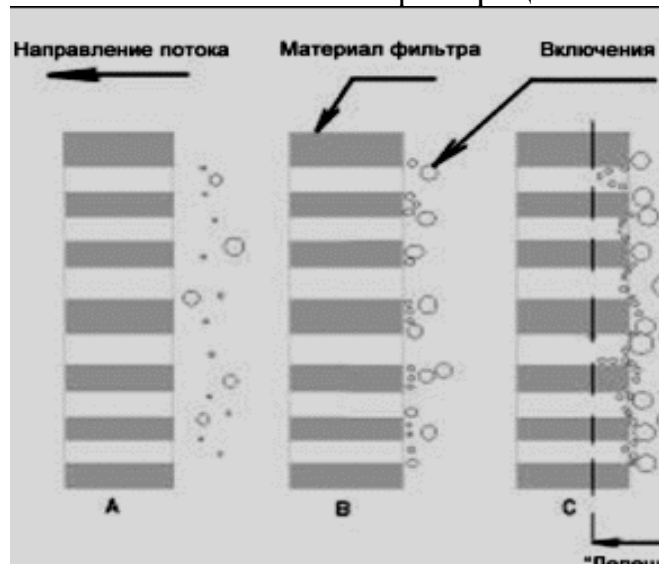


Рис 3.3-Механізм фільтрації різних типів фільтру

3.3 Види фільтрів

На ринку можна зустріти безліч типів фільтрів - текстильні, слюдяні, металеві, сіткові, екструдовані, керамічні і пресовані керамічні. Найбільше розповсюдження мають екструдовані, пенокерамічні і пресовані керамічні фільтри.

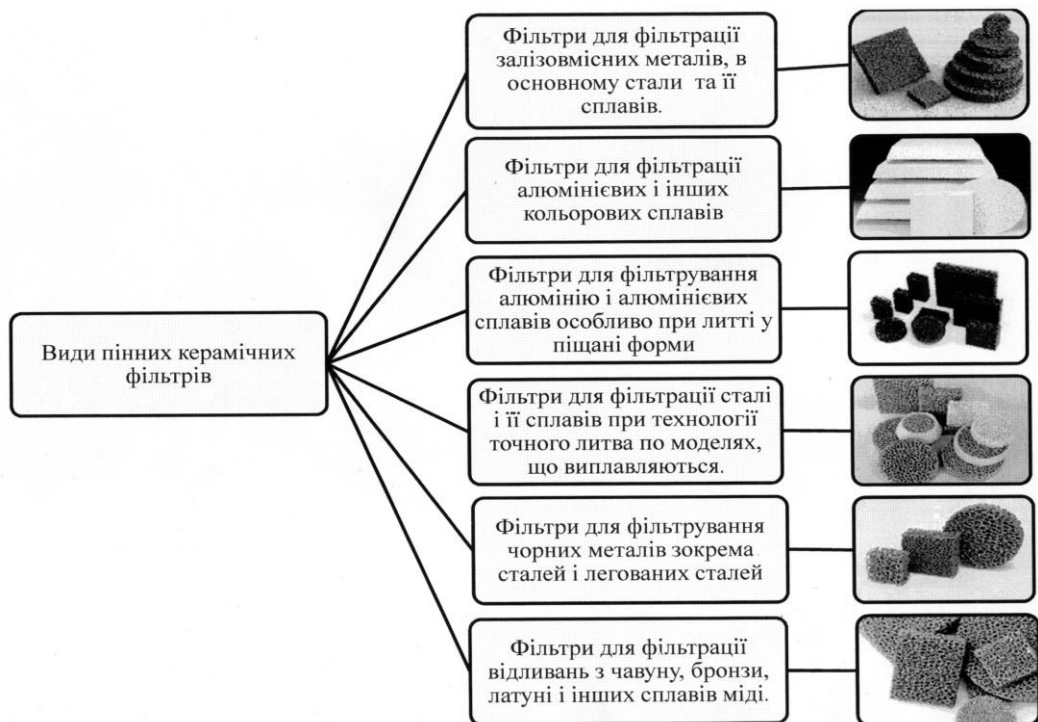


Рис 3.4-Види фільтрів



Рис 3.5-Найбільш застосовні фільтри

Таблица 3.1 Характеристика типов фильтров

	Вид фільтрів		
	екструдовані	пенокерамічні	пресовані
Кількість отворів на 1 см ² фільтра	9.35	5.62	3.97
Площа перфорацій на 1 см ² фільтра	0.29	0.4	0.5
Кількість отворів на лінійний дюйм	8	6	5
Середня густина фільтра, г/см ²	4		

Тип розплаву, який фільтрується	Усі види кольорових та чорних металів
Максимальна температура експлуатації	2000С°
	Види фільтрів
Матеріал фільтра	Пасивірований TiC
Температура плавлення матеріалу фільтра, С°	3100
Теплопровідність, ВТ(мк)	21.0
Термостійкість	Не менше 2-х змін
Теплоємність при 298С°	33.8

3.4 Принцип дії фільтрів

- змінюють турбулентний потік рідкого металу на ламинарний, тим самим запобігаючи руйнуванню форми і окисленню металу;
- очищують розплав металу від шлаку і неметалевих включень;

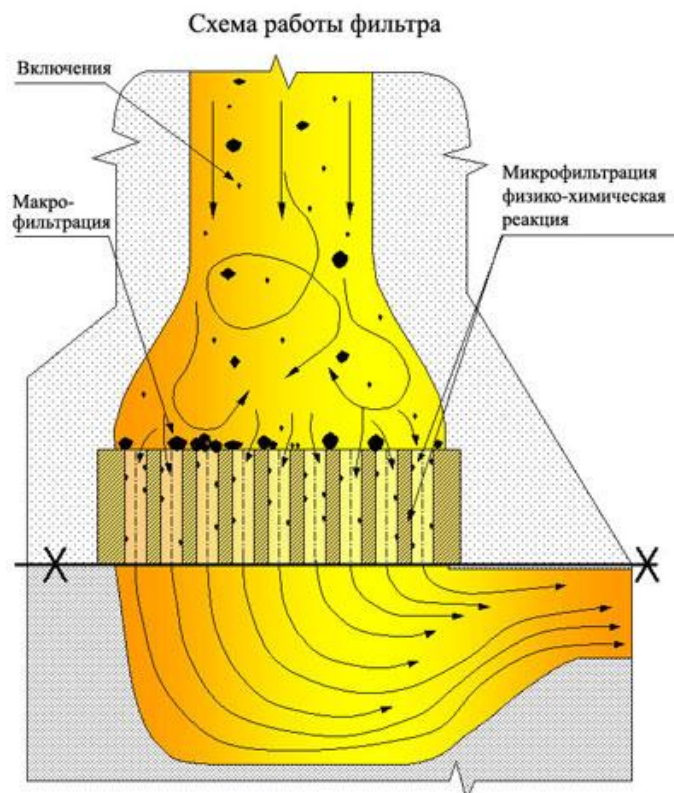


Рис 3.6-Принцип роботи фільтрів

Використання керамічних фільтрів при виробництві виливків приносить незаперечні вигоди, які визначаються якісними і економічними показниками. Підвищення якості вироблюваних виробів, яка визначається ідеальною зовнішньою поверхнею і чистотою внутрішньої структури металу, забезпечує можливість виробництва виливків більш складних і тонкостінних конструкцій. Керамічні фільтри - утворені відкритою системою взаємно приєднаних осередків. Проходження розплаву через пенокерамічеський фільтр приводить до утворення місцевих фільтрів і до частой зміни свого напрямку, внаслідок чого,

включення набагато частіше стикаються з керамічною поверхнею і прилипають до неї.

У керамічних фільтрах використовуються всі три механізми фільтрування:

- проціджування
- утворення "фільтрувального коржика" на входній стороні фільтру,
- глибина фільтрація.

Це дозволяє уловлювати достатньо дрібні включення (1-5 μm), які по своїх розмірах значно менше пор фільтру. Вони прилипають до стінок фільтру і один до одного, утворюючи "фільтрувальні мости", закріплені на стінках фільтру. В процесі лиття фільтр поступово забивається до повної непрохідності розплаву. Фільтраційний ресурс фільтру залежить від кількості і величини включень, розміру пір і від адгезних сил, що діють між частинками включень і стінками фільтру (тобто від матеріалу фільтру).

Висока ефективність глибинної фільтрації і заспокоєння потоку рідкого металу є основними характеристиками пенокерамічних фільтрів, що вигідно відрізняють їх від фільтрів інших типів. На глибинну фільтрацію впливає товщина фільтру - чим товще фільтр, тим ефективніше фільтрування. Зазвичай пенокерамічні фільтри проводяться завтовшки 12-50 мм. Практично можна провести фільтри будь-яких розмірів.

Застосування пресованих керамічних фільтрів на відміну від керамічних дає можливість розрахувати необхідну проточну площу і вибрати відповідний розмір. Конкретно задана і незмінна швидкість лиття і пропускна спроможність у пресованих керамічних фільтрів, допомагає стабілізувати технологічний процес виробництва виливків, особливо на автоматичних ливарних лініях, а також підвищити продуктивність виробництва. Пресовані фільтри, завдяки їх конструкції, можна вкладати у форми автоматично, використовуючи для цього промислові роботи.

Збалансоване співвідношення якості і вартості пресованих керамічних фільтрів є головним аргументом чому пресовані фільтри є тим самим сегментом, що динамічно розвивається, на ринку пристосувань для фільтрації розплавів металу.

Зупинимося на найбільш тонкому способі очищення металу, коли насичення розплаву неметалевими домішками неминуче. Цей спосіб полягає у фільтруванні металу через керамічні фільтри, що робить можливим видалення практично всіх наявних неметалевих включень і бульбашок газу. Застосування керамічних фільтрів помітно знижує утворення перерахованих дефектів виливків.

Керамічні фільтри є об'ємною керамікою з високовогнетривких матеріалів із заданою кількістю отворів і певною питомою поверхнею.

Механізм очищення розплаву за допомогою керамічних фільтрів досить складний і маловивчений, проте, ефективність очищення даним способом можна назвати унікальною. Це можуть підтвердити ливарники, які мають можливість застосовувати аналогічні матеріали зарубіжного виробництва для отримання якісних виливків.

Наявний світовий досвід застосування керамічних фільтрів для очищення легкоплавких металів, а також фільтрування сплаву методом прецизійного

лиття, при умові відповідних конструкційних доопрацюваннях, дозволить очищати набагато більші об'єми рідкого металу.

Результат фільтрації металу багато в чому залежить від правильного вибору фільтру. Тому при виборі керамічних фільтрів необхідно враховувати наступні параметри: вид металу, форму фільтрів, розміри фільтру і швидкість лиття.

Керамічні фільтри застосовують для отримання високочистих виливків металів і їх сплавів, з відсутністю дефектів, що викликаються екзогенними і ендогенними включеннями.

Фільтри мають температуру застосування до 1700°C, і по своїх експлуатаційних якостях, при нижчій ціні, не поступаються кращим імпортним аналогам, гарантуючи високий ступінь очищення металу.

Фільтри випускаються різної форми, товщини і механічної міцності, залежно від потреб замовників.



При проходженні зарудненого металу через фільтр, усередині керамічної основи наводиться ЕДС, регулювати яку можна фазовим і хімічним складом, а також питомою поверхнею кераміки і швидкістю потоку металу. Протікаючи через керамічний фільтр, потік рідкого металу, крім того що він проходить очищення, він ще додатково гомогенізується. Це, безумовно, позначається на якості відливання.

Економія рідкого металу (простіша і невелика система літника).

Керамічні фільтри і ситечка - керамічні вироби з прямими отворами по всій площині розмірами 4-10 мм (ситечка) і 1-3 мм (фільтри), і різною товщиною. Вони розміщуються на дні воронки (перехід в літник) літника, і дозволяють пригальмувати розплав спочатку литва, тим самим заповнити воронку. Включення тут уловлюються в основному за рахунок механізму проціджування. Проте при використанні фільтрів вже присутні елементи глибинної фільтрації завдяки здатності кераміки в'язати на поверхні каналів включення подібного хімічного складу.

Керамічні фільтри виготовляються на базі вуглецю, і призначаються для фільтрування залізовмісних сплавів при температурі до 1700°C. Висока стабільність фільтру в процесі литва, унікальна теплопровідність разом з малою питомою вагою обуславлюють швидке прогрівання фільтру з мінімальними тепловими втратами. Фільтри добре обробляються і не приводять до виходу з ладу інструментів при механічному видаленні використаного фільтру. Завдяки своїм властивостям виробу дуже добре себе показують в технології прямого литва на фільтр при фільтруванні важких виливків.

Фільтрація рідкого металу через керамічні фільтри (наприклад, в металургії Sn) дозволяє видалити зважені в нім тверді домішки. При розкислюванні стали в ковші рідкими синтетичними шлаками поверхня контакту між металом і шлаком в результаті їх перемішування значно більше, чим при проведенні рафінувальних процесів в плавильному агрегаті; завдяки цьому різко підвищується інтенсивність протікання десульфурації, дефосфорації, розкислювання металів, очищення його від неметалічних включень. Розкислювання стали продуванням розплаву інертними газами використовується для видалення з металу зважених частинок шлаку або твердих оксидів, що прилипають до бульбашок газу і флотують на поверхню розплаву.

Керуючись загальними міркуваннями, у кожному конкретному випадку на практиці визначають раціональні способи зниження змісту включень, а також перекладу включень в такий стан, при якому їх шкідливий вплив на властивості металу був би мінімальним.

Пропонується розглянути декілька варіантів застосування керамічних фільтрів - при безперервному розливанні чавуна, при розливанні чавуна у виливниці, а так само при литті чавуну в піщані форми.

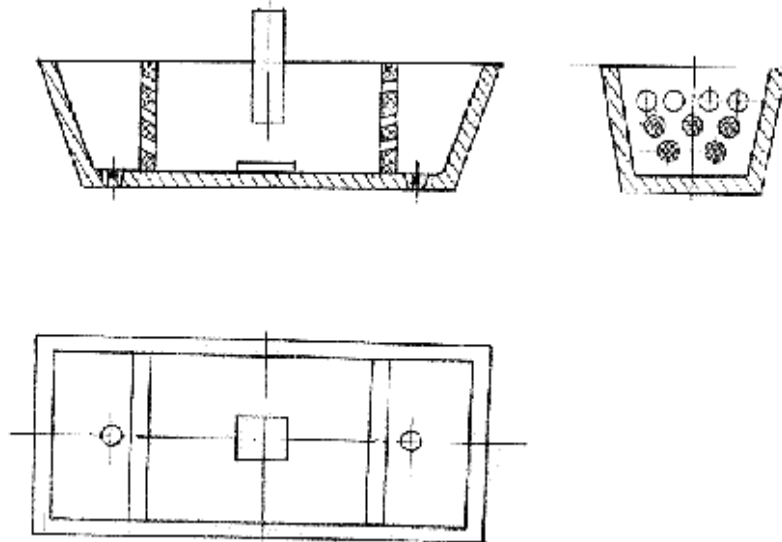


Рис 3.8 Види перегородок фільтрів

У міру заростання фільтрів одного рівня, метал піднімається до наступного рівня фільтрів, який може мати відмінну від попереднього структуру і кількість отворів. Верхній рівень отворів в перегородці не має фільтрів. Тим самим при розливанні металу по його рівню можна контролювати якість злитків на предмет змісту неметалічних включень. У наявні в перегородці отвори існує можливість встановлення фільтрів "грубого" і "тонкого" очищення.

Велику роль грає спосіб установки фільтру - горизонтальний, вертикальний або похилий. Самим оптимальним є похилий спосіб, при якому виріб добре омивається розплавом з можливістю спливання шлаку в просторі над фільтром, що збільшує його фільтрувальний ресурс. Найменш вигідним є горизонтальне розміщення фільтру безпосередньо під ливником. В цьому

випадку шлак не має можливості спливання, і під тиском металу забруднює фільтр, зменшуючи тим самим його фільтрувальний ресурс.

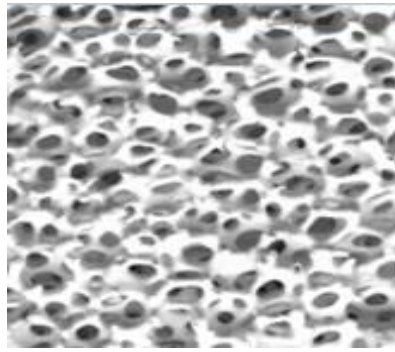


Рис 3.9 Структура керамічних фільтрів



Рис 3.10 Номенклатура керамічних фільтрів

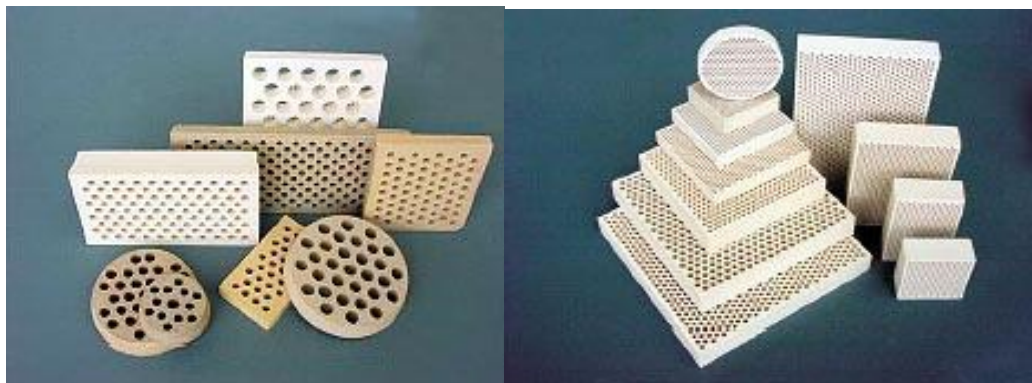


Рис 3.11- Мікропориста структура фільтрів

Таблиця 3.2- Основні характеристики матеріалу фільтрів

відкрита пористість	75-85%
межа міцності при вигині	1-5 Мпа
максимальна робоча температура	1550оС
вязкостний коефіцієнт проникності	10-9-10-8 м2
максимальний лінійний розмір	180 мм
товщина	10-25 мм

3.5 Очищення сірого чавуну

Ливарний брак виробів з сірого чавуну, отриманих литтям в сирі піщано-глинисті форми, складає зазвичай 14-20% (піщані і шлакові включення, пори). Після використання пенокерамических фільтрів з розміром пір 2-3 мм рівень ливарного браку понижений до 3-4%. Стан освоєння випуску розробленої продукції: освоєний випуск на дослідному виробництві ІПМ НАНБ, об'єм випуску 5 м3/год.

Сірий чавун:

- діаметр отворів фільтру від 1,25 до 1,75 мм;
- проточна площа фільтру повинна бути в 3 рази більше, ніж площа перетину літника в найвужчому місці.

Високоміцний чавун:

- діаметр отворів фільтру від 2,0 до 3,75 мм;
- проточна площа фільтру повинна бути в 5 разів більше, ніж площа перетину літника в найвужчому місці.

Таблиця 3.3- Розміри і технічні параметри керамічних фільтрів

Номер фільтру	Довжина і ширина	Доп.	Висота
FC-108-10	38×39	±0.9	9.2
FC-108-13	38.1×38.1	±0.9	9.5
FC108-20	40×40.2	±1.0	9.9
FC108-22	40×40.3	±0.9	10
FC-116-10	41×41.2	±1.2	11
FC-116-12	42×43	±1.1	11
FC-120-45	42×42.5	±0.8	11.3
FC-122-20	44×44.3	±1.1	11
FC-122-22	44.5×44.5	±1.2	8
FC130-60	50×50.2	±1.5	12
FC145-22	52.2×53	±0.9	13
FC145-24	54×54.5	±1.0	12
FC-160-40	38×38	±1.3	11
FC-160-42	52×52	±0.5	18
FC-173-22	48×49	±0.6	15
FC-240-56	38×38.2	±1.3	18.2
FC240-58	55×55	±0.8	15
FC-250-26	55×56	±0.5	16
FC-250-28	40×41	±0.8	16
FC-250-30	41×42	±0.9	15.5

В даний час відбувається опрацювання керамічних фільтрів щодо складу і параметрів. Керамічні фільтри можна використовувати у фільтраційних відділеннях систем літників навіть у разі прямого литва на фільтр. Фільтри можуть використовуватися в комбінації з керамічними або ізоляційними литними системами.

3.6 Технічні дані керамічних

Матеріал керамічного фільтру: mullite/cristobalite
Призначення: для фільтрації чавунів і кольорових металів
Хімічний склад: Al_2O_3 , SiO_2
Питома вага: 1,9 г/см²
Робоча температура: max 1470 С°
Час проходження розплаву через фільтр: max 60 сек
Тимчасовий опір розриву 600-620 мПа;
Відносне подовження 5-7%.

Призначення : очищення ливарних і металургійних металевих розплавів (кольорові метали і сплави, чавун, сталь і ін.) від неметалеих включень і розчиненого кисню (розкислювання).

Матеріал фільтрів: карбід титану модифікований.

Проводяться відповідно до ТУ 1595-001-75420116-2005.

Хімічний склад (головні складові): Al_2O_3 , SiO_2

Структура: кераміка

Колір: від білого до коричневого

Пористість: 10, 20, 30 PPI (пір на лінійний дюйм)

Максимальна робоча температура: 1700oC

Основні форми: квадрат, прямокутник, круг

Інші форми: за замовленням споживача

Допуски розмірів

Розміри до 100 мм: + 0 мм / - 2 мм

Розміри від 100 мм до 150 мм: + 0 мм / -3 мм

Прямолінійність поверхні:

Для 100 мм максимальний прогин 1 мм

Для 150 мм максимальний прогин 1,5 мм

Відхилення параметрів кута максимум 1o

3.7 Дія керамічних фільтрів

Дія основана на трьох ефектах:

І. Твердофазні включення, що мають більший розмір, ніж отвори фільтру, затримуючись на передній поверхні фільтру формують «коржик», на якому затримуються дрібніші включення. Окрім цього, завдяки мікропористій структурі фільтрів, дрібні включення затримуються на внутрішній поверхні каналів фільтру за рахунок фізичної і хімічної адсорбції. Така дія викликана, окрім мікропористої структури, відносно високою хімічною спорідненістю матеріалу фільтру до оксидних неметалічних включень. Рідкі неметалічні включення також частково затримуються і частково проходять через фільтр

ІІ. Зниження кількості неметалічних включень у відливанні полягає в тому, що після проходження розплаву через фільтр в системі літника нижче за фільтр створюється розрідження і формується ламинарний потік розплаву. Це сприяє швидшому спливанню легких включень з металу і їхньому затриманню

в шлакоуловлювачу. Ламінарний потік розплаву з фільтру призводить до зниження дефектів виливків.

III. Окрім зниження кількості як твердих, так і рідких неметалевих включень, використання даних фільтрів з модифікованого карбїду титану дозволяє понизити зміст розчиненого в металі кисню (ефект розкислювання). Розкислююча здатність керамічних фільтрів дозволяє понизити газову пористість виливків, яка, зокрема, формується унаслідок взаємодії розчинених в металі кисню і вуглецю при охолоджуванні розплавів чавунів і сталей.

До переваг даного керамічного фільтру також слід віднести його високу теплопровідність ($21 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$), високу термостійкість (витримують термоудар до $2000 \pm \text{C}$) і високу температуру плавлення (близько $3100 \pm \text{C}$). Таким чином, використання цього фільтру не має обмежень ні за температурі фільтрованих розплавів (до $2000 \pm \text{C}$), ні за їх типом. Це є очевидною перевагою в порівнянні з фільтрами, що виготовляються з традиційних видів оксидної кераміки (муллит, кварц, корунд, окисел цирконію і ін.), вибір яких чітко обмежується або температурними обмеженнями або типом фільтрованого сплаву.

Розглянемо керамічний фільтр, що складається з пористого керамічного елементу з проникними порами, на поверхню стінок яких нанесено покриття порошкоподібного реагенту (ультрадисперсний порошок графіту або пірокарбону) в кількості 0,1% від маси оброблюваної речовини, що пропускається через пори.

Закриті пори, тріщини і отвори на робочих поверхнях фільтрів не допустимі. Бічні стінки фільтрів можуть бути залиті керамікою.

У існуючих технологічних процесах операції фільтрації і модифікування проводяться послідовно і розділені в часі. Залежно від часу витримки металу в печі ефект модифікування може ослаблятися або навіть пропадати зовсім. Комплексна обробка розплавленого металу, тобто фільтраційне рафінування з одночасним його ефективним модифікуванням, веде до підвищення якості виробу, що отримується з розплаву.

При отриманні сплавів операції фільтрації і модифікування є обов'язковими, що забезпечує високу ефективність модифікування.

При приготуванні розплавів магнієвих сплавів системи Mg-Al-Zn їх пропускають через дану пористу керамічну структуру. При пропусканні через пори відбувається їх фільтрація і протікання хімічної реакції Mg-Al-Zn. Карбід алюмінію, що утворюється, забезпечує модифікування сплавів. В результаті цього виключається брак виливків щодо корозії флюсу за рахунок фільтрації і забезпечується подрібнення зерна, що покращує технологічні і експлуатаційні властивості сплавів. Керамічні фільтри виготовляються на базі ZrO_2 , і призначені для фільтрування чавуну при температурі до 1700°C . Вони відрізняються високою механічною міцністю і хімічною чистотою. За рахунок нижчого фільтраційного ресурсу і високої питомої ваги, яка приводить до небажаного охолодження розплаву при звичайному литті, зокрема в піщані форми, вироби знаходять своє застосування в технології точного литва по моделях, що виплавляються. У середині ливарної форми встановлюють пористу керамічну структуру і наноліють покриття карбїдом кремнію з розміром частинок 0,5 мкм в кількості 0,05 і 0,1% від маси рідкого чавуну, що

заливається. Структура служить фільтром і дозволяє у високоміцному чавуні з кулястим графітом. Модифікованому в ковші Ni-Mg лігатурою, понизити на 12-15% кількість неметалічних („чорних плям”) включення в тілі виливків, усунути структурно-свободний цементит і забезпечити в литому клиновому зразку отримання перлитно-ферритної структури з мапаметрами:

У систему літника ливарної форми поміщають керамічну структуру з нанесеним шаром пироуглерода в кількості 0,06% від маси сплаву Мл.5, що пропускається (Mg-Al-Zn).

Механічні властивості після термічної обробки по режиму Т 6 складали:
Тимчасовий опір розриву ув 260-280 мПа;

Відносне подовження д 4-6%.

За рахунок фільтрації зменшився на 10% брак виливків по корозії флюсу.

Підвищення якості виливків:

- поліпшення поверхні виробу;
- поліпшення механічних характеристик;
- досягнення кращої щільності виливків;
- досягнення вищої точності розмірів.

Економія витрат:

- зниження кількості браку
- спрощення моделі і системи літника;
- нижчі, в порівнянні з імпортними фільтрами, ціни.

3.8 Рекомендації до використання керамічних фільтрів

Традиційно фільтри встановлюються в різні частини системи літника. Висока механічна міцність і термостійкість дозволяють встановлювати керамічні фільтри безпосередньо під стояк, в цьому випадку струмінь металу падає на фільтр, який також оберігає формувальну суміш від ерозії. Можлива установка фільтру в будь-якій частині системи літника в горизонтальному, вертикальному або похилому положенні. Слідуює, проте, відзначити, що найбільш вигідним є розміщення фільтру в системі літника до шлакоуловителя. Загальний ефект видалення шлакових включень заснований не тільки на фільтрації, але також, як наголошувалося вище, на заспокоєнні потоку розплаву, що сприяє швидшому спливанню шлакових включень їх затримці в шлакоуловителі.

Опорною поверхнею фільтру служить площа на відстані 3 - 5 мм від його кранів. Зберігати фільтри слід в сухому місці, оскільки попадання розплавленого металу на вологий фільтр може привести до його руйнування.

Перед установкою фільтрів необхідно переконатися у відсутності пошкоджень і керамічної крихти в тілі фільтру від пошкоджених виробів.

3.9 Транспортування і складування керамічних фільтрів

Картонні коробки з керамічними фільтрами транспортуються в критих транспортних засобах, що забезпечують їх жорстке кріплення з метою збереження від механічних пошкоджень. Складування проводиться в критих сухих приміщеннях. Можливе штабелювання коробок, але не більше 6 рядів. У разі зберігання фільтрів в приміщеннях з підвищеною вологістю, перед

застосуванням фільтри необхідно просушити при температурі 110оС до повного видалення вологи.

Застосування керамічних фільтрів не обмежуються тільки очищенням металу.

При нанесенні на них різних каталітичних покриттів фільтри можуть застосовуватися для очищення промислових газів від пилу і золи, оксидів сульфуру, нітрогену, карбону та ін.

Широкі перспективи використання фільтрів відкриваються для очищення сирої нафти від механічних домішок, парафіну, сполук сульфуру та хлору.

Факт підвищення попиту на керамічні фільтри говорить про те, що багато європейських виробництв в умовах жорсткої конкуренції прагнуть перейти на виробництво технологічно складніших виливків з оптимізацією витрат на їх виробництво.

Керамічні форми спеціальних конструкцій дозволяють отримати наступні вигоди:

- хороший підігрів фільтрів
- зниження ризику руйнування виробів.

Використання всіх базових механізмів фільтрації - проціджування, утворення "фільтрувального коржика" на входній стороні фільтру, глибинна фільтрація.

Спокійне наповнення форми - виключення утворення вторинних включень.

Просте підключення форм до існуючих систем літників.

Наступною перевагою фільтрування є виключення впливів, які виявляються в процесі литва унаслідок високої швидкості і турбулентності розплаву в системі літника і у формі. Це, перш за все, вимивання потоком металу частинок форми або стрижня, а також захоплення потоком розплаву бульбашок газу, унаслідок його завихорення. Тут фільтр виконує роль заспокоювача, який перетворює турбулентний потік розплаву на вході в ламінарний, спокійний потік на виході. Таким чином, його застосування виключає вплив "людського чинника" - непостійна швидкість литва, недосвідченість робочого.

Враховуючи всі вигоди від застосування фільтрів, не можна не відзначити також можливість оптимізації (зменшення) при цьому системи літника, а як слідство, економії рідкого металу. Це відбувається за рахунок відмови від масивних шлакоулавлювачів і великих піщаних воронок.

Таким чином використання керамічних фільтрів для відділення шлакових включень при заливці форм чавуном дозволить:

- очистити ливарні і металургійні металеві розплави від неметалічних включень і розчиненого кисню
- зменшити брак виливків
- усунути дефекти структури і поліпшити якість литва (технологічні і експлуатаційні властивості)
- досягти високої ефективності модифікування
- поліпшити поверхню виробу;
- досягти кращої щільності виливків;
- досягти вищої точності розмірів.

Економія витрат:

- зниження кількості браку;
- зменшення витрат на обробку виробів;
- спрощення моделі і системи літника;
- нижчі, в порівнянні з імпортними фільтрами, ціни.

Результатом фільтрування є отримання високоякісного злитка з однорідною внутрішньою структурою і бездоганною чистотою поверхні.

ВИСНОВОК

У результаті виконаної бакалаврської роботи було здійснено комплексний розрахунок ливарного цеху, що дозволило розробити оптимальну модель його функціонування з урахуванням сучасних технологічних вимог та економічних аспектів. Впровадження запропонованих рішень сприятиме підвищенню продуктивності, зниженню витрат на виробництво та покращенню якості відливок.

Особливу увагу було приділено аналізу матеріальних потоків, вибору обладнання та організації робочих процесів. Завдяки цьому вдалося створити проект, який відповідає принципам енергоефективності, екологічної безпеки та економічної доцільності. Запропонована модель ливарного цеху не лише відповідає сучасним стандартам, але й має потенціал для подальшого розвитку та адаптації до змін ринкових умов.

Таким чином, виконана робота не лише підтверджує актуальність обраної теми, але й демонструє практичну цінність отриманих результатів. Розроблений проект може бути використаний як основа для реального впровадження в промислових умовах, що стане внеском у розвиток ливарної галузі України.

Список джерел

1. Методичні вказівки з дисципліни «Проектування ливарних цехів». Кафедра ливарного виробництва, КПІ ім. Ігоря Сікорського.
2. Дипломний проект: Проектування ливарного цеху. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
3. Дослідження технічного рівня ливарного виробництва. Кирилюк В.С., Семенова Т.В., Семенов О.Д., стаття в журналі «Економіка та суспільство».
4. Розрахунок ливарних цехів по виробництву лиття в разових піщаних формах. Ю.І. Карпов, Є.Ю. Карпова, навчальний посібник.
5. Обладнання ливарного виробництва. Скрипник О.В., Конончук С.В., методичні вказівки для студентів ЦНТУ, 2019.
6. Основи проектування ливарних цехів. Навчальний матеріал, Запорізька політехніка.
7. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів. Навчальний посібник, НМетАУ.