

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 10000 тон
виливків на рік з розвісом лиття від 20 до 100 кг

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

136 - Металургія

(шифр і назва)

Боровська О.Б.

(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 10000 тон
виливків на рік з розвісом лиття від 20 до 100 кг

Виконав: студент групи МТ-20

Керівник випускної роботи

Н.контроль

Завідувач кафедри

Боровська О.Б..

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 10000 тон виливків на рік з розвісом лиття від 20 до 100 кг.
 2. **керівник роботи:** к.т.н., ст..викладач Саїтгарєєв Л.Н.
затверджено наказом по КНУ від « 11 » 03 2024 р. № 204с
 2. Строк подання роботи студентом « ____ » _____ 2024 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)

Боровська О.Б.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Сайтгареев Л.Н.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу магістра: «Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 10000 тон виливків на рік з розвісом лиття від 20 до 100 кг»: с., рисунків, таблиця, літературних джерел.

В цій роботі описується проект чавуноливарного цеху. Також описується процес виробництва каблучок, сережок, та афінаж дорогоцінних металів.

1 У загальній частині описується характеристика проектного цеху та його відділення.

2 У технологічній частині наведено відомості про виливок – представник, розрахунки ливникової системи.

3 У спеціальній частині пояснюються властивості формувальних і стрижньових сумішей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДДІЛЕННЯ, ЦЕХ, МОДЕЛЬНІ КОМПЛЕКТИ, ВЛАСТИВОСТІ, ФОРМУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Основна частина	11
1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту	11
1.2 Характеристика проектного цеху	
1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху	
1.4 Фонди часу роботи устаткування і робочих	
1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми цеху	
1.6 Загальні рішення по проектуванню цеху	
1.7 Плавильне відділення	
1.7.1 Програма відділення (баланс металу і шихти)	
1.7.2 Характеристика сплавів	
1.7.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів	
1.7.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів	
1.7.5 Розрахунок шихти і потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах	
1.7.6 Технологія плавки і видача металу	
1.7.7 Обґрунтування і вибір підйомно-транспортного устаткування	
1.7.8 Ковшова дільниця	
1.8 Формувально - заливальне відділення	
1.8.1 Програма відділення	
1.8.2 Організація технологічних потоків	
1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	
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 Розробка схеми технологічного процесу

1.10.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

1.11 Відділення фінішних операцій

1.11.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

1.11.2 Розрахунок кількості устаткування

1.12 Розрахунок площі цеху

2 Технологічна частина

2.1 Аналіз замовлення

2.2 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливкі

2.3 Визначення положення виливкі у формі при заливці

2.4 Визначення ділянок поверхні виливкі, що виконуються стрижнями

2.5 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту

2.6 Конструкції і розміри модельних комплектів

2.7 Забарвлення і маркування модельного комплекту

2.8 Визначення розмірів і конструкції опок

2.9 Проектування і розрахунок ливникової системи

2.10 Вибір способу заливки форм

2.11 Визначення температури розплаву при заливці у форму

2.12 Час охолодження виливків у формі

2.13 Визначення маси вантажу

3 Спеціальна частина

3.1 Поняття про формувальні матеріали і їх основні види

3.2 Властивості формувальних і стрижньових сумішей

3.2.1 Гідравлічні властивості

3.2.2 Механічні властивості

3.2.3 Технологічні властивості

3.2.4 Теплофізичні властивості

3.3 Шляхи підвищення якості формувальних сумішей

для виробництва виливків в сирих формах

4 Організаційна частина

4.1 Організація і планування роботи ливарного цеху

4.2 Розрахунок штату працюючих

4.3 Розрахунок штатів керівників, фахівців і службовців

4.4 Розрахунок річного фонду оплати праці

4.4.1 Заробітна платня основних робочих

4.4.2 Заробітна платня допоміжних робочих

4.4.3 Заробітна платня фахівців, службовців

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

ВСТУП

Ливарне виробництво є базою машинобудування. Литі деталі з чорних і кольорових металів і сплавів складають більше половини, а в деяких агрегатах до 90 % їх маси. Виливкі мають істотні переваги в порівнянні з іншими видами заготовок. Вибір виду заготовок для машинобудівних деталей в основному обґрунтовується різними технічними вимогами до їх якості.

Перспективність ливарної технології, обумовлюється універсальністю, що дозволяє одержувати вироби із сплавів практично будь-якого складу, зокрема з важкодеформуємих, масою від декількох грамів до сотень тон, з розмірами до десятків метрів, а також дозволяє одержувати вироби з високими службовими властивостями.

Мета спеціалізації ливарного виробництва є оптимальна концентрація однорідних виливків, що створює умови для високоефективного застосування нової техніки, продуктивних технологічних процесів і агрегатів, засобів комплексної механізації і автоматизації. Все це дає можливість досягти найбільшої продуктивності праці при високій якості і найменшій собівартості виливків.

Основним способом виготовлення виливків є литво в піщані форми, а також бурхливо розвиваються способи литва: у кокіль, під тиском, по моделях, що виплавляються та газифікуються, відцентрове, в оболочкові форми, що дозволяють одержати виливки підвищеної точності з чистою поверхнею.

У планах подальшого розвитку ливарного виробництва велика увага приділяється зниженню металоємності виготовлення виливків, економії паливно-економічних ресурсів, застосуванню маловідходних і безвідходних технологій.

Метою даної роботи є розробка проекту чавуноливарного цеху з річною продуктивністю 10000 т придатних виливків з сірого чавуну.

В процесі виконання проекту розраховані необхідні площі і вибрано устаткування для забезпечення необхідних потужностей. Розроблена технологія виробництва виливків на прикладі вилівка-представника.

1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту

На підставі проведеного аналізу виявлено, що в Криворізькому регіоні недолік дрібного й середнього лиття з сірого та легованого хромистого чавуну з розважуванням лиття від 20 до 100 кг. Такі чавуни використовуються для виготовлення шайб, коліс, шківів й інших деталей, що працюють при вібраційному й ударному навантаженнях.

Реконструювання діючих цехів економічно не вигідно, оскільки 80% технологічного устаткування застаріло й вимагає заміни.

Даний проект цеху передбачає будівництво нового чавуноливарного цеху, що доцільно розташувати на території ПрАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", у виді наявності енергетичних ресурсів (електроенергії, палива), водопостачання, транспортних магістралей. У регіоні є середньотехнічні й вищі навчальні заклади, які забезпечують цех у необхідних висококваліфікованих кадрах. У проектованому цеху передбачається установка й використання сучасного високовиробничого технологічного устаткування. А також комп'ютеризація й автоматизація процесів, що припускає виключення або мінімізацію ручної праці, що збільшує вихід придатного лиття, випуск конкурентно здатних виливків з низьким відсотком браку.

У проектованому чавуноливарному цеху передбачається виконання вимог охорони праці: зниження вмісту пилу, газів й інших шкідливих домішок, зниження рівня шуму.

Також передбачаються заходи, які в процесі виробництва виливків і при утилізації відходів здатні запобігати влученню шкідливих речовин у повітряний і водний басейни.

Даний ливарний цех передбачає взаємодію з КНУ, що забезпечить наявність виробничих робочих і досвідчених інженерний - технічних працівників, і можливість підвищення їх кваліфікації.

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

1.2 Характеристика проектованого цеху

Проектований ливарний цех потужністю 10000 т. виливків в рік по характеру виробництва відноситься до цехів масового виробництва.

По максимальній масі виливків ливарний цех відноситься до цехів дрібного литва в об'ємні піщано-глинисті форми.

По роду сплавів, що виплавляються, цех є чавуноливарним, по виготовленню виливків з сірого і легованого чавуну.

За галузевою ознакою цех відноситься до допоміжних цехів металургійного профілю, призначений для забезпечення змінними литими деталями металургійного і гірничого устаткування підприємств України і зарубіжжя, а також для власних потреб підприємства.

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

Враховуючи технічну характеристику проектного цеху, приймаємо двозмінний паралельний режим роботи цеху. Він передбачає поєднання за часом і місцю (окремо по дільницях) виконання окремих технологічних операцій виробництва литва. Третя зміна при такому режимі передбачається для профілактики і ремонту устаткування.

Вибір режиму роботи цеху обґрунтований потужністю цеху, номенклатурою литва, встановленим технологічним устаткуванням, його потужністю і річним фондом часу роботи.

Виходячи з прийнятого режиму роботи цеху, розраховуємо фонди часу роботи устаткування і виробничі робочі.

1.4 Фонди часу роботи устаткування і робочих

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

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

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

Фн - це час в годинах, в перебігу якого може виконуватися робота по прийнятому режиму без урахування неминучих втрат, тобто за вирахуванням з календарного фонду вихідних і святкових днів.

Фд - визначається як різниця між номінальним фондом і неминучими (плановими) втратами часу. Фд розраховуємо, виходячи з нормованих або планових втрат.

Для робочих з тривалістю відпустки 24 дні (згідно КЗПП) з урахуванням 8-ми святкових днів і планових втрат часу з поважних причин (учбові відпустки, хвороби і ін.) Фд складає 1820 г/рік.

Для розрахунку потрібної кількості устаткування, робочих місць і числа робочих користуємося дійсними (розрахунковими) річними фондами часу [1], які приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Дійсний річний фонд часу роботи устаткування

Устаткування	Двозмінний режим роботи	
	Втрати від номінального фонду часу %	Дійсний річний фонд часу, ч.
Автоматизовані формувальні і стрижньові лінії	12	3645
Автоматизовані абразивні лінії для очищення литва	10	3725
Закриті вагранки з підігрівом дуття і очищенням газів	6	3890
Індукційні печі для плавки або підігріву і роздачі чавуну	-	3975
Печі термічні	6	3890
Печі сушильні: конвеєрні камерні	5	3935
	4	3975
Металоріжуче і деревообробне устаткування	3	4015
Зварювальне устаткування	5	3935

1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми цеху

Оцінка виробничої програми проводиться як за загальними показниками випуску продукції, так і по асортименту, номенклатурі, видам литва, способам формування, маркам і розважуванню чавунного литва.

Потреба у виливках в металургійній галузі дуже велика. Застосовуючи високий рівень технічного оснащення, прогресивні технології, нові матеріали, висококваліфікований персонал, одержуємо високу якість чавунних виливків з низьким рівнем браку і дешевшою собівартістю.

У перспективі розвитку підприємства можливо зміна номенклатури виробів, що випускаються, застосування різних технологій для отримання модифікованих і легованих чавунів.

Розрахунок програми виконуємо для цеху з урахуванням номенклатури, що включає декілька виливків, які проводять великими партіями; число груп виливків по масі - 2.

При визначенні середніх даних по кожній ваговій групі і по цеху в цілому розраховуємо середньостатистичні показники.

Дані приведені в табл. 1.2.

1.6 Загальні рішення по проектуванню цеху

При проектуванні чавуноливарного цеху враховані основні напрями по розробці технології отримання якісного литва:

- У даному регіоні є можливість отримання якісних ливарних чавунів, тому для плавки чавуну використовуємо індукційну піч.

- Для виробництва форм і стрижнів встановлюємо комплексно - механізовані і автоматичні лінії.
 - Для підготовки формувальних матеріалів в сумішприготувальному відділенні застосовуємо сушила і сита, для приготування сумішей - чашкові змішувачі.
 - Відділення фінішних операцій оснащене очисними механізмами і устаткуванням для виправлення дефектів.
- Як вантажопідйомні механізми застосуємо електричні крани.

1.7 Плавильне відділення

1.7.1 Програма відділення (баланс металу і шихти)

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

Таблиця 1.2 - Програма виробництва виливок

Група виливок по масі, кг.	Найменування виливкі-представника	Середня маса одного виливкі, кг	Задана програма виробництва виливків			Втрати від браку, %	Придатне виробництво виливків з урахуванням браку		Розподіл виливків по марках сплавів	
			%	Тн.	Шт.		Тн.	Шт.	ЧХ - 1	СЧ25
До 20 кг	Кришка	2,8	6	600	214286	1,8	611	218143	336	275
	Блок	14	9	900	64286	1,8	917	65443	504	413
21-50	Корпус	29	11	1100	37931	1,7	1119	38576	615	504
	Шестерня	32,3	12	1200	37152	1,7	1220	37784	671	549
Разом по 1 потоку			38	3800	353655		3867	359946	2127	1740
51-100	Рама	56,7	17	1700	29982	1,7	1729	30492	951	778
	Брус	63	21	2100	33333	1,6	2135	33866	1174	961
	Рама люка	85	24	2400	28136	1,6	2438	28586	1341	1097
Разом по 2 потоку			62	6200	91451		6302	92944	3466	2836
Разом по цеху			100	10000	445106		10169	452890	5593	4576

При складанні відомості балансу металу і шихти враховуємо, що металозавалка складає 100%.

Решту даних визначаємо в наступній послідовності:

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

$$K = D / \Gamma,$$

де Д – задане річне виробництво річних виливків, т;

Г – вихід придатного литва %.

Кількість рідкого металу - Ж у відсотках складе:

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

Відсоток браку від металозавалки складе:

$$Б = Т / К$$

де Т – втрати від браку з програми цеху в тонах;

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

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

Маса рідкого металу (розплаву):

$$P = K \cdot Ж$$

Маса угару і безповоротних втрат:

$$П = К \cdot У$$

Частка повернення (литники, сливи і ін.) у відсотках - Л визначаємо як різницю між повною металозавалкою і іншими статтями балансу:

$$Л = 100 - (\Gamma + Б + У)$$

Маса повернення в тонах складе:

$$В = К \cdot Л$$

Відомість балансу металу і шихти представлена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Відомість балансу металу і шихти

Статті балансу	Всього		Зокрема по марках сплаву			
			ЧХ1		СЧ 25	
	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%
1. Придатне литво	10000	75	5500	75	4500	75
2. Повернення	2494	18,7	1371	18,7	1123	18,7

3. Брак лиття	169	1,3	92	1,3	77	1,3
4. Разом рідкого металу	12663	95	6963	95	5700	95
5. Угар і безповоротні втрати	667	5	367	5	300	5
6. Металозавалка	13330	100	7330	100	6000	100

1.7.2 Характеристика сплавів

Після визначення потреби в рідкому металі вивчаємо вимоги до них по хімічному складу, механічним і фізичним властивостям, температуру заливки і охолодження і т.д. (для правильного вибору плавильного агрегату і технології виплавки) [4].

Характеристика сплавів приведена в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні вимоги до сплавів

Марка сплаву	ДСТ або ТУ	Масова частка елементів %					Механічні властивості	
		C	Si	Mn	P	S	σв	НВ
					Не більш ніж	більш	МПа	
СЧ 25	1412-85	3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15	250	1800-2500
ЧХ 1 Cr – 0,4 – 1,0	1412-85	3,0-3,8	1,5-2,0	≤ 1,0	0,3	0,12	170	2030-2800

У проєктованому цеху виплавляється дві марки сірого чавуну СЧ25, ЧХ 1. Вибір даних марок чавуну обумовлений тим, що чавун з пластинчастим графітом є якнайкращим ливарним сплавом, оскільки він володіє гарною рідкотекучістю, тріщиностійкістю, чудово обробляється різанням, має високу міцність; здатний працювати в умовах вібрації, знакозмінних навантажень, механічних і теплових статистичних навантажень. Завдяки високим ливарним властивостям з нього можна одержувати виливки різних розмірів, маси і конфігурації без надливів з найбільшим виходом придатного литва.

Технологія виготовлення виливків з сірого чавуну відрізняється простотою, високими техніко-економічними показниками, не вимагає дефіцитних матеріалів і великих енергетичних витрат. Легований чавун ЧХ 1 є також жароміцним з підвищеними механічними властивостями.

Температура заливки чавуну - 1350 - 1400 °С.

1.7.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів

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

Оптимальним для чавуноливарного цеху є дуплекс-процес, який реалізується комплексом вагранка - індукційний каналний міксер, але враховуючи потужність проектного цеху і його номенклатуру доцільніше встановити індукційні тігельні печі. Це дозволить одержувати чавун високої якості з застосуванням більшого відсотка відходів.

Витримка і нагрів рідкого чавуну в індукційній печі сприяють усереднюванню і стабілізації його хімічного складу і температури.

Індукційна піч володіє наступними достоїнствами:

- величезна перевага за якістю використовуваних шихтових матеріалів (вторинна сировина - стружка, повернення, брак.)
- дуже малий відсоток чаду і безповоротних втрат при плавці.
- характеризується високим електричним к.д.д.
- точне регулювання температури металу і хороша температура випуску і заливки чавуну.

Враховуючи все вищевикладене, встановлюємо індукційні тігельні печі промислової частоти моделі ІЧТ – 2,5.

Індукційні печі зручні в експлуатації, футеровка в робочому просторі печі може служити до двох років. Для їх установки потрібний значно менші площі завдяки меншому числу конденсаторних батарей. При цьому забезпечуються високі властивості сплавів при мінімальних енергетичних витратах.

До чинників, що сприяють розвитку електроплавлення відносяться також зниження вартості електроенергії і підвищення вартості коксу, а також високі витрати на газоочистку при вагранковій плавці.

Окрім економічних переваг перехід на електроплавлення дає значні технологічні переваги. З'являється можливість виплавки чавуну високих марок, зокрема легованого і з кулястим графітом.

Індукційні електропечі забезпечують стабільне отримання заданого хімічного складу і температури чавуну, що дуже важливо при автоматизації і механізації технологічних процесів в ливарних цехах.

1.7.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Число плавильних печей визначається по формулі:

$$П = \frac{M \times K_n \times Ц}{E \times \Phi_0},$$

де: П – число печей, для забезпечення металом, шт

М – річна кількість шихти, т

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

Π - тривалість циклу однієї плавки, включаючи час на завантаження печі і на випуск рідкого металу, г
 Φ_0 – дійсний річний фонд роботи печі, г;
 E – місткість печі, т.

Коефіцієнт завантаження печей визначається: $K_z = \frac{\Pi}{\Pi_1}$,

де Π_1 – прийнята кількість печей, шт;

Π – розрахункова кількість печей, шт.

Визначаємо кількість печей для плавки легованого чавуну:

$$\Pi_{чх} = \frac{7330 \cdot 1,1 \cdot 2}{2,5 \cdot 3890} = 1,66$$

Таким чином, для виплавки ЧХ1 необхідно 2 печі ІЧТ - 2,5 з коефіцієнтом завантаження: $K = \frac{1,66}{2} = 0,83$.

Кількість печей для плавки сірого чавуну:

$$\Pi_{сч} = \frac{6000 \cdot 1,2 \cdot 2}{2,5 \cdot 3890} = 1,48$$

Приймаємо до установки 2 печі ІЧТ - 2,5 з коефіцієнтом завантаження – $K = 0,74$.

В результаті розрахунків, визначено кількість плавильних агрегатів, яка забезпечить задану потужність цеху (4 печі).

1.7.5 Розрахунок шихти і потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

При шихтовці враховуємо, що вміст вуглецю в чавунній стружці з-за викрихтування його у вигляді графіту завжди менше, ніж в оброблюваному відливанні. Крім того, в сталевій стружці зміст вуглецю низьке, тому доведення чавуну, що виплавляється, по вуглецю обов'язкове. Здійснюється це присадкою вуглецевовмістких матеріалів (карбюрізаторів) - електродною стружкою, коксиком і т.п.

Великою перевагою індукційних печей є низькі вимоги до шихтових матеріалів, можливість застосування неочищеного скрапу, великих мас стружки і легковагих металоотходів, а також металізованих окатишів.

Окатиши практично не містять сірку, фосфор і тому є хорошою шихтою для отримання чавуну з кулястим графітом. Металізовані окатиши містять ~6% FeO і при плавці у вагранці утворюють в'язкі шлаки, при плавці в електропечах рідкотекучість шлаків може бути підвищена добавкою CaO і CaF₂.

При дослідженні впливу складу шихтових матеріалів на якість металу, що виплавляється, було встановлено, що дешеві сталеві металоотходи (стружка,

обрізь і т.п.) знижують вартість чавуну, що виплавляється, і підвищують його фізико-механічні властивості.

У шихті для індукційних печей вважається допустимим застосування до 70-80% сталевих металовідходів, але рекомендується обмежувати кількість стружки в шихті до 50%.

Потребу в шихтових матеріалах визначаємо по середніх нормах витрати на 1 тону металозавалки . Дані зводимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 - Витрата шихтових матеріалів

Найменування компоненту шихти	Норма	ЧХ1	СЧ 25
Металева шихта	кг/т		
Лом чавунний	200	1466	1200
Лом сталевий	120	880	720
Стружка брикетована	433	3174	2598
Повернення власного виробництва	200	1466	1200
Ферросиліцій	35	257	210
Найменування компонента шихти	Норма	ЧХ1	СЧ 25
Ферромарганець	7	50	42
Феррохром	5	37	
Добавки			
Електродний бій	16	111	91
Ферросиліцій 75%-й	5	35	29
Рідке скло	1	7	6
Вогнетривкі матеріали			
Кварц молотий	35	244	200
Борна кислота	1,2	8	7
Цегла шамотна	25	174	142
Глина вогнетривка	16	111	91
Асбестовий лист	0,8	6	5
Паливо			
Електроенергія на плавку, доведення і підігрів металу	630кВ т	4618	3780
Природний газ, м³/т			
Підігрів металеві шихти	40	293	240
Стенди для сушки і підігріву ковшів	8	59	48

1.7.6 Технологія плавки і видача металу

Плавка чавуну в індукційних печах знаходить все більше застосування, для цього є як економічні, так і технологічні передумови.

Матеріали на шихтовому дворі завантажуються магнітною шайбою в баддю, яка транспортується в цех і подається на підігрів. Шихта підігрівається до 500-600°C димовими газами і транспортується до печей. Особливі вимоги пред'являються до роздробленої сталеві і чавунної стружки. Така шихта має погану газопроникність, що приводить до нерівномірності підігріву, тому її

брикетують. При виплавці чавуну з відходів електротехнічної промисловості, при застосуванні крупних листових відходів проводимо їх пакетування. Із застосуванням в шихті дрібного висікання і пакетів продуктивність печей підвищується на 50%.

В даний час основним методом управління і інтенсифікації руху розплаву в тиглях високочастотних печей є накладення магнітного поля, що біжить, за допомогою пристроїв електромагнітного перемішування. У печах промислової частоти типовою є двоконтурна циркуляція розплаву.

Метал рухається з середньої частини до поверхні і дна тигля. Циркуляція розплаву тим вище, чим нижче частота струму. На металургію і властивості чавунів, що виплавляються, великий вплив має тривалість витримки і температури перегріву.

У електропічних чавунах вплив хімічного складу на механічні властивості сильніше. Особливо великий вплив має вміст вуглецю.

Таким чином, однією з основних умов стабільного отримання чавунів з необхідними механічними властивостями в індукційних печах є виплавка чавуну із заданим хімічним складом. На поведінку основних компонентів чавуну при його плавці впливають наступні чинники: характер вживаної шихти, послідовність введення феросплавів і карбюрізаторів і т.д.

Вибір шихтових матеріалів визначається балансом металу, що склався на заводі. Обмеження відносяться до використання дуже іржавого і такого, що містить домішки кольорових металів, скрапу.

У всіх випадках вуглець слід досаджувати разом з твердою шихтою, а кремній і марганець - в останній період плавки. За цих умов чад кремнію при застосуванні кислої і нейтральної футеровок відсутній, а чад марганцю знижується із збільшенням концентрації в розплаві кремнію. Його абсолютне значення при виплавці звичайних марок чавуну 0,03-0,09%. Чад вуглецю при застосуванні кислої і нейтральної футеровок складає 8-15%, при застосуванні основної футеровки чад вуглецю і марганцю знижується в 2 рази, чад кремнію в цьому випадку складає 5-10%.

При виплавці синтетичного чавуну основною металургійною операцією є насичення сталевого розплаву вуглецем. Якнайкращим карбюрізатором є відходи електродної промисловості у вигляді графітизованого електродного порошку.

При введенні карбюрізатора на дзеркало металу засвоєння вуглецю на 8-12% вище, ніж при введенні його в завалення. Проте при введенні карбюрізатора в завалення поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці, скорочуються час плавки і витрата електроенергії, знижується угар і підвищується стійкість футеровки.

Є спроби застосування підвищеної кількості окисленої стружки за рахунок введення карбюрізатора в завалення. Просте введення карбюрізатора з окисленою шихтою так само, як і присадка в шихту розкислювачів, із-за нерівномірності розподілу стружки і вуглецевого матеріалу і недостатнього їх контакту дає значного позитивного ефекту.

Перспективнішим є нанесення на окислену шихту спеціальних покриттів. Застосовуємо покриття, що складається з 45% рідкого скла, 45% роздробленого коксу і 10% води. Після нанесення покриття скрап висушується і подається в

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

Після повного розплавлення шихти в піч вводять феросплави. Метал в печі перегрівається до температури 1350 - 1400⁰ С. Після цього піч вимикають і відбирають проби на вітбіл, твердість і хімічний склад. Якщо метал не відповідає вимогам, проводять його коректування.

Після закінчення коректування відбирають проби для повторних досліджень. Після отримання задовільних результатів доводять температуру металу до 1450 - 1470⁰ С. Замір температури металу в печі здійснюється оптичним пірометром або термопарою занурення.

У індукційних печах найменше вивченими є питання шлакоутворення. Проте в печах промислової частоти реакція метал - шлак інтенсифікується електромагнітним перемішуванням. З підвищенням вмісту в чавуні сірки від 0,01 до 0,10% температура шлакоутворення збільшується на 100-150⁰С, температура шлакоутворення в цьому випадку сильніше зростає при підвищеному вмісті кремнію і менше при високому вмісті марганцю. В процесі окислення кремнію і марганцю в першу чергу в шлак переходить той елемент, вміст якого в плавці вище. При температурі чавуну 1400⁰С починається відновлення оксидів в шлаку вуглецем чавуну. Таким чином, шлаки беруть активну участь у формуванні хімічного складу чавуну і цей ефект використовуємо на практиці для зниження вартості чавуну, що виплавляється, і підвищення його якості. Для поліпшення консистенції шлаку вводимо разом з карбюрізаторами силікокальцій. При цьому скоротиться витрата ферросиліція і зростає стійкість футеровки.

1.7.7 Обґрунтування і вибір підйомно-транспортного устаткування

Для зберігання шихтових матеріалів в шихтовому відділенні передбачені бункери і засіки.

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

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

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

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

Завантаження печі здійснюється за допомогою завантажувальної бадді з пелюстковим днищем за допомогою остового крана $Q = 5/10$ т.

1.7.8 Ковшова діляниця

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

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

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

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

$$K_i = K_{np} + K_{рем} + K_{рез},$$

де K_{np} , $K_{рем}$, $K_{рез}$ – кількість ковшів, які одночасно працюють, в ремонті і в резерві, відповідно.

Кількість одночасно працюючих розливних ковшів визначаємо по формулі:

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

де N – кількість форм, які треба залити в продовж доби, шт.

Z – тривалість одного циклу ковша, хв.

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

S – кількість робочих змін в добу.

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

Кількість ковшів в ремонті і в резерві визначаємо із співвідношення:

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

У зв'язку з тим що, для заливки металу на автоматичних лініях для I і II потоку передбачені розливні установки, причому доцільніше встановити однакові установки, не дивлячись на металоємність форм, оскільки установки з індукційним підігрівом. Тому на ковшовій ділянці передбачені тільки

роздаточні конічні ковши, вибрані з урахуванням місткості печей і розливних установок.

Технічна характеристика заливочних установок приведена в табл.1.6.

Таблиця 1.6 - Технічна характеристика заливальних установок з індукційним підігрівом

Характеристика	Модель установки
	99413
Місткість ванни (тис. кг)	5
Швидкість заливки (кг /сек)	1-5
Споживана потужність (кВт/час)	150
Габаритні розміри (мм)	3920×3860×2710
Маса без футеровки (тон)	19,42

Інвентарний парк складається з двох робочих ковшів місткістю 3 тонни. Кількість ковшів в ремонті і в резерві складає:

$$K_{\text{рем}} = 0,5 \times 2 = 1, \quad K_{\text{рез}} = 0,3 \times 2 = 0,6 \approx 1$$

Загальна кількість ковшів на ділянці складає 4 штуки.

Також передбачені дільниці приготування вогнетривкої маси, ремонту футеровки ковшів і знімних вузлів печей, майданчика для ремонту механізмів устаткування.

Ковшове відділення розміщуємо поряд з плавильним відділенням, в тому ж прольоті.

Для сушки ковшів після ремонту застосовуємо стенди опалювальні газом (рис. 1.1).

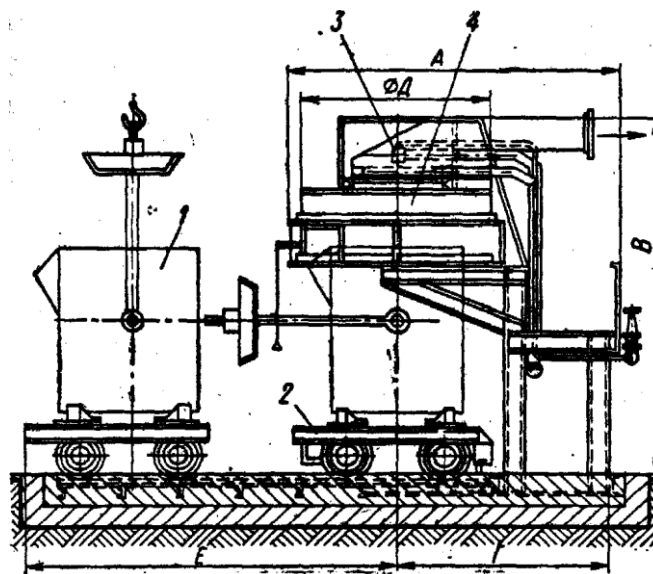


Рис. 1.1 Стенд для сушки ковшів:

1 - ківш; 2 - самохідний візок; 3 - газовий пальник; 4 - витяжна парасолька

1.8 Формувально - заливальне відділення

1.8.1 Програма відділення

Програму формувально - заливального відділення розробляємо на основі даних програми виробництва виливків в цеху. При цьому річну кількість виливків приймаємо з урахуванням покриття браку ливарного і механічних цехів.

Кількість виливків у формі і їх середню металоємність для відповідної групи по масі приймаємо по рекомендації [1].

Брак форм приймаємо залежно від розважування виливків [1].

Розрахункові дані зводимо в табл. 1.7

1.8.2 Організація технологічних потоків

Для визначення переліку технологічних і підйомно-транспортних операцій, шляхів їх реалізації і взаємоувязки на підставі аналізу програми відділення проводимо угруповання всіх виливків в технологічні потоки.

Програма випуску виливків по групових потоках представлена в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Розподіл формувально - заливальних робіт по групових технологічних потоках

№ потоку, група виливків по масі, кг	Річний випуск виливків, шт	Середня маса одного виливкі, кг	Середнє число виливків у формі, шт	Річна кількість форм, шт	Розміри опок: довжина, ширина, висота, верх/низ мм	Тип формувальних ліній
До 50	359946	20	2	170162	900x600x200	B715
II 50-100	92944	68	1	96662	900x800x300	L650
Рахом по цеху	452890			266824		

Для виготовлення виливків 1 потоку передбачена комплексна автоматична лінія формування, заливки і вибивки з плаваючим оснащенням B715. Склад лінії: установки формувальні чотирьохпозиційні карусельні що струшує - пресові для виготовлення паралельно нижніх і верхніх напівформ; складальник форм; стрижнеукладач; грузоукладач; перестановщик форм; установка заливальна; механізм витискування; грати вибивні інерційні прохідні; механізм обрубівання літників; конвеєр роликів з амортизатором;

распаровщик опок; механізм очищення опок; конвеєр ливарний підлоговий теліжечний горизонтально замкнутий пульсуючий.

Для виготовлення виливків від 50 до 100 кг Передбачена комплексна автоматична лінія моделі Л 650. Склад лінії: установка формувальна багатопозиційна; механізм фрезерування чаші, літника; кантувач напівформ; складальник форм; установник вантажів і піддонів; прес витискування; зіштовхувач; ґрати вибивні інерційні прохідні; распаровщик опок; кантувач; конвеєр ливарний роликовий приводний.

Враховуючи те, що на лінії В 715 передбачено заливальний пристрій, рекомендується встановити заливальний пристрій з індукційним підігрівом і на лінії Л 650, що дозволить спростити технологічні операції і підвищити продуктивність.

Технічна характеристика ліній приведена в табл.1.9.

Таблиця 1.8 - Зведені дані розрахунку програми формувальний - заливального відділення

Група виливків по масі, кг	Найменуван ня відливок	Річний випуск виливків, шт	Маса одного виливки, кг	Кількість виливків формі, шт	Річна кількість форм, шт	Брак форм		Всього форм на річну програму
						%	шт.	
До 20 кг	Кришка	218143	2,8	4	54536	4	2181	56717
	Блок	65443	14	2	32722	4	1309	34031
21 - 50	Корпус	38576	29	1	38576	4	1543	40119
	Шестерня	37784	32,3	1	37784	4	1511	39295
Разом по 1 потоку		359946			163618		6544	170162
51-100	Рама	30492	56,7	1	30492	4	1220	31712
	Брус	33866	63	1	33866	4	1355	35221
	Рама люка	28586	85	1	28586	4	1143	29729
Разом по 2 потоку		92944			92944		3718	96662
Разом по цеху		452890			241316		10262	266824

Таблиця 1.9 - Технічні характеристики ліній

Параметри	B715	L650
Розмір опок, мм: у світлі	900 x 600	800 x 800
висота	200	300
Продуктивність, форм/г	80	50
Середня маса виливків, кг	До 50	До 100
Кількість операторів, обслуговуючих лінію в одну зміну	5	5
Формувальна суміш	Єдина	
Метод ущільнення суміші	Струшування з подальшим пресуванням	
Настановна потужність, кВт	210	600
Габарит, мм	58500 x 15500	96500 x 26000
Маса комплексу обладнання, т	310	800

1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Кількість потокових ліній визначаємо по формулі:

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

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

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

n - продуктивність лінії, форм / г;

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

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

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

Розрахунок технологічного устаткування зведений в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 - Відомість розрахунку технологічного устаткування

№	Річна кількість форм, шт.	Тип, модель устаткування	Продуктивність, форм/г	Кількість устаткування, од.		Коефіцієнт завантаження
				за розрахунком	прийняте	
1	170162	Комплексна автоматична лінія моделі B715	80	0.7	1	0.7
2	96662	Комплексна автоматична лінія моделі L650	50	0.69	1	0.69

1.9 Стрижневе відділення

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

1.9.1 Програма стрижневого відділення

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

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

При визначенні річної кількості і маси стрижнів враховуємо втрати, які мають місце із-за браку виливків, форм і із-за поломки стрижнів. Ці втрати приймаємо за даними цеху - аналога 10% .

Зведені дані представлені в таблиці 1.12.

1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

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

Технологія розрахована на виготовлення дрібних і середніх стрижнів масою до 100 кг. Особливість технології - зміцнення стрижнів, після надуву сумішшю в пескодувному автоматі, продуванням CO₂.

Для виготовлення стрижнів застосовані дерев'яні ящики. Робоча поверхня стрижнів забарвлюється протипригарною фарбою. Стрижні володіють високою міцністю.

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

Для виготовлення стрижнів 1 технологічного потоку масою до 16 кг пропонується встановити комплексно - механізовану лінію 1Л9128Б5 з пескодувним способом ущільнення піщаної суміші на рідкосклянному зв'язуючому.

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

Для виготовлення стрижнів 2 потоки масою до 100 кг передбачена комплексно - механізована лінія 1Л 9128Б9.

Технічна характеристика стрижньових ліній приведена в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Технічна характеристика стрижньових ліній

Найменування характеристики	1Л9128Б5	1Л9128Б9
-----------------------------	----------	----------

Найбільша маса стрижня, кг	16	100
Габарит стрижневого ящика, мм	630x500x300-445	1000x800x380-555
Продуктивність (фактична), зніманий/г	25	23
Кількість робочих, обслуговуючих лінію в одну зміну	4	4
Встановлена потужність, кВт	24,5	40
Габарит, мм	5800x4345x3110	8040x5130x3870

Таблиця 1.12 - Розрахункові данні кількості стрижнів на програму цеху

№ групи	Група стрижнів по масі, кг об'єму, дм³	Кількість стрижнів для груп виливків по масі (шт/дм³)						Разом по групах стрижнів шт/м³	Всього стрижні в з урахуванням браку шт/м³
		До 20		20 - 50		51 - 100			
		Норма на 1 т	На 1500 т.	Норма на 1 т	На 2300т	Норма на 1 т	На 6200 т		
1	<u>0,5</u> 0,3	46,0 (14,0)	69000 (21000)	16,5 (5,0)	37950 (11500)	16,5 (5,0)	102300 (81000)	209250 (113,500)	230175 (123,5)
2	<u>1,75</u> 1,05	21,0 (21,1)	31500 (31650)	5,9 (6,1)	13750 (14030)	5,9 (6,1)	36580 (37820)	81830 (83,500)	90013 (93,5)
3	<u>4,25</u> 2,5	14,4 (37,0)	21600 (55500)	13,5 (31,0)	31050 (71300)	13,5 (31,0)	83700 (192200)	136350 (319,000)	149985 (329)
4	<u>8,0</u> 4,75	1,8 (10,5)	2700 (15750)	5,2 (25,0)	11960 (57500)	5,2 (25,0)	32240 (155000)	46900 (228,250)	51590 (251)
5	<u>13,35</u> 8,0	0,5 (4,8)	750 (7200)	2,5 (19,4)	5750 (44620)	2,5 (19,4)	15500 (120280)	22000 (172,100)	24200 (189)
6	<u>20,85</u> 12,5	0,5 (7,5)	750 (11250)	1,3 (16,5)	2990 (37950)	1,3 (16,5)	8060 (102300)	11800 (151,500)	12980 (166,65)
7	<u>32,5</u> 19,5	0,4 (8,8)	600 (13200)	2,8 (54,0)	6440 (12420)	2,8 (54,0)	17360 (334800)	24400 (360,420)	26840 (396,46)
8	<u>50,0</u> 30,0	-		0,6 (18,0)	1380 (41400)	0,6 (18,0)	3720 (111600)	5100 (153,000)	5610 (168)
9	<u>80,0</u> 48,0	-		0,4 (17,3)	920 (39790)	0,4 (17,3)	2480 (107260)	3400 (147,050)	3740 (162)

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

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

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

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

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

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

A - річна кількість знімачів по даному потоку, шт;

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

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімачів / г;

K_z - коефіцієнт завантаження устаткування.

Завантаження стрижньового устаткування приведені в табл.1.13.

1.10 Сумішприготувальне відділення

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

Таблиця 1.13 - Загрузка стрижневого відділення

№ потоку, група стрижнів по масі, кг	Річна потреба в стрижнях, шт	Габаритні розміри стрижньових ящиків, мм	Число стрижнів в ящику, шт	Річне число знімань з машини, шт	Устаткування				
					Модель Вид суміши	Фактична продуктивність, знімань/г	Розрахункова потреба, шт	Прийнято до установки, шт	Коефіцієнт завантаження
1 До 16	711432	630x500x300-445	4	177858	<u>1Л9128Б5</u> ПС на рз	25	2,34	3	0,78
2 16 - 100	85360	1000x800x380-555	2	42680	<u>1Л9128Б9</u> ПС на рз	23	0,65	1	0,65

1.10.1 Програма сумішприготувального відділення

Річну витрату формувальних сумішей визначаємо по середніх нормах їх витрати залежно від групи виливків по масі. Розрахункові дані приведені в таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 - Розрахункова відомість витрати формувальних сумішей

Група виливків по масі, кг	Річний випуск придатного литва, т	Расход єдиної суміши, т	
		норма на 1 т виливок	на річний випуск
До 20	1528	9,5	14516
21 - 50	2339	10, 5	24559
Разом по 1 потоку з урахуванням просипу, $K=1,16$			45327
51-100	6302	9,7	61129
Разом по 2 потоку з урахуванням просипу, $K=1,16$			70910
Всього по цеху			116237

Потребу в стрижневих сумішах визначаємо по питомій витраті суміші на 1 т відливок для кожної вагової групи стрижнів з урахуванням розподілу їх по групових технологічних потоках і прийнятого виду суміші по відповідному потоку, розрахунок зведений в табл.1.15.

Таблиця 1.15 - Потреба в стрижневих сумішах

Група стрижнів по масі, кг	Витрата стрижневої суміші	
	т	м ³
1 потік - до 16	1627	986
2 потік – 16 – 100	1473	893
Разом по групам з урахуванням просипу $K=1,14$	3534	2142

Для кожного виду формувальних і стрижневих сумішей визначаємо рецептуру і на підставі їх потреби розраховуємо кількість необхідних компонентів на річну програму випуску виливків, рецептура сумішей приведена в табл. 1.16.

1.10.2 Розробка схеми технологічного процесу

У циклі підготовки пісків і глини виконуємо дві основні операції: сушку і просіювання. Для сушки піску в цеху використовується барабанне сушило ПБ1-5. Глина поступає в цех з складу в готовому вигляді (мелена глина в мішках), тому вона не потребує попередньої обробки.

Сито для просіювання формувальних матеріалів повинне забезпечувати руйнування грудок і відділення від загальної маси суміші шматків стрижнів, скрапу і інших випадкових предметів, що потрапляють в неї при вибивці форм. Для цієї мети у відділенні застосовано полігональне сито 173M1

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

Найбільш універсальною і ефективною для народного господарства є мехрегенерація, яка дозволяє заощадити до 90% свіжого піску.

У зв'язку з цим в цеху передбачена система мехрегенерації моделі 16614, продуктивністю 30 т/г.

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

Для перемішування компонентів при приготуванні формувальних і стрижньових високоякісних сумішей застосовані чашкові змішувачі з катками, що вертикально обертаються. Хороше перемішування і обволікання зерен піску що пов'язують забезпечується двома робочими органами: важкими катками що котяться з прослизанням по шару суміші на дні круглої чаші і підкидаючими плужками. Суміш вищої якості виходить в бігунах періодичної дії. Тому для приготування сумішей в цеху встановлені чашкові змішувачі періодичної дії з катками моделей, що вертикально обертаються, 15101 і 15104.

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

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

1.10.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Розрахунок кількості технологічного устаткування проводимо по формулах:

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

де N - кількість одиниць устаткування;

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

Φ_d - дійсний річний фонд часу, г;

P - продуктивність устаткування, т/г;

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

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

В якості підйомно-транспортного устаткування на сумішприготу-вальній ділянці прийнято 2 мостових крана вантажопідйомністю 5/10 т і електротельфер Q = 3т.

Початкові матеріали і готові суміші подаються підвісними закритими стрічковими конвеєрами.

Результати розрахунків по всіх видах устаткування зведені в табл. 1.17.

1.11 Відділення фінішних операцій

У відділенні фінішних операцій проводиться видалення стрижнів, що літників-живить системи, обрубкування і зачистка виливків, виправлення дефектів.

1.11.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

На підставі аналізу програми виробництва виливків в цеху, технологічної схеми формуально-заливального відділення і технічних характеристик устаткування для виконання завершальних операцій виливці різних мас і розмірів згруповані в однотипні виробничі потоки за принципом технологічної сумісності.

Таблиця 1.17 - Розрахункова відомість технологічного устаткування сумішприготовувального відділення

Технологічна операція	Річна витрата суміші або матеріалів		Найменування устаткування	Модель (тип)	Годинна продуктивність, м³/ч	Кількість устаткування, од.		Коефіцієнт завантаження
	т	м³				розрахункове	прийняте	
Сушка піску	9217	6145	Сушило барабанне	ПБ1- 3	3	0,73	1	0,73
Просів піску	9217	6145	Сито полігональне	173М2	3	0,73	1	0,73
Приготування єдиної суміші	116237	88058	Змішувач ливарний чашковий період. дії з катками, що вертикально обертаються	15104	20	0,72	2	0,72
Приготування стрижньової ПС на РЗ	3534	2142	Змішувач ливарний чашковий період. дії з катками, що вертикально обертаються	15101	1,5	0,6	1	0,6
Регенерація	109035	87228	Система мехрегенерації	14614	30т/ч	0,8	1	0,8

Виливки, вибиті з ливарних форм, проходять визначений по тривалості цикл охолодження, після чого передаються в обрубне відділення, де шляхом проведення ряду операцій покращують їх фізико-механічні властивості і надають їм товарного вигляду.

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

Вибивка виливків з форми передбачена на формувальних лініях в комплекті.

Очищення виливків полягає у видаленні з їх поверхні формувальної і стрижньової суміші, що пристала і пригоріла. Для очищення виливків, вибивки стрижнів і відбиття літників в проектованому цеху встановлені очисні галтовочні барабани періодичної дії мод. 41114. Для ефективності очищення в барабан разом з виливками завантажуються зірочки з білого чавуну. Розмір зірочок - 20 - 65 мм. Основні вузли: барабан, ліва і права опори, пилова коробка, рама, привід, електроустаткування, скіповий завантажувач і розвантажувальний візок викочування.

Технічна характеристика галтовочного барабана приведена в табл.1.18.

Таблиця 1.18 - Технічні характеристики галтовочного барабана мод. 41114

Параметр	41114
Об'єм завантаження, м ³	0,8
Найбільша маса завантаження, кг	1800
Розміри порожнини барабана, мм. діаметр	900
довжина	1400
Частота обертання барабана, об/хв.	30
Кількість повітря, що відсасується, м ³ /хв.	25
Установленна потужність, кВт,	75
Габаритні розміри, мм:	3525x1615x1490
Маса, кг	3820

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

При розрахунку кількості виливків, що підлягають виправленню, користуємося рекомендаціями [1].

Відповідно кількість дефектних виливків по першому потоку приймаємо 11%, по другому - 13% від загального об'єму придатного литва, дані зведені в табл. 1.19.

Для виправлення дефектів виливків застосована дільниця заварки. вона обладнаний нагрівальними печами, газовими сурмами і спеціальним технологічно устаткуванням. Окрім заварки також використовується

декоративне закладення дрібних поверхневих раковин пастами - мастиками і мастиками; просочення спеціальними складами (водним розчином хлористого амонію).

Таблиця 1.19 - Розрахунок кількості дефектних виливків

Група виливків по масі, кг	Річний випуск виливків з урахуванням браку		Кількість виливків, що підлягають виправленню		
	т	шт	%	т	шт
До 20	1528	283586	11	168	31194
21 - 50	2339	76360	11	257	8400
Разом по 1 потоку	3867	359946	11	425	39594
51 - 100	6302	92944	13	819	12083
Всього:				1244	51677

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

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

Після приймання ОТК виливкі прямують на склад готової продукції.

1.11.2 Розрахунок кількості устаткування

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

Розрахунок кількості устаткування проводимо по формулі:

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

де P_o - кількість одиниць устаткування, шт;

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

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

Φ_d - дійсний фонд часу роботи устаткування, г;

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

Дані зведені в табл. 1.20.

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

1.12 Розрахунок площі цеху

У загальну площу цеху включено: ділянки технологічного устаткування; ділянки допоміжного і супутнього устаткування; складські приміщення.

При розрахунку площі ділянок технологічного устаткування чавуноливарного цеху були враховані наступні дані: габаритні розміри устаткування; нормативні прів'язочні розміри устаткування; планування робочих місць; розміщення вантажопідйомних засобів і інтенсивності роботи підлогового транспорту; норми проходів і проїздів.

У число допоміжного і супутнього устаткування включені пульти управління, установки Кіпа і автоматики, електроустаткування, вентиляційні установки, експрес - лабораторії і ін.

Зважаючи на важкі умови праці і наявність небезпечних зон у відділенні фінішних операцій передбачені площі для монтажу устаткування і різних пристроїв, що забезпечують зниження вірогідності травматизму і професійних захворювань трудящих.

Таблиця 1.20 - Завантаження відділення фінішних операцій і розрахункова відомість устаткування

Найменування операції	Кількість відливок		Устаткування, од				Коефіцієнт завантаження
	т	шт	найменування і модель	годинна продуктивність	розрахункове	прийняте	
Вибивка виливок I потоку	Передбачена в комплексі лінії В715						
Вибивка виливок II потоку	Передбачена в комплексі лінії Л 650						
Вибивка стрижней I потоку і очищення виливків	3867	359946	Очисний галтовочний барабан періодичної дії мод. 41114	2,4 т/ч	1,28	2	0,65
Вибивка стрижней II потоку і очищення виливків	6302	92944					
Відрізка літників і зачистка виливків I потоку	3867	359946	Обдирно-шліфувальний верстат 3Е374	-	0,69	2	0,69
Відрізка літників і зачистка виливків II потоку	6302	92944	Обдирно-шліфувальний верстат 3Е375	-	0,7	2	0,7
Виправлення дефектів	1244	51677	Дільниця заварки виливків	-		1	

Складські приміщення необхідні для оперативного (добового) зберігання модельного оснащення, опок, запасу стрижнів, стелажів для обробки і адресації стрижнів на складальні ділянки, інструменту, різних матеріалів і ін.

Найбільшу площу займають склади шихтових і формувальних матеріалів. Готові матеріали поступають до змішувачів по закритих стрічкових конвеєрах.

Площу для зберігання шихтових і формувальних матеріалів визначаємо по формулі:

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

де: M - річна потреба в даному матеріалі, т;

t - тривалість зберігання на складі, дні;

D_p - число робочих днів в році;

ρ - об'ємна маса матеріалу, т/м³;

H - допустима висота зберігання, м.

Розрахункові дані площ приведені в таблиці 1.21.

Склад формувальних і шихтових матеріалів розміщений в одному прольоті. На складі розміщені: засіки для зберігання сталевих і чавунних шихт, коксу, бункера для феросплавів, дільниця вогнетривких матеріалів, дільниця розвантаження піску і глини, устаткування для підготовки початкових формувальних матеріалів, устаткування для дозування і транспортування шихтових матеріалів.

Відповідно до компоновки всіх технологічних відділень загальна площа цеху складає - 6 336 м². Висота цеху вибрана 14,4 м.

Таблиця 1.21 - Зведені дані розрахунку площ для зберігання шихтових і вогнетривких матеріалів

Матеріал	Річна потреба, т	Об'ємна маса т/м ³	Запас на складі		Місце зберігання	Висота зберігання м	Площа хранения,м ² (з урахуван-ням проходів і проїздів)
			діб	т			
Лом чавунний	1666	1,6	20	91	закром	5	15
Лом сталевий	1600	1,3	20	88	закром	5	17
Стружка брикетована	5772	1,6	10	158	закром	5	24
Повернення власного виробництва	1666	1,8	5	23	закром	3	8
Ферросиліцій	531	1,7	30	44	Бункер	2	13
Ферромарганець	92	1,7	30	8	Бункер	2	2
Феррохром	67	1,7	30	6	Бункер	2	2
Електродний бій	202	0,7	20	11	бадья	1,5	14
Рідке скло	189	1,8	30	16	бочки	1,5	10
Кварц молотий	444	1,1	30	36	закром	3	15
Цегла шамотна	316	1,8	30	26	штабеля	2	11
Глина вогнетривка	1434	1,55	30	118	закром	5	19
Кварцевий пісок	9217	1,5	30	758	закром	10	55
Древесний пек	212	0,8	30	17	Бункер	2	11
Кам'яновугільний порошок	581	1,8	30	48	Бункер	2	13
Ферохромовий шлак	141	1,7	30	12	Бункер	2	4
Всього по цеху							233

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Деталь "Кришка" являє собою ступінчастий циліндр, діаметром 500 мм. Циліндр має внутрішню порожнину діаметром 280 мм і глибиною 202 мм. У денці циліндра розташовані 2 наскрізні отвори діаметром 85 мм, відстань між центрами яких 155 мм. На фланці завтовшки 75 мм розташовані 12 отворів діаметром 41 мм. Лита деталь "Кришка" представлена на малюнку 1.

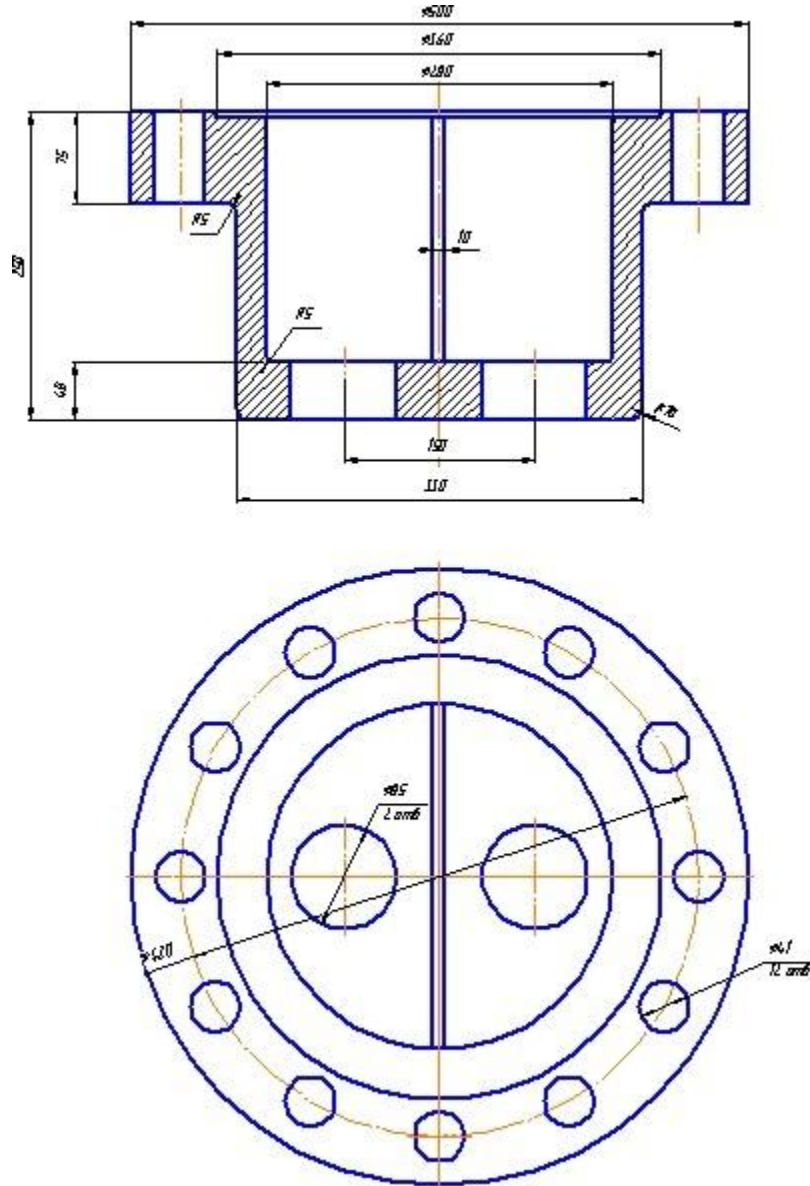


Рис. 2.1. Лита деталь "Кришка"

Вибір матеріалу виливка

Лита деталь "Кришка" під час роботи зазнає середніх статичних і динамічних навантажень, тому доцільно виготовити її з нелегованої конструкційної сталі 25Л, яку піддають термообробці: нормалізація 860-880 °С, відпуск 600-630 °С. Сталь цієї марки має такі властивості: Або ж с чавуну

Обґрунтування способу отримання виливки

Під час вибору способу отримання виливки необхідно співвідносити можливості кожного способу лиття і вимоги, які висувають до литого виробу: розмірна точність, шорсткість поверхні, механічні та експлуатаційні властивості, структура виливки, допустимі дефекти.

Литий виріб "Кришка" має масу 96.4 кг і габаритні розміри 500× 250 мм. Необхідна розмірна точність - 14 квалітет, чистота поверхні - R_a10 мкм.

Ці вимоги можуть бути забезпечені такими способами лиття: литтям у кокіль, литтям у керамічні форми, литтям за виплавлюваними моделями, литтям у піщано-глинисті форми. Оскільки весь виливок підлягає механічній обробці, його недоцільно отримувати литтям у кокіль через відносно низьку стійкість кокілів. Литтям у керамічні форми і литтям за виплавлюваними моделями можна отримувати складні виливки практично з будь-яких сплавів. При цьому досягається висока геометрична і розмірна точність виробу, чиста поверхня за мінімальних припусків на механічну обробку. Однак виготовлення виливки "Кришка" в керамічній формі та ЛВМ призведе до підвищеної витрати формувальних матеріалів, що, своєю чергою, призведе до підвищення витрат на виробництво, а отже, до підвищення собівартості лиття. Завдяки низькій собівартості, універсальності процесу, швидкій підготовці виробництва, а також з огляду на те, що до виливки не висувають особливих технологічних вимог, а також через високу шорсткість поверхні R_a10 мкм, раціонально вибрати гравітаційне лиття в піщано-глинисті форми.

Оцінка технологічності литої деталі. Визначення групи складності

Технологічною називають таку конструкцію виробу або складових її елементів (деталей, вузлів, механізмів), яка забезпечує

Основними показниками, що дають змогу оцінити технологічність конструкції виливків, є:

- коефіцієнт використання матеріалу (КВМ)

$$\text{КИМ} = \frac{Q_{\text{дет.}}}{Q_{\text{р.м.}}} \times 100\% \quad (1)$$

Де $Q_{\text{дет.}}$ (.)- маса готової деталі, кг;

$Q_{\text{р.м.}}$ (- маса металу, що витрачається для отримання однієї литої заготовки, кг.

На початкових стадіях проектування

$$\text{КВМ} = \frac{116.4}{136.3} \times 100\% = 85.4\%$$

- коефіцієнт необроблюваних поверхонь (КНП)

$$\text{КНП} = \frac{S_{\text{н.}}}{S_{\text{ом}}} \times 100\% \quad (3)$$

Де $S_{нS}$ - площа необроблюваних поверхонь, м²;

S_{om} - площа поверхонь усієї виливки, м².

$$КНП = \frac{0}{0,89} \times 100\% = 0\%$$

Крім цих показників для кількісної оцінки технологічності конструкції виливки використовують такі критерії:

- коефіцієнт конструктивної складності

$$0 \leq \mu \leq 1$$

Цей виливок може бути вписаний у габаритний циліндр, тоді

$$\mu = 2 - \delta_{пр.} \cdot (1/R + 1/l); \quad (4)$$

де R - радіус габаритного циліндра, м;

l - довжина твірної габаритного циліндра, м;

$$\delta_{пр} = \frac{V_{om}}{S_{om}} = \frac{Q_{om}}{\rho S_{om}} \quad (5)$$

$V_{від}$ - об'єм відливки, м³; $S_{від}$ - площа поверхні відливки, м²; $Q_{від}$ - маса відливки, кг; ρ - густина матеріалу виливки, кг/ м³;

$$\delta_{пр.} = 0,01617 / 7,1 \times 0,023835 = 2,6 / 0,311 = 0,0071 \text{ м};$$

$$\mu = 2 - 0,0071 \cdot (1 / 0,0225 + 1 / 0,078) = 0,78;$$

-коефіцієнт габаритності

$$K_v = \frac{V_{габ}}{Q_{om}}, \frac{\partial m^3}{кг} \quad (6)$$

Де $V_{габ}$ - об'єм габаритного тіла описаного за габаритними розмірами виливки, м³

; $Q_{від}$ - маса виливки, кг.

Чим менше коефіцієнт габаритності, тим технологічно раціональніша конструкція виливки.

$$K_v = 3,14 \cdot 6,25 \cdot 2,5 / 116,4 = 0,42 \frac{\partial m^3}{кг}$$

-коефіцієнт точності обробки

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{IT_{ср}} = 1 - 1/14 = 0,93 \quad (7)$$

де $IT_{ср}$ - середній квалітет точності обробки

$$IT_{ср} = \Sigma(IT_i \times n_i) / n_{\Sigma} = 14 \quad (8)$$

де IT_i - квалітет точності;

n_i - кількість розмірів, що мають точність відповідного квалітету;

n_Σ - загальна кількість взятих до уваги розмірів деталі.

-коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{R_{аср}} = 1 - 0,1 = 0,9 \quad (9)$$

де $R_{аср}$ - середнє числове значення параметра шорсткості поверхні для всіх оброблюваних поверхонь, мкм.

$$R_{a\text{ ср}} = \Sigma(R_{ai} \times m_i) / m_\Sigma = 10 \quad (10)$$

де R_{ai} - числове значення параметра шорсткості поверхні, мкм;

m_i - кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість;

m_Σ - загальна кількість, взятих до уваги поверхонь.

Значення коефіцієнтів точності обробки і шорсткості поверхні представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Технологічна характеристика деталі "Кришка"

Поверхня оформлення	Квалітет точності	Шорсткість поверхні R_a , мкм
	$IT14$	10
Діаметр		
500	14	10
420	14	10
360	14	10
330	14	10
280	14	10
85	14	10
41	14	10
лінійний розмір		
250	14	10
155	14	10
75	14	10
48	14	10
5	14	10
110	14	10
75	14	10
45	14	10
32	14	10
25	14	10

Фаска		
10×45°	14	10
5×45°	14	10
Разом:		
n, m	19	19
$IT_i \times n_i$	266	-
$R_{ai} \times m_i$	-	190
	$IT_{cp}=14$	$R_{acp}=10$
	$K_{т.ч}=0,92$	$K_{ш}=0,83$

Враховуючи отримані значення коефіцієнтів можна зробити висновок, що конструкція цього виливка низько-технологічна.

Групу складності виливків, виготовлених литтям у ПГФ, визначають за десятьма класифікаційними ознаками. Аналіз цих ознак наведено в табл. 3.

Таблиця 2.2 - Група складності виливки

Основні ознаки складності	Групи складності
1) Конфігурація поверхні	1
2) За масою	2
3) За максимальним габаритним розміром	1
4) За товщиною основних стінок	1
5) Характеристика виступів, ребер, заглиблень, отворів	1
6) Кількість від'ємних частин моделі	1
7) Кількість стрижнів у формі	2
Характеристика мех. обробки литої деталі і наявність вимог щодо шорсткості обробки поверхонь	2
9) Група за призначенням	1
10) Особливі технічні вимоги	1

За сукупністю представлених у табл. 3 класифікаційних ознак груп складності, можна зробити висновок, що ця конструкція виливки належить до 1 групи складності.

Вибір положення виливки у формі

Під час вибору положення виливки у формі під час заливки і затвердіння основними правилами є забезпечення гарного живлення і отримання виливки без усадочних і газових раковин.

Положення виливки у формі залежить від вимог, що висуваються до виливки за щільністю металу і шорсткістю поверхонь. У даному виливку $L/B > 1$, характеризується своєю протяжністю порівняно з шириною, має плоску

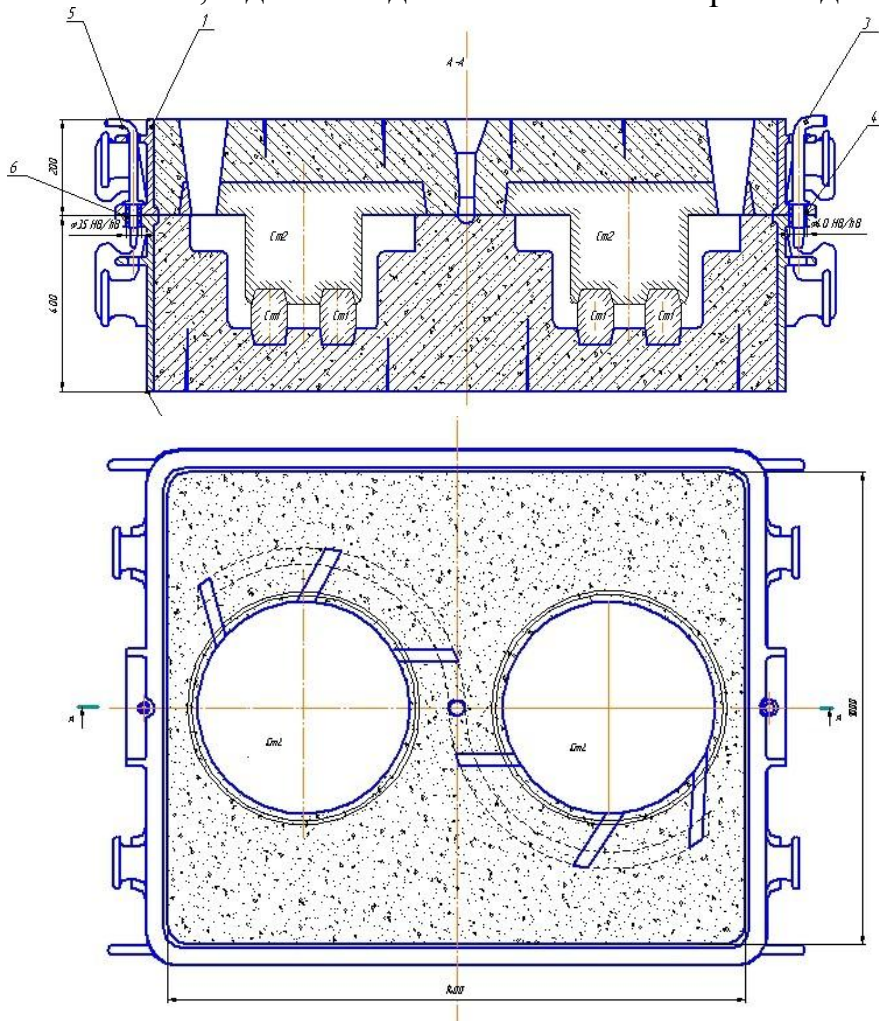
При розташуванні виливки в нижній напівформі, зростає геометрична точність виливки, зменшується можливість появи ливарних дефектів. З урахуванням цього, а також конструкції та параметрів виливки слід розташувати її в нижній напівформі (Рис. 2.2.).



Стрижні, як правило, ставлять у форму після сушіння, щоб збільшити їхню міцність і зменшити газоутворення. Точність фіксації стрижня у формі забезпечується розмірами і конфігурацією його знакових частин, які призначають за ДСТУ 3212-92 з врахуванням розмірів стрижня, способу формування і його положення у формі. Конструкцію і розміри стрижня представлено на рисунку 2.2. Цей стрижень за ступенем складності належить до 4 класу складності - стрижні, що мають нескладну форму з відносно великими стрижневими знаками, застосовуються для оформлення оброблюваних і необроблюваних поверхонь. Для унеможливлення спливання стрижня під час заливки, він має посилений стрижневий знак. Конструкція стрижня представлена на рис 2.2. .

Щоб розташувати модель в опоках, потрібно передбачити місце для ливникової системи, а також визначити відстані між моделлю і опокою,

моделлю і ливниковою системою. Відстань від моделі або ливникової системи до бічної стінки опоки для середніх виливків становить 100 мм, шар суміші над моделлю - 100 мм, відстань від нижнього знака стрижня до низу опоки - 80 мм.



Згідно з ГОСТ 14985-69 приймаємо 2 суцільнолиті сталеві прямокутні опоки з розмірами у світлі 1400×1000×400 (0272-0169) і 1400×1000×200 (0161).

Виходячи з обраної опоки, згідно з ГОСТ 20118-74, приймаємо модельну плиту 0280- 1671/001.

Призначення припусків на механічну обробку, визначення формувальних ухилів

Для того щоб визначити припуски на обробку, необхідно визначити норми точності виливки. У табл. 4 наведено норми точності виливки.

Таблиця 2.3 - Норми точності виливки

Параметр	Діапазони та прийняті значення
Клас розмірної точності	(10 -14)11
Ступінь викривлення елементів виливки	(4-7)5
Ступінь точності поверхонь виливки	(15-20)16
Клас точності маси виливки	(9т-16)9

Шорсткість поверхні виливки, мкм	60
Ряд припусків на обробку	(7-10)9
Рівень точності обробки	Середній
Допуск нерівностей поверхні, мкм	$\pm 2,4$
Допуск маси виливки, %	$\pm 3,2\%$

Допуск розміру виливки вибирають залежно від номінальних розмірів виливки відповідно до обраного класу розмірної точності, а також залежно від розташування елемента виливки в ливарній формі. Припуски на механічну обробку визначаємо відповідно до ГОСТ 26645-85 (табл. 2.4). За ГОСТ 3212-92 приймаємо формувальні ухили для металевих моделей $0^\circ 45'$

Таблиця 2.4 - Припуски на механічну обробку

Послідовність призначення	Оброблювані різанням поверхні виливки					
	A	B	C	D	E	F
Номінальний розмір від бази до оброблюваної поверхні, мм	Ø 85	Ø280	Ø 330	Ø 500	250	700
Вид розміру ВР	1	2	1	1	1	1
Клас точності розміру КР	11	11	11	11	11	11
Допуск розміру виливки	4,4	6,4	6,4	7	5,6	4
Допуск форми поверхні (від викривлення): ном. розмір нормованої ділянки, мм ступінь викривлення елемента виливки Ске допуск форми Тф, мм	48	202	175	75	280	200
	5	5	5	5	4	5
	0,32	0,64	0,5	0,32	0,64	0,32
Допуск зміщення, спричиненого перекосом стрижня (п. 2.8 ГОСТ 26645-85): розмір найтоншої стінки, що формується за участю стрижня, мм клас точності розміру КР допуск зміщення Тсм, мм	-	25	-	-	-	-
	-	11т	-	-	-	-
	-	2,4	-	-	-	-
Фінішний допуск: розмір базової поверхні, мм вид розміру ВР клас точності розміру КР допуски розмірів від бази То, мм позиційний допуск Тпоз, мм	-	330	500	330	-	-
	-	2	1	1	-	-
	-	11	11	11	-	-
	-	6,4	7	6,4	-	-
	-	3,2	3,5	3,2	-	-
Загальний допуск То.общ, мм	5	10	10	10	6,4	4
Фінішний допуск при	2,5	5	5	5	3,2	2

призначенні припуску То.общ, мм						
Вид механічної обробки:	4,4	6,4	6,4	7	5,6	4
Допуск розміру деталі від базису Тд. мм Відношення	0,88	0,64	0,64	0,7	0,88	
Тд/Тотл Відношення	-	-	-	-	-	
Тф.д/Тф.відл	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чор
Вид остаточної механічної обробки поверхні						

Ряд припусків РП	9	9	9	9	9	
Загальний припуск Зообщ, мм	2,9	13	13	13	3,1	2
Розмір виливки, мм	82,1	267	343	513	253,1	7
Поле допуску	±5	±8	±8	±8	±6,4	±

Вибір типу ливниково-живильної системи. Розрахунок усіх елементів лпс

Л.с. повинна сприяти виконанню принципу рівномірного або спрямованого затвердіння виливки. Вона служить для часткового живлення рідким металом виливки в початковий момент її затвердіння.

Оскільки виливок розташовується в нижній частині напівформи, підведення металу здійснюється зверху. Приймаємо верхню бічну ливникову систему, що забезпечує заповнення нижньої частини виливки зверху.

Розрахунок прибутків

За формулою І. Пржибила проводимо розрахунок прибутків:

$$H \geq D = N \times \sqrt[3]{V_{п.у} \times \frac{x \times \beta}{1 - x \times \beta}}; \quad (11)$$

де Н - висота прибутку, дм; D - товщина прибутку, дм;

$V_{п.у}$ - об'єм частини виливки, що живиться цим прибутком, дм³;

β - усадка сплаву під час затвердіння в інтервалі температур: температура лиття

-

температура солідуса;

x - коефіцієнт "неекономічності" прибутку, що дорівнює відношенню обсягу прибутку до обсягу зосередженої усадочної раковини;

N - коефіцієнт, що враховує геометричні параметри прибутку.

$$H = 1,085 \times \sqrt[3]{14,71 \times \frac{10 \times 0,03}{1 - 10 \times 0,03}} = 2,004 \text{ дм}$$

Розрахунок діаметра прибутку:

$$H = 1,5D; \quad (12)$$

Звідси D= 1,336 дм.

Приймаємо прибуток: відкритий, кільцевий, що відрізається, який забезпечить гарне живлення виливки і формування усадочної раковини в прибутку. Живлення "поличок" забезпечуємо технологічною перемичкою діаметром 40 мм. Для відведення газів і живлення нижньої "полички" приймаємо живильний випір діаметром 40 мм.

Розрахунок оптимальної тривалості заповнення порожнини форми проводиться за формулою:

$$\tau_{\text{опт}} = s_1 \sqrt[3]{\delta \cdot Q_1}, \quad (13)$$

де s_1 - коефіцієнт тривалості заливки, що залежить від роду сплаву, температури заливки, типу ливникової системи тощо.

δ - переважна товщина стінки виливки, мм;

Q_1 - норма витрати рідкого металу на одну форму, кг.

$$Q_1 = (1,1 \cdot Q_{\text{отл}} + 3 \cdot Q_{\text{пр}}) n \quad (14)$$

де n - кількість виливків у формі,

$Q_{\text{відл}}$ - маса рідкого сплаву на один виливок.

$$Q_1 = (1,1 \cdot 136,3 + 3 \cdot 7,56) 2 \approx 345,2 \text{ кг}$$

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \sqrt[3]{50 \cdot 345,2} \approx 36 \text{ с.}$$

Розрахунок площі лімітуючого перерізу ливникової системи:

$$F_{\text{min}} = \frac{Q_1}{\mu \tau_{\text{опт}} \rho \sqrt{2gH_p}}, \quad (16)$$

де μ - коефіцієнт гідравлічного опору ливникової системи і форми, ρ - густина розплаву, кг/м³,

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$,

H_p - розрахунковий середній металостатичний напір, м.

$$H_p = H_0 = 0,2 \text{ м}$$

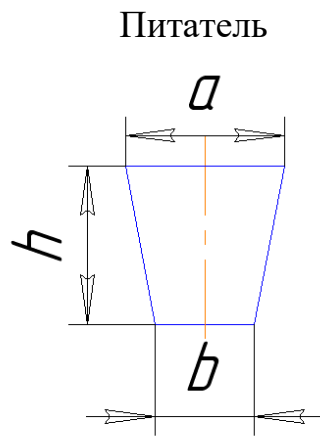
$$F_{\text{min}} = \frac{345,2}{0,32 \cdot 36 \cdot 7100 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,2}} = 0,0021 \text{ м}^2 = 21 \text{ см}^2.$$

Лімітуючим є перетин живильника $\sum F_n : \sum F_{\text{ш}} : \sum F_{\text{см}} = 1 : 1,2 : 1,4$

$$\begin{aligned} \text{Следовательно: } \sum F_i &= 21 \tilde{n}^2 \\ \sum F_o &= 25,2 \tilde{n}^2 \\ \sum F_{\tilde{n}o} &= 29,4 \tilde{n}^2 \end{aligned}$$

Приймаємо живильник трапецієподібної форми (Рис. 2.3.) з розмірами:

Живильник



$$a = 26 \text{ мм},$$

$$b = 20 \text{ мм},$$

$$h = 26 \text{ мм}.$$

$$\sum F_i = 21\tilde{n}i^2$$

$$\text{Кол.} = 6 \text{ шт.}$$

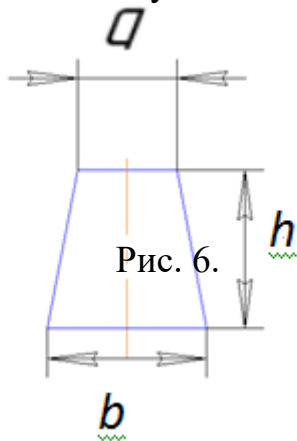
$$F_i = 3,5\tilde{n}i^2$$

Приймаємо шлаковловлювач трапецієподібної форми (Рис.2.4.). Виходячи з отриманих значень розміри шлаковловлювача становитимуть:

Шлаковловлювач

$$a = 32 \text{ мм};$$

Шлакоуловитель



$$a = 32 \text{ мм};$$

$$b = 40 \text{ мм};$$

$$h = 40 \text{ мм};$$

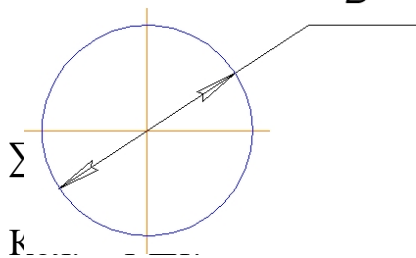
$$\sum F_o = 25,2\tilde{n}i^2$$

$$\text{Кол.} = 1 \text{ шт.}$$

$$F_o = 25,2\tilde{n}i^2$$

Рис. 2.4

Г Стояк $\square$ о перерізу (Рис. 2.5.):



$$F_{c0} = 29,4\tilde{n}i^2$$

$$\sum F_{\text{до}} = 29,4 \tilde{n} \tilde{l}^2$$

Кол. = 1 шт.

$$F_{\text{сд}} = 29,4 \tilde{n} \tilde{l}^2$$

D = 61 мм.

Розробка конструкції модельного оснащення. Конструкція стрижневого ящика

Процес виробництва моделей, стрижневих ящиків та інших елементів модельного комплекту незалежно від роду обраного матеріалу є дуже складним, дорогим і трудомістким.

Для серійного виробництва раціональніше вибирати металеві модельні комплекти, які мають низку переваг порівняно з дерев'яними - це довговічність, точність розмірів, невелика шорсткість робочих поверхонь і відсутність деформації [4].

Різні деталі модельного комплекту виготовляють із різних сплавів. Для найвідповідальніших деталей, таких як моделі та стрижневі ящики, вибирають сплави, що забезпечують максимальну довговічність комплекту. Найпоширенішими матеріалами моделей, призначених для отримання піщано-глинистих форм, є сплави на основі алюмінію і сірі чавуни [4].

Моделі та стрижневі ящики з легких алюмінієвих сплавів значно полегшують умови праці. При ретельному догляді за алюмінієвими моделями за ними може бути отримано до 40 тис. форм [4].

Тому для виготовлення моделі обираємо алюмінієвий сплав марки АК9 (сплав на основі Al-Si-Mg) за ГОСТ 1583-93. Враховуючи габаритні розміри моделі, виготовляємо її монолітною.

Формувальні ухили для моделі становлять $0^{\circ}45'$ за ДСТУ 3212-92 (формульовані ухили формоутворювальних поверхонь модельних комплектів, призначених для форм, які тверднуть поза контактом з оснащенням). Розміри знаків мають бути збільшені проти номінальних розмірів на величину зазорів, передбачених кресленням зібраної форми. Креслення металевої моделі передбачає збільшення її розмірів проти розмірів деталі, для відливання якої вона призначається, на величину усадки сплаву, з якого буде відливатися деталь. З огляду на усадку алюмінієвих сплавів, збільшуємо розміри моделі виливки і ливниково-живильної системи на 1%.

Монтаж моделей на підмодельних плитах здійснюють за розміткою. На модель і плиту наносять розмічальні риси. При накладенні моделі на плиту риси повинні поєднуватися. Потім просвердлюють наскрізні отвори для фіксувальних штифтів. Розмітку і нанесення рисок слід виконувати не довільно, а приймаючи за базову лінію вісь контрольного штиря кожної плити. Під час монтажу моделей на плити слід враховувати розміри і конструкцію опок [4], (Рис.2.6.).

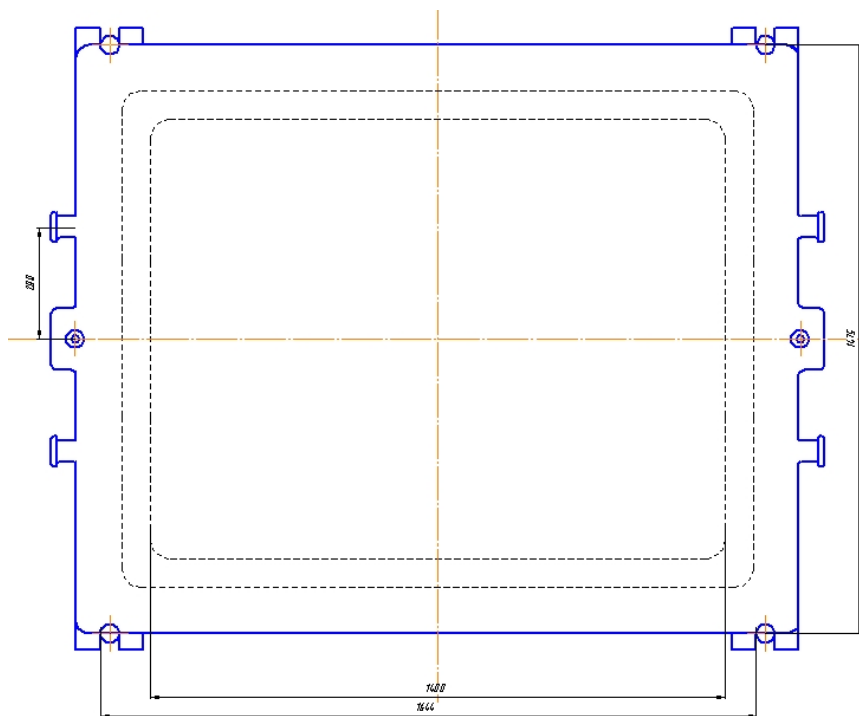


Рис. 2.6.О пока

Незалежно від способу виготовлення стрижнів ящики мають бути якомога легшими. Розміри бортиків і конструкція ребер жорсткості у стрижневих ящиків залежать від товщини тіла ящика. У стрижневих ящиків, що складаються з двох або більше частин, має бути забезпечене точне взаємне фіксування частин ящика і взаємне кріплення їх між собою. Рациональною конструкцією є регульований штир. Ця конструкція дає змогу в процесі експлуатації, у міру зносу штиря і втулки, регулювати установку штиря за висотою, ліквідуючи цим хитання втулки на штирі. Скріплення окремих частин стрижневого ящика здійснюється за допомогою особливих затворів. Найпоширенішими є дві конструкції: затвор із баранчиком і затвор зі скобою. Перевагою баранчикова затвора є його легка вага і простота виготовлення, але його застосування знижує продуктивність робітника стрижневіка, оскільки процес закручування і відкручування баранчиків займає

багато часу. Затвори зі скобою зручні в експлуатації, вимагають мало часу на стягування половин ящика і відкидання скоби після набивання ящика, але порівняно складні у виготовленні. Окремі поверхні і частини стрижневого ящика схильні до посиленого зносу. До них належать: площини набивання, вкладиші за контуром врізки в ящик, гнізда вкладишів і окремі частини ящика, що виступають.

Технологічний процес виготовлення форм і стрижнів

Піщано-глинисті суміші набули найбільшого поширення в ливарному виробництві під час виготовлення ливарних форм і стрижнів. На частку піщано-глинистих сумішей припадає понад 60% обсягу всіх формувальних сумішей.

Єдині суміші мають однакові технологічні властивості в усьому об'ємі форми. Вони застосовуються в машинному і, особливо, автоматизованому формуванні під час виробництва дрібних і середніх виливків.

Для виробництва середніх сталевих виливків вибирається піщано-смоляна суміш. Порівняно з піщано-глинистими сумішами вона дає змогу отримувати виливки з більшою точністю і якістю поверхні.

Склад суміші та її фізико-механічні властивості подано в табл.5.

Таблиця 2.4. Склад і фізико-механічні властивості суміші

Суміш; спосіб формування	Відливки	Склад формувальної суміші, мас. %					Фізико-механічні та технологічні властивості суміші					
		Оборотна суміш	Кварцовий пісок	Бентоніт	ене вугілля або його заміники	Добавки	сть при стисненні, Н/мм ²	Вологовміст, %	Газопроникність, од.	Загальний вміст дрібноти, %	Вміст активного бентоніту, %	Втрати під час
Єдина; для машинного формування струшуванням підпресуванням	Дрібні та середні	93 ... 94	5,0 ... 6,0	0,5 ... 1,0	Пек 0,5 ... 1,0	-	0,05 ... 0,07	3,5 ... 4,5	100	8 ... 10	4,0 ... 5,5	3,5 ... 4

Для змішування формувальної суміші вибирають змішувач із вертикально-обертними котками періодичної дії моделі 1A11M для дрібних і середніх виливків, з об'ємом замісу 0,25 м

(3), тривалістю циклу 2 - 10 хв, із продуктивністю 6,3 м³/год.

У серійному виробництві, як спосіб виготовлення форм застосовується машинне формування.

Формування на машинах здійснюють за підмодельними плитами, воно має низку переваг перед ручним формуванням: підвищення продуктивності, можливість використання малокваліфікованої робочої сили, отримання більш точних виливків, зменшення браку.

Для формування обирають струшувальну формувальну машину з амортизацією ударів без повороту напівформи моделі 22112, для опок з розмірами у світлі 600× 500 мм. Продуктивність машини 90 форм/год, вантажопідйомність 400 кг, зусилля пресування 180 кН, габаритні розміри 1380×820×1875 мм.

Процес виготовлення форм охоплює такі операції: підготовка модельного комплексу, очищення модельного комплексу, нанесення на моделі

розділювального покриття; встановлення та закріплення опоки на модельній плиті; засипка формувальної суміші; ущільнення суміші на формувальній машині.

Заливка форм: визначення температури заливки; вибір ковша

Для отримання всіх контурів виливки в повній відповідності з конфігурацією моделі сталь, що заливається в ливарні форми, повинна мати достатню рідинну текучість. За недостатньої рідкотекучості сталі можливі утворення недоливів, спаїв, а також отримання нерівної поверхні стінок виливків. Під час виготовлення виливків з вуглецевої сталі різних марок найчастіше достатньо мати перегрів сталі на 30 - 60° С, щоб забезпечити хорошу заповнюваність ливарних форм. Для сталі 25Л температура заливки складе $1600 \pm 5^\circ\text{C}$.

У сталелефасонному виробництві застосовують два види ковшів: чайникові та стопорні. Для заливки приймаємо стопорний ківш ємністю 2т, з числом стопорів - 1, який забезпечить 6 заливок.

Розрахунок тривалості затвердіння і витримки у формі

Розрахунок тривалості затвердіння і витримки виливки у формі проводимо за формулою Баландіна:

SS

$$\tau_{\text{виб}} = 0,75 \left(\frac{R}{b_2} \right)^2 \left[\frac{C_1' \rho_1' (T_{\text{зал}} - T_{\text{л}})}{(T_{\text{л}} - T_{\text{ф}})} + \frac{S_{\text{эф}} \rho_1}{T_{\text{с}} - T_{\text{ф}}} + \frac{C_1 \rho_1 (T_{\text{с}} - T_{\text{виб}})}{T_{\text{виб}} - T_{\text{ф}}} \right]^2, \quad (17)$$

$T_{\text{виб}} - T_{\text{ф}}$

де R - приведений розмір виливки, м;

b_2 - коефіцієнт теплоаккумуляції форми, $25600 \text{ Вт с}^{(1/2)} (\text{м}^{(2)} \text{ К})$;

$C_{(1)}$, C_1 , $\rho_{(1)}$, ρ_1 - відповідно теплоємності, 701 і 470 Дж/(кг К), і густини, 6900 і 7200

кг/м³, рідкого і твердого сплавів;

$T_{\text{зал}}$, $T_{\text{л}}$, $T_{\text{с}}$, $T_{\text{виб}}$, $T_{\text{ф}}$ - відповідно температури заливки, ліквідусу, солідуса, солідусу, вибивання, форми, К;

$S_{\text{эф}}$ - ефективна теплота кристалізації сплаву, 87000 Дж/кг.

Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$\tau_{\text{виб}} = 0,75 \cdot (0,25/14)^2 \cdot [(0,701 \cdot 6900 \cdot 200)/1175 + (0,87 \cdot 6900)/1177 + (0,47 \cdot 7200 \cdot 697)/480] = 0,000243 \cdot [823,3 + 5,1 + 4913,85]^2 = 8012,5 \text{ с} = 133,5 \text{ хв};$$

$$\tau_{\text{виб}} = 8012,5 \text{ с} = 2,23 \text{ год}$$

Розраховане значення часу повністю відповідає довідковим даним [1].

За довідковими даними [1] час охолодження виливки до вибивання масою 100-200 кг становить 2-4 години.

Фінішні операції

Після заливки й охолодження металу виливок вибивають із форми. При цьому відпрацьована суміш транспортується на переробку в сумішеприготувальне, а виливки - в обрубне відділення. Для вибивання виливків із форми застосовуються спеціальні вібраційні решітки або коромисла. Для цього форму ставлять на раму вібраційної решітки і вмикають двигун. Внаслідок вібрації решітки формувальна суміш руйнується і висипається через осередки на стрічковий транспортер, що йде в сумішеприготувальне відділення. Виливки при цьому можуть залишатися на решітці або провалюватися вниз, де потрапляють на спеціальний конвеєр і транспортуються в обрубне відділення.

Під час вибивання виливків з опок іноді частково вибиваються стрижні. Але здебільшого стрижні вибивають в обрубному відділенні одночасно з очищенням литва в простих барабанах (у разі дрібного литва) або в гідрокамерах (у разі середньому і великому литті).

Вибиті з форми виливки мають на своїй поверхні шар пригорілої формувальної суміші, від якої виливку очищають у спеціальних агрегатах. Під час очищення лиття з виливків видаляють також внутрішні стрижні разом з їхньою арматурою, холодильниками та іншими технологічними елементами форми. Найширше застосовують такі способи очищення лиття: у простих барабанах, дробометне очищення, гідропіскоструминне і ручне. Приймаємо гідропіскоструминне очищення.

Основний недолік простих барабанів - великий шум, що виникає під час їхньої роботи. Для зменшення шуму ділянки барабанного очищення необхідно виділяти в окремі приміщення, в яких має працювати якомога менше обслуговуючого персоналу. Для цього слід механізувати й автоматизувати завантажувальні та розвантажувальні операції.

Відокремлення ливниково-живильної системи відбувається в обрубному відділенні шляхом її відрізання, після чого виливок піддається зачистці. Мета зачистки - видалення залишків ливникової системи після її відрізки, зняття задирок і заливів і загладжування лінії роз'єму.

Контроль якості виливків

Дефекти у виливках (газові раковини, усадочні раковини, ужиміни, гарячі тріщини, пригар, пористість) утворюються внаслідок порушення технологічного процесу, незадовільної якості вихідних матеріалів тощо.

Основними способами оцінки якості виливків є: розмітка, зовнішній огляд, травлення, гідрравлічне випробування. Застосовуються також ультразвукова, магнітна, рентгено- і гамма- дефектоскопія. Для визначення механічних властивостей матеріалу виливків можуть відливатися пробні зразки.

Ці неруйнівні методи контролю останнім часом набули широкого застосування як у масовому, так і в серійному виробництві.

Магнітна дефектоскопія. У машинобудуванні широко застосовуються магнітні методи контролю для виявлення найдрібніших тріщин, шлакових включень та інших дефектів, розташованих на незначній глибині або тих, що частково виходять на поверхню.

Магнітна дефектоскопія дає змогу проводити суцільну перевірку якості відповідальних виливків замість вибіркової перевірки, пов'язаної з розрізанням або псуванням деталей. Цей спосіб заснований на тому, що в намагніченому виробі магнітний потік здатний частково розсіюватися під час зустрічі перешкод на кшталт тріщин, неметалевих включень тощо.

Для виявлення дефектів, розташованих поблизу поверхні виливки, її зачищають, а деталь, що перевіряється, намагнічують. У місці знаходження дефекту магнітний потік розсіюється і виходить на поверхню. Намагнічену поверхню деталі поливають суспензією у вигляді рідини, в якій у підвішеному стані знаходиться магнітний порошок. Як рідину найчастіше застосовують мінеральне масло, гас або мильний розчин. Порошок, що осідає на поверхні виливки, втягується в область неоднорідності магнітного потоку, що вийшов на поверхню (на місці дефекту виливки), і розташовується у вигляді характерних смуг або замкнутих ліній. Поверхню виливки попередньо очищають дробом або металевим піском, щоб по ній могла вільно стікати емульсія. Для виявлення дефектів на деталях із темною поверхнею можуть застосовуватися пофарбовані порошки. Після випробування виливок необхідно розмагнітити. Для намагнічування і розмагнічування деталей і для проведення магнітного контролю наша промисловість випускає різні типи стаціонарних і переносних магнітних дефектоскопів.

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз використання приборів для контролю властивостей формувальних матеріалів. Поняття про формувальні матеріали і їх основні види

Початкові формувальні матеріали можна підрозділити на дві групи: основні (пісок і глина) і допоміжні (що пов'язують для стрижнів, вугілля, тирса, торф, графіт і ін.).

До допоміжних формувальних складів відносять формувальні фарби, припили, стрижньовий клей, мастики для виправлення стрижнів і інші склади, необхідні для виготовлення і обробки форм.

Щоб забезпечити отримання придатного виливкі, формувальні матеріали повинні володіти властивостями, що відповідають певним вимогам: 1) технології виготовлення форм і стрижнів; 2) умовам взаємодії форми з рідким металом при заливці форми, твердінні і охолодженні виливкі; 3) технології приготування формувальної або стрижньової суміші; 4) умовам вибивки форм і видалення стрижнів.

Для того, щоб одержати виливкі, вільне від дефектів, формувальні і стрижньові суміші, з яких виготовляють форму і стрижні, повинні задовольняти комплексу певних властивостей. Всі властивості сумішей можна розділити на групи: гідравлічні, механічні, технологічні і теплофізичні (рис. 3.1).

3.2 Властивості формувальних і стрижньових сумішей

Гідравлічні властивості сумішей в основному визначають умови газоутворення і видалення газоподібних продуктів з порожнини форми при заливці сплавом. *Механічні властивості* визначають прочностні характеристики форми, ливарні, в період її виготовлення, а також при заливці її сплавом і твердінні виливкі. *Технологічні властивості* характеризують умови отримання якісних форм і стрижнів, а також умови виготовлення виливків з найменшою трудомісткістю і високою якістю поверхні (без тріщин і засорів); *метафізичні властивості* - умови протікання теплових процесів при твердінні виливкі у формі. Розглянемо докладніше перераховані вище властивості.



* Властивості сумішей, визначувані при дослідницьких роботах

Рис.3.1. - Класифікація властивостей формувальних і стрижньових сумішей

3.2.1 Гідравлічні властивості

Вологість характеризує процентний вміст води в сумішах. Величина вологості визначає значення багатьох інших властивостей суміші і робить прямий вплив на якість одержуваних виливків, наприклад, при підвищеній вологості сумішей у виливках можуть виникати газові раковини. У формувальних і стрижньових сумішах розрізняють наступні види води: хімічно зв'язану, поверхнево-зв'язану і вільну.

Хімічно зв'язана вода входить до складу мінеральних компонентів суміші (піску і глини). При її видаленні в процесі високотемпературної дії на суміш первинні властивості мінеральних компонентів втрачаються унаслідок руйнування їх кристалічної ґратки. Наприклад, при нагріві піщано - глинистий суміші до температури 300-700°C відбувається необоротна дегідратація глини, що супроводжується втратою нею пов'язаних властивостей.

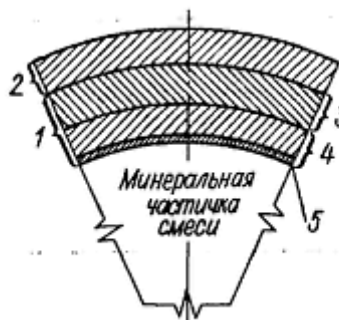


Рис. 3.2 - Види вологи, що утримується на поверхні компонентів суміші:
 1- поверхнево-зв'язана; 2 - вільна; 3 - капілярно-зв'язана;
 4 - адсорбована; 5 – жорстка

Поверхнево-зв'язана волога (рис.3.2) підрозділяється на капілярно-зв'язану і адсорбовану. Адсорбована волога утримується на поверхні суміші електростатичними силами. Товщина шару вологи може доходити до 0,5-10-6 м (0,5 мкм). Чим ближче адсорбована волога розташована до поверхні частинки суміші, тим більше вона відрізняється за фізичними властивостями від звичайної вологи. Наприклад, волога, що знаходиться безпосередньо на поверхні частинки, товщиною в 3-4 молекули води, що складає приблизно (8 - 12) 10-10 м (8-12 А), має точку кипіння вище за 100°C, температуру твердіння - нижче 0, а щільність - більше 1. Таку вологу звичайно називають "жорсткою" або "нерідкою". Віддаленіші поверхневі шари адсорбованої вологи по своїх фізичних властивостях наближаються до звичайної краплинної води.

Капілярно-зв'язана волога утримується на поверхні частинок суміші капілярними силами. Вільна волога може бути видалена з суміші під впливом сили тяжіння. Ця волога характерна для сильно зволоженої суміші або регенованого мокрим способом формувального піску.

Відповідно до ГОСТ 29234.5-91 величину вологості суміші В (%) визначають по зміні маси в процесі сушки навішування суміші при 105-110°C до постійної маси і підраховують по формулі:

$$B = \frac{M - M_1}{M} 100,$$

де М і М₁ - маса суміші до і після сушки, г.

Визначають вміст тільки поверхнево-зв'язаної і вільної вологи в суміші, адсорбована волога віддається лише частково, оскільки "жорстка" вода при цьому не випаровується.

Пористість характеризується відношенням об'єму порожнеч (пір) до загального об'єму суміші і виражається у відсотках. Величина пористості суміші в основному визначає ступінь розвитку процесів проникнення рідкого металу або його оксидів в глиб форми, тобто вірогідність виникнення пригару на поверхні суміші визначається головним чином ступенем ущільнення суміші і вмістом в ній глини або інших дрібнозернистих добавок. Пористість ущільнених формувальних сумішей знаходиться в межах 25-50%.

Газопроникність є однією з найважливіших властивостей суміші і характеризує здатність її пропускати газу. При недостатній газопроникності суміші важко умови видалення газоподібних продуктів з порожнини форми в процесі її заливки. Газопроникність сумішей залежить від розміру зерен формувального піску, вмісту в них дрібнозернистих добавок, ступеня ущільнення і вологості.

По ГОСТ 29234.11-91 визначення газопроникності суміші проводять шляхом пропускання повітря через стандартний зразок, виготовлений з випробовуваної суміші. Коефіцієнт газопроникності розраховують по формулі:

$$K = \frac{Vh}{Fp\tau},$$

де V - об'єм повітря, що пройшло через зразок, см^3 ;

h - висота зразка, см ; F - площа поперечного перетину зразка, см^2 ;

p - тиск повітря перед входом в зразок, г/см^3 ;

τ - тривалість проходження повітря через зразок, хв .

Схема приладу для визначення газопроникності суміші приведена на рис.

3.3. Визначення газопроникності суміші на цьому приладі проводять таким чином. Спочатку в гільзі 5 ущільнюють стандартний зразок суміші діаметром і заввишки 50 мм. Потім гільзу із зразком суміші 4 укріплюють на приладі. Відкриттям триходового крана 7 по трубці 11 через зразок пропускають 2000 см^3 повітря, що знаходиться під ковпаком 8, розташованим в баку 9. Вимір виникаючого під зразком тиску повітря проводять за допомогою манометра 1.

Тривалість проходження повітря заміряють секундоміром. При прискореному методі визначення газопроникності використовують ніпель 6, укріплений в отворі, через який поступає під зразок повітря. В цьому випадку виникаючий під зразком тиск при відповідному градуюванні шкали манометра характеризуватиме значення газопроникності суміші.

Газотворність характеризує здатність суміші виділяти гази при нагріві до високих температур (при температурі 1250°C). Форми, що виділяються при заливці, гази можуть бути причиною утворення газових раковин у виливках, причому чим вище за газотворність суміші, тим більше небезпека їх освіти.

Значення газотворності сумішей залежить від вигляду і кількості органічних (що вигоряють) добавок, від змісту вологи, а також від швидкості виділення газоподібних продуктів в процесі нагріву суміші. Чим пізніше починають виділятися з суміші гази, тим менше вірогідність виникнення газових раковин у виливках, оскільки до цього часу встигає утворитися скориночка затверділого сплаву, яка перешкоджатиме впровадженню у виливці газових бульбашок.

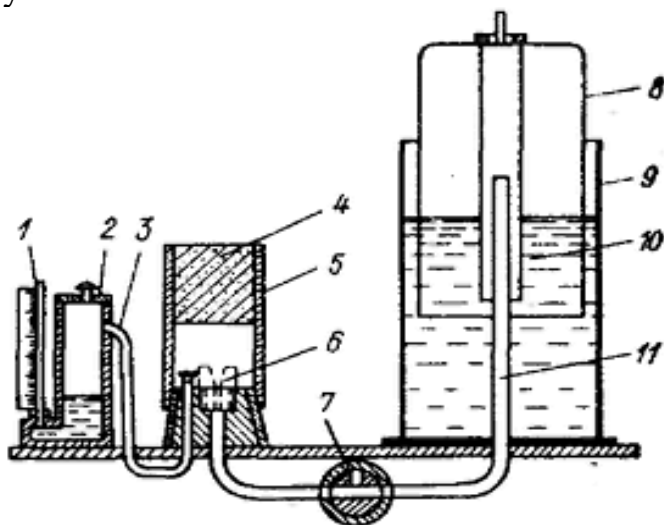


Рис. 3.3 - Схема приладу для визначення газопроникності суміші:

1- манометра; 2 - резервуар; 3- трубки; 4 - зразок суміші; 5-гільза; 6- ніпель; 7 - триходовий кран; 8 - ковпак, що калібрується; 9 - бак;

3.2.2 Механічні властивості

Твердість характеризує здатність поверхневого шару форм або стрижня протистояти проникненню твердішого тіла (металевої кульки). Поверхнева твердість форми або стрижня залежить від ступеня ущільнення суміші, кількості і якості пов'язуючих матеріалів, а також від режимів їх зміцнення. Оцінку твердості проводять за допомогою спеціальних приладів - твердомерів і виражають в умовних одиницях.

Міцність характеризує здатність суміші зберігати задану конфігурацію порожнини форми, ливарні, в період її виготовлення і транспортування, а також при заливці. Відповідно до ГОСТ 29234-91 міцність сумішей оцінюють граничною величиною навантаження, при якому руйнується ущільнений зразок суміші. Розрізняють міцність сумішей у вологому, зміцненому, нагрітому і прожареному станах.

Міцність суміші у вологому стані залежить головним чином від кількості і стану глини, що міститься в ній, а також від величини вологості, зернового складу формувального піску, ступеня ущільнення суміші і деяких інших чинників. На мал. 4 приведена схема методів оцінки міцності суміші у вологому стані. Найчастіше міцність суміші у вологому стані оцінюється при стисненні (рис.3.4,а), рідше при зрізі (рис.3.4,б), вигині (рис. 3.4,в) і розтягуванні (рис.3.4,г).

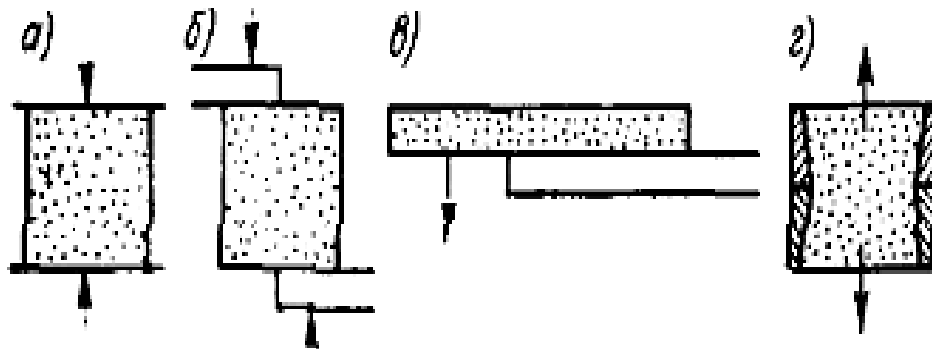


Рис. 3.4 - Схема методів оцінки міцності сумішей у вологому стані:
а - при стисненні; б - при зрізі; в - при вигині; г - при розтягуванні

Міцність суміші в зміцненому стані (мається на увазі міцність, якої набуває зразок суміші після теплової сушки або хімічного отвердіння) залежить від типу і кількості пов'язуючих матеріалів, що містяться в суміші, а також від зернового складу формувального піску, ступеня ущільнення суміші, режимів її зміцнення і цілого ряду інших чинників, вплив яких буде розглянуто нижче. На рис. 3.5 приведена схема методів оцінки міцності суміші в зміцненому стані.

Найбільш часто дана властивість суміші оцінюється при розриві зразка (рис.3.5,а) і стисненні (рис. 3.5,б), рідше при зрізі (рис. 3.5,в) і вигині (рис.3.5,г).

Міцність сумішей в прожареному стані характеризується в основному здатністю стрижня, виготовленого з даної суміші, віддалятися з порожнини виливкі при її витяганні з форми і очищенню і залежить головним чином від природи пов'язуючого матеріалу суміші і його кількості, від інтенсивності теплової дії сплаву виливкі на стрижень і інших чинників.

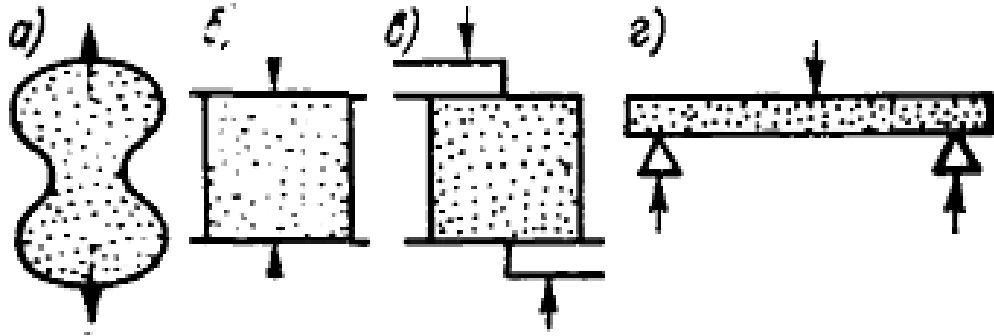


Рис. 3.5 - Схема методів оцінки міцності сумішей в зміцненому стані:
а - при розтягуванні; б - при стисненні; в - при зрізі; г - при вигині

3.2.3 Технологічні властивості

Уплотняємість - це здатність суміші зменшувати свій первинний об'єм під впливом зовнішніх сил. Уплотняємість піщано-глинистих сумішей залежить від змісту води і глини і від їх співвідношення. Оцінку уплотняємості проводять по різниці об'ємів навішування суміші до і після ущільнення, віднесеної до первинного її об'єму, і виражають у відсотках. Уплотняємість визначають по ГОСТ 23409.13-78.

Текучість - це здатність суміші під впливом зовнішніх сил заповнювати труднодоступні порожнини в модельному оснащенні, забезпечуючи рівномірне ущільнення форми або стрижня. Значення текучості тісно пов'язане з величиною міцності суміші у вологому стані, при цьому чим менша ця величина, тим вище текучість суміші у вологому стані. Для оцінки текучості піщано - глинистих сумішей використовують методику (ГОСТ 23409.17-78), засновану на вимірі твердості торцевих поверхонь ущільненого циліндрового зразка (рис. 3.6) в крапках а і б.

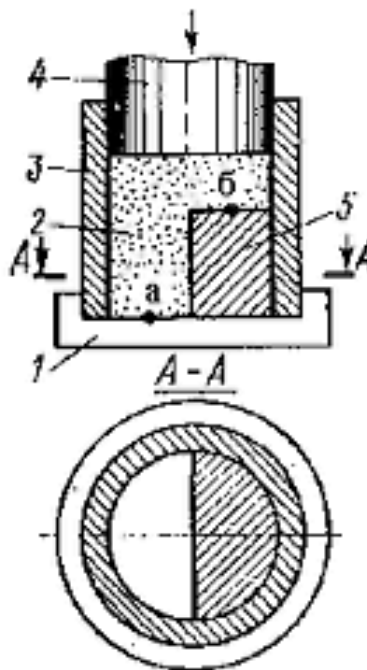


Рис. 3.6 - Схема ступінчастої проби для оцінки текучості суміші:
 1 - підстава гільзи; 2 - зразок суміші; 3-гільза;
 4-пресуючий плунжер; 5- вкладиша

Величину текучості суміші виражають у відсотках і підраховують по формулі:

$$T = \frac{H_n}{H_v} 100,$$

де H_n і H_v - твердість нижнього і верхнього торця зразка, умовні одиниці.

Прилипаємість - це здатність суміші у вологому стані прилипати до поверхні модельного оснащення або транспортних засобів (стрічкових конвеєрів). Підвищена прилипаємість сумішей збільшує шорсткість поверхні форми або стрижня, а також викликає необхідність частого чищення поверхні модельного оснащення і транспортних засобів. Оцінку прилипаємісті суміші проводять на спеціальному приладі (рис.3.7) по величині зусилля відриву, віднесеного до контактної поверхні зразка і конічного циліндра.

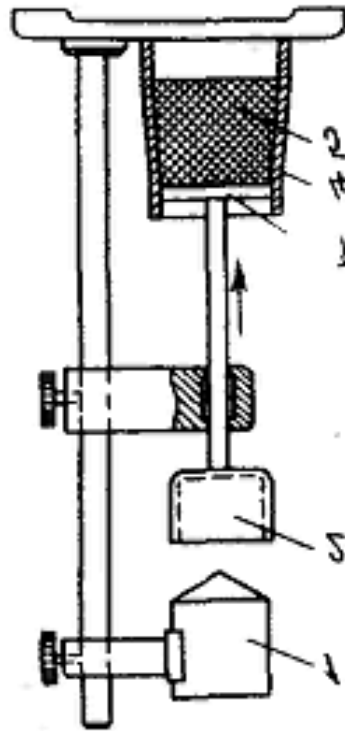


Рис. 3.7 - Схема приладу для оцінки прилипаємості сумішей:
1-воронка для дробу; 2- приймальної чаші; 3-пуансон;
4 - конусна гільза; 5 - зразок суміші

Розрахунок прилипаємості суміші проводять по формулі:

$$\Pi_p = P/S,$$

де P - зусилля відриву зразка, Н;
 S - контактна поверхня зразка, м^2 .

Гігроскопічність характеризує здатність форми або стрижня вбирати вологу з навколишнього середовища. Оцінка гігроскопічності заснована на визначенні маси води, поглиненою сухою сумішшю. (ГОСТ 23409.10-78). Стандартний зразок суміші діаметром і заввишки 50 мм сушать і зважують, поміщають в ексикатор на фільтрувальний папір, поміщений на вологий пісок, і витримують протягом 2 ч, після чого знову зважують.

Випробування проводять на трьох зразках. Гігроскопічність (X) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100,$$

де M_1 , M_2 - маса зразка до і після сушки.

Значення гігроскопічності пов'язане з природою і кількістю пов'язуючого матеріалу суміші. Наприклад, водорозчинні пов'язуючі матеріали (лігносульфонати, декстрин, патока і ін.) додають суміші високу гігроскопічність. Суміші з водонерастворимими пов'язуючими матеріалами мають низьку гігроскопічність.

Живучість - це тривалість збереження сумішшю своїх фізико-механічних властивостей. Значення її залежить від природи пов'язуючого матеріалу суміші, а також від інтенсивності зменшення в ній вологи. Наприклад, суміші з високо модульним рідким склом володіють малою живучістю. Для її підвищення до складу сумішей вводять добавку водного розчину їдкого лугу, який знижує модуль рідкого скла. За показник живучості холоднотверднучих (що зміцнюються без теплової дії) сумішей звичайно застосовують тривалість проміжку часу (у хвиликах), після якого значення її міцності знижується на 30% від максимального.

Обсипається характеризується здатністю поверхні форми або стрижня не руйнуватися при транспортуванні, збірці і заливці форми. Значення тієї, що обсипається пов'язане з кількістю і природою пов'язуючого матеріалу, а також з режимом сушки форм і стрижнів. Для зменшення тієї, що обсипається піщано-глинистих форм до складу суміші звичайно вводять добавки лігносульфонатів. Відповідно до ГОСТ 23409.9-78 оцінку тієї, що обсипається суміші проводять по величині втрати маси стандартним зразком, поміщеним в сітчастий барабан, що обертається, при цьому величину тієї, що обсипається виражають у відсотках і розраховують по формулі:

$$O = \frac{M_0 - M_1}{M_0} 100$$

де M_0 , і M_1 - маса зразка до і після випробування, р.

Податливість - це здатність форми або стрижня деформуватися під впливом усадки виливків. Ступінь податливості суміші залежить від природи вогнетривкої основи, від кількості і природи пов'язуючого матеріалу, а також від ступеня ущільнення суміші. Наприклад, сильно ущільнені суміші з великою кількістю глини малоподатливі. Для поліпшення податливості в склад вводять деревну тирсу і інші добавки.

Вогнетривкість характеризує здатність суміші не оплаватися під дією високих температур. При недостатній вогнетривкості суміші відбувається оплавлення і спекання окремих її компонентів з утворенням крупних пір, що приводять до формування підвищеного пригару на виливках. Значення вогнетривкості суміші залежить від мінералогічного, гранулометричного і хімічного складу формувального піску і глини. Відповідно до ГОСТ 4069-69 для оцінки вогнетривкості з суміші виготовляють зразки у вигляді тригранних пірамід. Величину вогнетривкості суміші визначають по температурі, при якій вершина зразка в процесі розм'якшення і оплавлення суміші торкнеться рівня його підстави.

Пригораємість - це здатність поверхневого шару форми або стрижня протистояти міцному зчепленню з металом виливкі. Ступінь пригораємість

суміші залежить від багатьох чинників, зокрема від пористості суміші, хімічної інертності її вогнетривкої основи. Зменшення пригораємості суміші досягають введенням в її склад протипригарних і високовогнетривких матеріалів (кам'яне вугілля, мазут, маршаліт і ін.), застосуванням спеціальних захисних покриттів, що наносяться на поверхню форм і стрижнів.

Вибиваємість характеризується здатністю стрижнів віддалятися з внутрішніх порожнин при вибивці і очищенні виливків. Значення вибиваємості залежить головним чином від природи і кількості пов'язуючого матеріалу в суміші, від інтенсивності температурної і силової дії металу виливків на стрижень. Суміші з неорганічними пов'язуючими матеріалами, наприклад, з рідким склом, мають утруднену вибиваємість унаслідок їх міцного спекання в період твердіння виливкі у формі. Хорошу вибиваємість мають суміші з органічними, легковигораючими і пов'язуючими матеріалами, що не коксується. Оцінку вибиваємості суміші проводять по величині роботи, що витрачається на пробивку спеціальним жвавому стрижня, залитого сплавом. Роботу вибивки визначають по формулі:

$$A = n \cdot G \cdot h,$$

де n - число ударів, необхідне для пробивки стрижня;

G - маса падаючого вантажу, кг;

H - висота падіння вантажу, м.

Довговічність характеризує здатність суміші, після відповідної підготовки, повторно використовуватися для виготовлення форм без введення добавок свіжих формувальних матеріалів. Довговічність суміші залежить від інтенсивності температурної дії рідкого сплаву, від природи вогнетривкої основи і пов'язуючого матеріалу суміші. Найбільшою довговічністю володіють піщано-глинисті суміші. Оцінку довговічності суміші проводять по числу циклів її використання, що забезпечує збереження сумішшю фізико-хімічних властивостей і отримання якісних виливків.

3.2.4 Теплофізичні властивості

До теплофізичних властивостей відносяться теплоємність, теплопровідність, температуропроводимість і теплоаккумулююча здатність. Ці характеристики визначають тепловий режим охолодження виливкі у формі. Значення їх залежать головним чином від природи вогнетривкої основи сумішей, а також і від стану форми (волога, суха). Найбільш високими теплофізичними властивостями володіють цирконові, дістен-силліманітові, хромітові формувальні піски. Теплофізичні характеристики кварцових пісків значно нижчі.

Різні теплофізичні властивості сумішей дозволяють регулювати процеси твердіння окремих частин виливків. Значення теплоємності і теплопровідності сумішей визначається в спеціальних теплофізичних лабораторіях, а температуропроводність і теплоаккумулююча здатність - розрахунковим шляхом.

Теплопровідність речовини λ визначається як кількість теплоти Q , яка підводиться за час τ через поверхню площею F розташовану перпендикулярно до теплового потоку, віднесене до температурного градієнта) $\Delta t/d$ (Δt - різниця температур; d - товщина зразка):

$$\lambda = \frac{Q}{F \tau \Delta t / d}.$$

Теплопровідність більшості формувальних сумішей з підвищенням температури збільшується, а у сумішей з магнезитом і корундом, як наповнювач, зменшується. Отримання заданої теплопровідності в піщаних формах скрутно, оскільки вона залежить не тільки від теплопровідності наповнювача, але і від вологості повітря і газів, що знаходяться в міжзернових порах.

У сухому піску імовірно теплопередача походить від зерна до зерна за рахунок прямих контактів, частково - випромінюванням. Теплопровідність при підвищенні температури на 1000°C (з 95 до 1095°C) змінюється майже на 100% - с $2,63 \cdot 10^{-6}$ до $4,75 \cdot 10^{-6}$ Вт/(м·К)..

Процес розповсюдження теплоти у вологому піску, проте, складніший, чим в сухому. Теплопередача відбувається як за рахунок теплопровідності зерен наповнювача, так і води (водяної пари), адсорбованої зернами піску і що знаходиться в порах між піщинками.

При нагріві вологої формувальної суміші залитим металом в глиб форми проникає водяна пара (в результаті зміни тиску), нагріте в порах повітря, а також продукти згорання органічних складових. У холодних шарах форми, віддалених від виливкі, відбувається конденсація вологи. В результаті перенесення теплоти водяною парою і поліпшення умов теплопередачі між контактуючими зернами піску із-за накопичення вологи в місцях їх контакту загальна теплопровідність суміші з підвищенням вологості також підвищується.

На теплопровідність піщано-глинистих форм впливають ступінь ущільнення формувальної суміші і зміст того, що пов'язує. Наприклад, теплопровідність підвищується при збільшенні ступеня ущільнення і кількості бентоніту в суміші.

Питома теплоємність формувальної суміші залежить не тільки від її вигляду, але і від температури. З підвищенням температури вона також збільшується. Значний вплив на питому теплоємність формувальної суміші надає вміст в ній вологи. Для повнішого уявлення об тепло фізичних властивостях форм визначають *температуропровідність a* (в $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$), що характеризує, наскільки інтенсивно у формі вирівнюються температурні перепади:

$$a = \lambda / (c \cdot \rho),$$

де c - питома теплоємність суміші, Дж/(кг·К);
 ρ - щільність суміші, кг/м³.

Температуропроводність в інтервалі температур 500-1000°C кварцового піску складає 0,00145 м²·с⁻¹, шамоту - 0,00178 м²·с⁻¹.

При розрахунку теплопередачі від виливкі до форми застосовується також величина, звана коефіцієнтом теплової акумуляції:

$$b = \sqrt{\lambda c \cdot \rho}.$$

Чим вища теплоаккумуляторна здатність форми, тим швидше охолоджується виливкі і менше небезпека утворення пригару на поверхні виливкі.

3.3 Шляхи підвищення якості формувальних сумішей для виробництва виливків в сирих формах

Виливкі в сирих формах виготовляють з якнайдавніших часів. Абсолютна частка кольорового, чавунного і сталевих литва як в СНД, так і за кордоном виготовляється по-сирому.

У СНД область застосування формування по-сирому обмежується масою виливкі до 350 кг, рідше до 500-1000 кг

Розвиток тих, що існують і створення нових технологічних процесів (пресування, пресування з попереднім струшуванням, пресування в поєднанні з вібрацією, пресування в поєднанні з попереднім імпульсним ущільненням повітрям або газом низького або середнього тиску, імпульсне формування) вимагають нового підходу до складів, фізико-механічних і технологічних характеристик формувальних сумішей. Якщо раніше за суміш для формування по-сирому контролювали в основному по трьох характеристиках (міцність, вологість, газопроникність), то останніми роками діапазон контрольованих параметрів значно розширився і досягає десяти. Ця обставина знайшла віддзеркалення і в стандартизації методів контролю.

Ці додаткові вимози до формувальних сумішей і технологічні параметри, що характеризують нові властивості, стосуються головним чином технології виробництва виливкі з використанням сирі форми. В цілому ця технологія виробництва литва властива масовому виробництву (сільськогосподарське, автомобільні, тракторне, електротехнічне машинобудування і ін.).

Проте останніми роками технологія виготовлення виливків в сирій формі стала розповсюджуватися і в дрібносерійному виробництві.

У складах суміші використовують перш за все високоякісні активовані бентоніти і мікродобавки холоднонабухаючого крохмалю в поєднанні з регулярним освіженням сумішей.

Товарними різновидами холоднонабухаючого крохмалю є крохмалить і екструзійний крахмалореагент (ЕКР). Ці два матеріали повністю ідентичні. Тому далі оперуватимемо лише терміном ЕКР.

Призначення добавок ЕКР таке:

- зменшення залежності міцності суміші від зміни її вологості, підвищення міцності в зоні конденсації в 1,5-2 рази в порівнянні з сумішами без ЕКР;

- поліпшення формуємості суміші, завдяки чому відбиток моделі виходить чіткішим, гладшим, підвищується розмірна точність форм і виливків;

- усунення характерної крихкості форм при протяжці, підривів бовдурів. Вказаний недолік виникає при поєднанні низької вологості формувальної суміші і її високої міцності;

- збільшення міцності суміші у вологому стані за рахунок щільнішої упаковки компонентів формувальної суміші, перш за все, піску.

Істотними чинниками поліпшення якості формувальної суміші є різноманітні понижувачі в'язкості типу поліфенольного лісохімічного ПФЛХ, вуглещелочного реагенту УЩР і ін. Проте для більшості підприємств України вони економічно недоступні.

Холоднабухаючий крохмаль у вигляді крахмаліту почали використовувати заводи масового виробництва виливків ще в 70-х років минулого століття. Проте в Україні в ті роки цей матеріал не прижився. І оскільки виробництво крахмаліту було лише на одному заводі в РСФР (Підмосков'я), в Україні цей матеріал в ливарному виробництві не застосовувався аж до кінця ХХ століття.

4-5 років тому в Україні було почате виробництво холоднабухаючого крохмалю під назвою екструзійний крахмалореагент (ЕКР).

В даний час в Україні є три виробники ЕКР: ТОВ "Альтера" (м. Черкаси), ЧП "Ваксан" (м. Умань Черкаської обл.), ТОВ "Органіка" (р. Чертков Тернопільської обл.).

З метою визначення прийнятності ЕКР як аналога російського крахмаліта як технологічна добавка до формувальних сумішей для виготовлення литва в сирих формах підприємством "Формувальні матеріали України" були виконані лабораторні випробування проб ЕКР ТУ У 15.6 31333288.001-2004. Результати випробувань приведені нижче.

Таблиця 3.1 - Склади формувальних сумішей, що піддалися випробуванням

№ п/п	Найменування початкових матеріалів формувальних сумішей	Вміст матеріалів у формувальних сумішах, мас.ч.			
		1	2	3	4
1	Початкова формувальна суміш	100	-	-	-
2	Відпрацьована формувальна суміш	-	90	100	90
3	Кварцовий пісок (вольногорській)	-	10	-	10
4	Порошковий активований бентоніт	-	2	2	2
5	ЭКР-1	-	0,2	-	-
6	ЭКР-2	-	-	0,2	0,2
7	Вода - до вологості	3,5	3,5	3,5	3,5

Таблиця 3.2 - Фізико-механічні властивості формувальних сумішей відразу після їх приготування

№ п/п	Найменування фізико-механічних властивостей формувальних сумішей	Значення фізико-механічних показників для формувальних сумішей по табл. 1			
		1	2	3	4
1	Вологість	3,5	3,7	3,6	3,6
2	Міцність при стисненні в сирому стані, кгс/см ²	0,68	1,1	0,9	1,1
3	Текучість по Орлову, %	47	86	79	80
4	Газопроникність, од	102	119	102	102

Найважливішою технологічною характеристикою формувальної суміші, через яку виявляється позитивний ефект ЕКР, є твердість ущільненої форми, вимірювана спеціальним приладом твердоміром.

Текучість по Орлову (рис. 3.8), є виражене у відсотках відношення твердості в крапці T_1 ущільненої суміші в нижній частині циліндрового зразка (у місці контакту суміші з піддоном) на відстані 50 мм від ущільнюючої п'яти лабораторного копра.

У зв'язку з великим видаленням точки T_1 від ущільнюючої п'яти лабораторного копра, чим крапки T_2 , ущільнення в точці T_1 буде більш утрудненим чим в крапці T_2 унаслідок внутрішнього тертя в суміші, виникаючого при додатку ущільнюючого зусилля. При зниженні внутрішнього тертя різниця в твердості форми в крапках T_1 і T_2 знижуватиметься. У ідеальному випадку твердість в крапці T_1 повинна порівнятися з твердістю в точці T_2 .

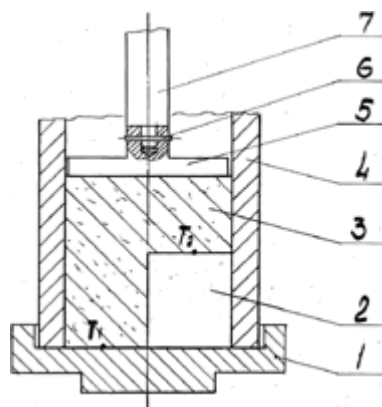


Рис. 3.8 - Схема визначення твердості ущільненої формувальної суміші:

1-піддон, 2 – вкладиш, 3 - зразок формувальної суміші, 4 - гільза,
5 - п'ята копра, 6 - штифт, 7 - шток копра

Один з позитивних ефектів ЕКР полягає саме в зниженні внутрішнього тертя завдяки іммобілізації (поглинанню) вологи екструзійним крахмалореагентом. В результаті між піщинками утворюється желеподібна високотекуча маса, що складається з води, набряклого при поглинанні води ЕКР і гідратованого бентоніту. Ця маса полегшує переміщення піщинок один щодо одного. Макрорезультатом цього явища є підвищення твердості і міцності формувальної суміші за рахунок її кращого ущільнення.

Як видно з табл.3.2, додавання ЕКР до формувальної суміші підвищує її текучість порівняно з рядовою формувальною сумішшю від 32% до 39% одиниць і міцність в сирому стані на 0,22-0,42 кгс/см² при зниженні загальної вологості в середньому на 2%.

При експертній оцінці якості формувальної суміші з ЕКР, окрім поліпшення текучості, виявлено наступне:

- підвищується міцність суміші в сирому стані;
- усувається комкуємість суміші, ЕКР робить її пухнастою, розпушеною, розсипчастою, добре формованою і ущільнюваною. У сукупності ці властивості суміші об'єднуються поняттям формуємість. Вона визначається відповідним стандартом;
- зменшується шорсткість виливків;
- підвищується розмірна точність виливків;
- зменшується залежність властивостей суміші від вологості завдяки іммобілізованому стану вологи, випаровування якої під дією тепла істотно сповільнюється. У зв'язку з цим сповільнюється утворення зони конденсації в поверхневому шарі форми, сприяючої утворенню ужимин, засорів, пісочних і газових раковин.

Таким чином, в результаті лабораторних випробувань виявлено позитивний вплив ЕКР на якість формувальної суміші.

З численних досліджень склалося певна залежність між набухаємостю, з одного боку, і текучістю і вологою міцністю, з іншого боку. Проте якась хоч би і наближена залежність між крупною помелу і набухаємостю не простежується. Це видно з нижче приведених даних.

Проба №1: прохід через сито 02-3,2 %, набухаємість - 6,7;
Проба №2: прохід через сито 02-4 %, набухаємість - 7,4;
Проба №3: прохід через сито 02-5,2 %, набухаємість - 8,6;
Проба №4: прохід через сито 02-32 %, набухаємість - 7,4;
Проба №5: прохід через сито 02-40 %, набухаємість - 10;
Проба №6: прохід через сито 02-46 %, набухаємість - 10.

Відсутність істотного впливу крупної помелу ЕКР на технологічні властивості формувальної суміші, його що містить, підтверджується також російським досвідом застосування цього матеріалу. Так, в технічних умовах на крохмалить ТУ 18 РРФСР 462-77, аналогом якого є український ЕКР, крупна помелу визначається залишком на ситі 05 (0,5 мм) в кількості до 15 %.

Окрім вищезгаданих проб, детально вивчений також ряд проб ЕКР виробництва фірми ТОВ "Альтера". Нижче приведені результати цих лабораторних досліджень.

Проби були піддані випробуванням на зерновий склад, набухаємость і технологічні характеристики піщано-глинистої суміші, що містить ЕКР.

Зерновий склад. Для визначення зернового складу використовувалися латунні сита марок 1 (розмір осередку 1x1 мм), 063 (розмір осередку 0,63 x 0,63 мм), 02 (розмір осередок 0,2 x 0,2 мм) і таз, на якому збирається та частина навішування, яке проходить через всі сита. Результати випробувань проб по їх крупній приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Розподіл проб ЕКР по ситах

Номер проби	Залишки на ситах, %				
	Сито 1	Сито 063	Сито 02	Таз (прохід через сито 02)	Разом
1	0	3,8	90,2	6,0	100
2	0	25	68	7	100
3	0	0,5	94,5	5	100
4	0	0,1	90,4	9,5	100

Згідно ТУ У 15.6 31333288.001-2004 на вироблюваний фірмою ТОВ "Альтера" ЕКР його зерновий склад повинен характеризуватися проходом через сито № 2 з дріт'яною сіткою по ГОСТ 6613-86 в кількості не менше 90%.

Як буде видно з приведених нижче випробувань ЕКР на набухаємость, в ТУ У 15.6 31333288.001-2004, на нашу думку, дуже сильно завищені вимоги до крупної помелу, це підтверджується вже згадуваними технічними умовами РРФСР на крохмалить, по яких в колишньому СРСР вперше було почате виробництво холоднонабухаючого крохмалю під товарною назвою "крохмаліт".

Набухаємость. Результати випробувань проб на набухаємость представлені в табл. 3.4.

Аналіз результатів табл.3.4 дозволяє констатувати наступне:

По пробі 1. Залишок на ситі 063 мінімальний. Основна маса зерен ЕКР затрималася на ситі 02 (90,2%), а прохід через це сито склав лише 6% проти 99, як потрібний за технічними умовами фірми ТОВ "Альтера". При відсіві дрібних фракцій набухаємость знижується (7,6 на ситі 02 і 6,6 на ситі 063).

По пробі 2. Спостерігається та ж тенденція.

Таблиця 3.4 - Набухаємость проб ЕКР

Номера проб	Об'єм, т/рік		
	Проби в чистому вигляді	Залишків проб на ситах	
		02	063
1	8,2	7,6	6,6
2	9,2	8,6	8,4
3	9,4	9,4	Випробування не проводилися за трохи залишку (0,5г на 100 г навішування)
4	10,4	8,6	Випробування не проводилися за трохи

			залишку (0,1 г на 100 г навішування)
--	--	--	--------------------------------------

По пробі 3. Результати не піддаються переконливому тлумаченню. Причина, швидше за все, полягає в тому, що між ситом 063 і 02 є ще сита 04 і 0315, залишки на яких в різних пробах можуть істотно коливатися, то збільшуючись, то зменшуючись.

По пробі 4. Найвище значення набухальності проби в чистому вигляді обумовлене найбільшим змістом дрібної фракції (прохід через сито 2 - 9,5% в порівнянні з 6,6 для проби № 1).

Відмінність в зерновому складі ЕКР різних проб має значення лише для початку застосування ЕКР, коли він у складі формувальної суміші ще відсутній. Згодом, з насиченням суміші крохмалистою речовиною, ця відмінність втрачає своє значення і вплив, оскільки крупніші частинки крохмалистої речовини набухають за рахунок вологи формувальної суміші і розтираються до дрібнішого стану завдяки перевалюванням на вибивних ґратах, стрічкових транспортерах і в сумішоприготувальних агрегатах.

Для практичного застосування ЕКР можна орієнтуватися на будь-яку з проб №№ 2, 3 і 4.

Технологічна характеристика формувальних сумішей, що містять ЕКР. Випробування проводилися на піщано-глинистих сумішах, склади яких приведені в табл. 5.

Результати випробувань приведені в табл. 6. Аналіз даних табл. 6 дозволяє констатувати наступне:

- газопроникність дещо збільшується у порядку зростання номерів проб, хоча суміш ущільнюється інтенсивніше, і в першому наближенні ця характеристика повинна була б знижуватися. Мабуть, тут позитивно позначається ефект іммобілізації (поглинання) вологи крохмалистою речовиною, її зосередження в крохмалистій речовині і мінімальної присутності на піщинках;

Таблиця 3.5 - Склади піщано-глинистих сумішей, на яких випробовувалися проби ЕКР

Найменування компонентів	Зміст компонентів, мас.ч.				
	проба-свідок (без ЕКР)	№1 (проба ЕКР1)	№2 (проба ЕКР 2)	№3 (проба ЕКР3)	№4 (проба ЕКР 4)
Відпрацьована суміш Моспінського ремзаводу	50	50	50	50	50
Часовоярській худий пісок	20	20	20	20	20
Гусаровський кварцевий пісок	27	27	27	27	27
Активованій	3	3	3	3	3

порошковий бентоніт					
Пов'язуєче ЛСТЖ	2	2	2	2	2
ЭКР	-	0,4 проби 1	0,4 проби 2	0,4 проби 3	0,4 проби 4
Вода	До вологості суміші 3,2-3,6%				

- міцність на стиснення у вологому стані в межах номерів проб практично не змінилася, оскільки тривалість витримки приготованої суміші склала лише 1 годину, що відповідає її реальним витримкам у виробничих умовах. Позитивний вплив ЕКР на міцність може посилитися лише через декілька годин;

- піщано-глиниста суміш найчутливіше реагує на крохмалисту речовину неухильним зростанням своїх найважливіших характеристик - текучість, формуємості і уплотнюємості, і міцності. Всі ці характеристики фізично взаємозв'язані через агрегування крохмалистою речовиною води, бентоніту, продуктів термодеструкції тих, що пов'язують, вуглицево - графітистих речовин і пилоподібної фракції шамотизованої (тобто частково або повністю обпаленої) глини.

Таблиця 3.6 - Фізико-механічні характеристики піщано-глинистих сумішей залежно від вмісту ЕКР в їх складах

Найменування характеристик	Значення характеристик для різних сумішей (позначено - по табл.3)				
	Проба-свідок	№1	№2	№3	№4
Вологість, %	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Газопроникність, од.	95	99	102	105	108
Міцність на стиснення у вологому стані кгс/см ²	0,85	1	1	1	1
Текучість, %	60	68	70	72	74
Формуємість, %	55	58	62	70	74
Уплотнюємість, %	44	47	50	50	51

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити наступний висновок за наслідками випробування чотирьох проб ЕКР фірми ТОВ "Альтера":

- зерновий склад ЕКР певним чином впливає на його набухаємість: чим дрібніше за ЕКР, тим вище його набухаємість. Але цей вплив не настільки великий, щоб служити ознакою, бракування, для ЕКР при його виробництві і прийманні. При сталій технології для практичного застосування придатний ЕКР

проб №№ 2, 3 і 4. І лише в початковий період застосування ЕКР повинен бути по можливості дрібніше;

- представлені фірмою ТОВ "Альтера" чотири проби ЕКР характеризуються набухаємостю від 8,2 до 10,4%, три з яких (№№ 2,3 і 4) придатні для практичного застосування в початковий період використання ЕКР, коли він у складі формувальної суміші відсутній. Якщо формувальна суміш буде єдиною (одночасно і облицювальною і наповнювальною), то після насичення її крохмалистою речовиною можливо використання також ЕКР проби 1;

- в результаті технологічних випробувань проб ЕКР №№ 1, 2, 3 і 4 в складах піщано-глинистих формувальних сумішей підтверджене позитивний вплив ЕКР на найважливіші технологічні характеристики формувальних сумішей - текучість, формуємість, уплотнюємість і міцність.

Практика застосування ЕКР в ливарному виробництві полягає в наступному:

1. Загальний вміст крахмаліту у формувальній суміші повинен бути 0,5 % від маси суміші. Чад крахмаліту за один цикл складає близько 20 % від його загального вмісту в піщано-глинистій суміші (далі ПГС). Тому, коли зміст крахмаліту у складі суміші стабілізувалося на рівні 0,5 %, додавання крахмаліту в кожен заміс ПГС для компенсації чаду повинне в середньому складати 0,1 %.

Екструзійний крахмалореагент - тонкодисперсний порошок. Він вводиться до складу суміші разом з іншими сипкими матеріалами (пісок, глина).

2. Витрата ЕКР на 1 т литва залежить від того, як використовується суміш, що містить його. Якщо вона - облицювальна, то витрата цієї суміші на 1 т литва приблизно складає 1 т. Відповідно витрата ЕКР на 1 т литва складає 5 кг. Якщо суміш з ЕКР єдина, то її витрата в масовому виробництві може досягати 6-8 т на 1 т литва з відповідним зростанням витрати ЕКР на 1 т литва до 30-40 кг. Витрата ЕКР 0,5 % від маси суміші відноситься лише до періоду її насичення крахмалистим речовиною. При сталій технології витрата ЕКР може бути на рівні 0,10 % від маси суміші. Це якраз та кількість ЕКР, яка повинна компенсувати його чад.

Прості порівняння витрат на ЕКР і збитках від браку литва підтверджує економічну ефективність його застосування.

3. Для ефективного застосування крахмаліту в складах ПГС треба виконувати наступне:

- 3.1. Перевірити шляхом отмучування існуючу відпрацьовану суміш на вміст в ній глинистої фракції. Вміст глинистої фракції в ПГС повинен бути не більше 11%, газопроникність - не нижче 100 од., вологість - 3,2-3,6% дуже рідкісне - 4%.

- 3.2. Якщо вміст глинистої фракції в ПГС більше 11%, треба виконати наступне:

- 3.2.1. Оцінити загальний об'єм тієї, що знаходиться в обороті суміші.

- 3.2.2. Вивезти у відвал 30-40% відпрацьованої суміші і замінити її часов'ярським худим піском або кварцовим піском в поєднанні з 6-7% активованого бентоніту (понад 100% піску). Цю заміну проводити шляхом збільшення до 30% витрати освіжаючого кварцового піску в кожному замісі ПГС і відповідної кількості бентоніту. Бажано регулярно вводити в ПГС 1%

лігносульфонату технічного рідкого. Цю операцію проводити до тих поре поки зміст глинистої фракції не знизиться до 11%.

3.2.3. Після виконання рекомендації по п.п. 3.2.1. і 3.2.2. приступити до введення ЕКР в ПГС.

4. У ПГС для підтримки вологої міцності вводити не глину, а порошковий активований бентоніт. Це дозволить в цілому понизити зміст пилоподібної фракції, оскільки для досягнення однієї і тієї ж вологої міцності витрата бентоніту приблизно на 30-40 % менше, ніж звичайної формувальної глини.

5. Після стабілізації складу ПГС регулярно освіжати її, додаючи 15 % кварцового піску, 2 % бентоніту і 1 % лігносульфату технічного рідкого. В результаті склад ПГС буде наступним, мас. ч.: відпрацьована суміш - 83; кварцовий пісок - 15; активований бентоніт - 2; крохмалить - 0,1 %, лігносульфат технічний рідкий - 1. При цьому фізико-механічні властивості ПГС будуть такими: міцність на стиснення у вологому стані - до 1 кгс/см²; газопроникність - не менше 100 од.; вологість - 3,2-3,6 %; текучість - не менше 75 %. Дуже важливо не допускати вищої вологості ПГС, оскільки це може привести до утворення вищезазначених дефектів. Вища вологість знижує ефективність застосування крахмаліту.

6. Форми з такої суміші можна за допомогою пульверизатора офарблювати швидковисихаючими фарбами, підсушувати їх на повітрі протягом 1 години або газовим полум'ям 2-3 хв., збирати і заливати. Застосування швидковисихаючої фарби при пониженні газопроникності неефективно, оскільки рух газів, що утворюються в підфарбовувальному шарі, буде направлено не всередину форми, а назовні, тобто в порожнину форми, з відривом забарвлених частин форми і утворенням дефектів у виливках.

Таким чином, додавання ЕКР у формувальні суміші дає наступні технічні результати:

- відбувається стабілізація вологості формувальної суміші після всього її об'єму, зменшується залежність фізико-механічних властивостей суміші від коливань вологості, збільшується так звана "мокра" міцність форми в зоні конденсації пари води на глибині 2-4 мм від поверхні металу, різко знижується вірогідність утворення ужимин, засорів, пісочних і газових раковин". У зв'язку з цим знижується брак по засорам, ужиминам, пісочним і газовим раковинам;

- підвищуються текучість, формуємість і уплотняємість формувальної суміші, збільшується її міцність на розтягування і зріз, що дуже важливо при виготовленні форм з високими "бовдурами";

- знижується шорсткість поверхонь виливків.

На закінчення констатуємо, що найважливіший засіб боротьби з ужиминами, засорами, піщаними і газовими раковинами полягає в помірній вологості, хорошій газопроникності ПГС (не менше 100 од.) і її хорошому рівномірному ущільненні. Якщо викладені в справжній статті рекомендації виконуватимуться, позитивний результат буде неодмінний.

ВИСНОВКИ

При проектуванні цеху передбачено його оснащення комплексно - механізованим і автоматичним устаткуванням, що сприяє зниженню ручної праці і підвищенню якості, а також продуктивності і зниженню собівартості виробництва виливків.

Технологічні і економічні переваги цеху наступні:

- У шихтовому відділенні для доставки різних матеріалів в цех і у відділенні фінішних операцій для видачі готової продукції з складу, передбачено декілька залізничних віток, непересічних одна з іншою.
- При виникненні аварійної ситуації, вантажопідйомні механізми цеху можуть бути взаємозамінними, при цьому перетину вантажопотоків не відбувається.
- Для зменшення виробничої площі, передача формувальних і стрижньових сумішей на лінії проводиться за допомогою підвісних закритих конвеєрів; система регенерації відпрацьованої суміші знаходиться в підвальному приміщенні.
- Всі технологічні операції виконуються у вибраному проектом двозмінному паралельному режимі.
- Для плавки чавуну встановлені економічні індукційні тигельні печі, що дозволить одержувати чавун високої якості з незначним підвищенням собівартості порівняно з вагранковим чавуном.
- Для підвищення продуктивності і спрощення технологічного процесу заливки проектом передбачені заливальні пристрої на формувальних лініях.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи описано методтки та обладнання для визначення характеристик формувальних сумішей.