

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 проєкту чавунноливарного цеху потужністю  
10000 тонн виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг.

Виконав: студент групи МТ-22-2	Денис БІЛИЙ
Керівник випускної роботи	Леван САІТГАРЕЄВ
Нормоконтролер	Леван САІТГАРЕЄВ
Т.в.о. завідувача кафедри	Дмитро БАБОШКО

Кривий Ріг  
2026 р.

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Затверджую  
т.в.о. зав. кафедрою  
\_\_\_\_\_ Дмитро БАБОШКО  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

**до випускної атестаційної роботи бакалавра**

**БІЛОГО ДЕНИСА ВІКТОРОВИЧА**

Тема роботи: Розробка проєкту чавунноливарного цеху потужністю 10000 тонн  
виливків на рік з розвісом лиття до 50 кг.

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

затверджено наказом по КНУ від «\_\_19\_\_»\_\_02\_\_2026 р. № 113с

2. Строк подання роботи студентом «\_\_25\_\_»\_\_05\_\_2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

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

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Денис БІЛИЙ

Керівник випускної кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Леван САІТГАРЕЄВ



## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота викладена на 55сторінках і містить 18 рисунків, 9 таблиць, 18 джерел літератури, графічну частину у вигляді креслень та презентації.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка ливарної технології виробництва чавунного вилівка «Оправка прокатного стану», а також проектування плавильного та формувального відділень цеху чавунного лиття продуктивністю 10000 тонн на рік.

Розроблено основні виробничі відділення ливарного цеху. Підібрано оптимальні види обладнання для формувального та плавильного відділень ливарного цеху. Розраховано кількість обладнання для виконання виробничої програми. Визначено необхідну площу складського приміщення та відповідні вантажопідйомні засоби.

Проект орієнтований на сучасні розробки технологічного обладнання ливарного виробництва, механізацію та автоматизацію технологічних процесів.

Після аналізу технологічності вилівки запропоновано виготовлення вилівки «Оправка» в разову піщано-глинисту форму. Розроблено та розраховано елементи ливарної форми, обрано склад формувальних і стрижневих сумішей, визначено склад шихти та технологію плавлення чавуну.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.Р			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Білий Д.В.</i>					<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Бабошко Д. Ю.</i>						
						MT-22-2		

## ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА	8
1.1	Аналіз технологічності виготовлення виливка	10
1.2	Розробка технології виготовлення ливарної форми	15
1.3	Вибір формувальних матеріалів	20
1.4	Термообрубне відділення	21
2	ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ	23
2.1	Розрахунок фондів часу	23
2.2	Програми цеху	24
2.3	Вибір технологічного обладнання з представленням параметрів	28
2.4	Розрахунок кількості та розподіл обладнання на виробничих площах	34
3.	ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИЛИВІВ У «СИРИХ» ПІЩАНИХ ФОРМАХ»	41
3.1.	Історія розвитку технології Сейатсу та обладнання для її реалізації	41
3.2.	Виготовлення форм за методом Сейатсу	42
3.3.	Ущільнення форм за процесом Сейатсу	45
3.4	Переваги процесу Сейатсу	48
	ВИСНОВКИ	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.3						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Білий Д.В.								1	1
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.									
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.									
Затверд.		Бабошко Д. Ю.									
MT-22-2											

## ВСТУП

Основний спосіб виготовлення виливків – лиття в піщані форми, яким отримують близько 80 % виливків.

Ливарне виробництво дозволяє отримати заготовки складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням і з хорошими механічними властивостями. Технологічний процес виготовлення механізований і автоматизований, що знижує вартість литих заготовок. Досягнення сучасної науки в багатьох випадках дозволяють докорінно змінити технологічний процес, що, в кінцевому рахунку, допомагає поліпшити якість продукції і підвищити ефективність виробництва.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка ливарної технології виробництва чавунного виливка «Оправка прокатного стану», а також проектування плавильного і формувального відділень цеху чавунного лиття продуктивністю 10000 тонн на рік.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.В			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВМІСТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Білий Д.В.</i>					<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>				МТ-22-2		
<i>Затверд.</i>		<i>Бабошко Д. Ю.</i>						



# 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

Ливарне виробництво є основною базою машинобудівного комплексу і його розвиток залежить від розвитку машинобудування в цілому. Ливарне виробництво займає лідируюче положення серед заготівельних виробництв машинобудування, таких, як зварювання, кузня і обробка металів тиском. Лиття дає можливість отримання складних за геометрією литих заготовок зі складними піднутреннями і внутрішніми порожнинами, що дозволить ливарному виробництву і надалі зберегти своє провідне становище серед заготівельних виробництв.

Виробництво литих заготовок залежить від випуску машинобудівної продукції, оскільки частка литих деталей з чорних і кольорових сплавів у машинах (автомобілях, тракторах, комбайнах, літаках, танках тощо) становить 40...50 %, а в металообробних верстатах і ковальсько-пресовому обладнанні до 70 % за масою і до 20 % від вартості машин. В даний час, як правило, ливарні цехи знаходяться окремо або ж в структурі машинобудівних підприємств і виробляють виливки для власних потреб.

В даний час виробництво виливків за технологічними процесами розподіляється наступним чином (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Виробництво виливків за технологічними процесами, %

1. Лиття в сирі піщано-глинисті форми	50,0
2. Лиття в разові форми з ХТС	29
3. Лиття в кокиль	5,0
4. Лиття під тиском	8,0
5. Відцентрове лиття	5,0
6. Лиття в оболонкові форми	0,5
7. Лиття за виплавлюваними моделями	1,0
8. Лиття за газифікованими моделями	0,3
9. Безперервне лиття	0,8
10. Інші технології лиття	0,4

					<b>КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Білий Д.В.</i>			<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА</b>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>					<i>1</i>	<i>15</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>			<b>МТ-22-2</b>			
<i>Затверд.</i>		<i>Бабошко Д. Ю.</i>						

Ступінь механізації та автоматизації ливарного виробництва оцінюється виробництвом виливків на різному обладнанні (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Виробництво виливків за ступенем механізації

Тип обладнання	Виробництво виливків, %
на автоматичних лініях	25
на напівавтоматичних і механізованих лініях	30
на машинах	30
вручну	15

У найближчі 5 років не планується створення нових заводів для виробництва обладнання для ливарного виробництва. Реконструкція ливарних цехів здійснюється на базі нових екологічно чистих технологічних процесів і матеріалів, прогресивного обладнання, що забезпечують отримання високоякісних виливків, які відповідають світовим стандартам. У реконструйованих цехах близько 70 % встановлено імпортне обладнання.

Для отримання чавуну і сталі перспективними є технологічні процеси плавки в індукційних і дугових електропечах, які стабільно забезпечують заданий хімічний склад і температуру нагріву розплаву для проведення ефективної позапічної обробки.

Перспективним матеріалом для відповідальних виливків є високоміцний чавун з кулястою формою графіту (ВЧ). В останні роки випуск виливків з ВЧ зріс на 12 % за рахунок зниження виробництва виливків із сірого та спеціальних видів чавуну і сталі.

Для виплавки чавуну найбільш технологічно гнучкими є індукційні тигельні печі середньої частоти. На жаль, в останні роки не проводяться роботи з удосконалення технології ваграночної плавки чавуну, яка у ряді випадків незамінна в умовах масового виробництва обмеженої кількості марок чавуну. Всі працюючі вагранки виготовлені кустарним способом без підігріву дуття і якісного очищення відхідних газів від пилу і шкідливих складових. Газові вагранки не знайшли належного поширення в нашій країні внаслідок відсутності її надійної конструкції і застосовуються лише для отримання низьких марок чавуну.

Розвиток процесів виготовлення ливарних форм на базі піщаних і піщано-глинистих сумішей йде за декількома напрямками. Основними з них є методи динамічного ущільнення, вдосконалення процесів виготовлення опочних і безопочних форм з ХТС на базі сучасних сполучних матеріалів і стабілізаторів, вакуумно-плівкове формування, лиття за газифікованими моделями та ін.

Для освоєння технології виготовлення форм і стрижнів з ХТС потрібне таке обладнання: змішувачі, вібростоли, кантувачі, протяжні пристрої, обладнання для фарбування і сушіння, газогенератори, нейтралізатори, обладнання для вибивання форм і очищення виливків. Після вибивання суміші доцільно регенерувати із застосуванням механічних, термічних або змішаних методів регенерації з поверненням у виробництво до 90 % піску.

Більшість з перерахованого обладнання закуповується у зарубіжних фірм: IMF (Італія), «LAEMPE» (Німеччина), «Лораменді» (Іспанія), «Омега» (Англія).

З усього вищесказаного випливає, що підприємства з випуску ливарного обладнання та матеріалів в даний час активно розвиваються; ведеться безліч науково-технічних розробок.

### **1.1 Аналіз технологічності виготовлення виливка**

При аналізі технологічності литої деталі вивчаються властивості матеріалу виливки, товщина стінок і їх зчленувань, конфігурація отворів і порожнин у виливці, технологія обробки поверхонь.

Основні технологічні умови для розглянутого виливка наступні:

- точність виливки 10-0-0-7 ГОСТ Р53464-2009;
- незазначені ливарні радіуси 5 мм.

Аналіз креслення деталі «Оправка» показує, що її конструкція є достатньо технологічною для виготовлення литтям в разові піщано-глинисті форми.

Виливок «Оправка» виготовляється з чавуну марки 340XC2 Маса деталі – 26 кг. Мінімальна товщина стінки – 52 мм, габаритні розміри деталі Ø138x288 мм. Мінімальні ливарні радіуси 5 мм.

Вибір найбільш ефективного способу виготовлення визначається на основі комплексного аналізу технічної, організаційної та економічної доцільності.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір способу виготовлення виливків залежить від ряду факторів (серійності випуску, конструкції вилівка, виду металу, вимог до готової деталі тощо) і часто вимагає проведення спеціальних розрахунків.

Конфігурація внутрішніх порожнин, отворів, оброблених поверхонь і розташування баз механічної обробки задовольняють вимогам технології ливарного виробництва в разові піщані форми.

На рисунку 1.1 представлений ескіз деталі «Оправка», на рисунку 1.2 – 3D модель деталі «Оправка».

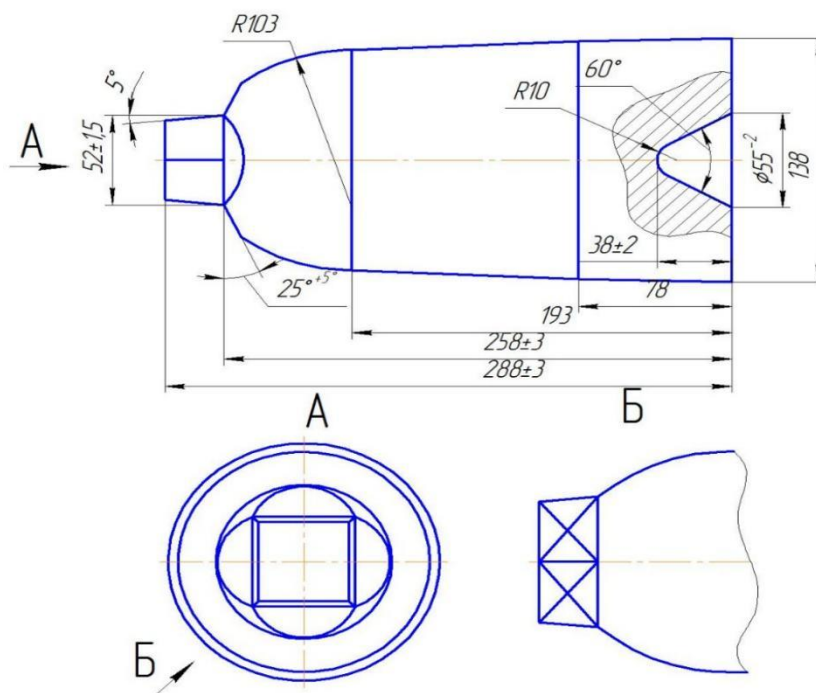


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Оправка»



Рисунок 1.2 – 3D-модель деталі «Оправка»

Положення вилівка у формі при заливці і затвердінні визначає весь технологічний процес. Можна запропонувати два варіанти розташування вилівка у формі в період заливки і затвердіння. Роз'єм форми необхідний для вилучення моделі, збірки форми і видалення отриманих виливків. Від обраного роз'єму залежить трудомісткість виготовлення модельного оснащення та ливарної форми, трудомісткість обрубних операцій і точність розмірів вилівки.

Варіанти розташування вилівка у формі в період заливки та затвердіння представлені на рисунку 1.3.

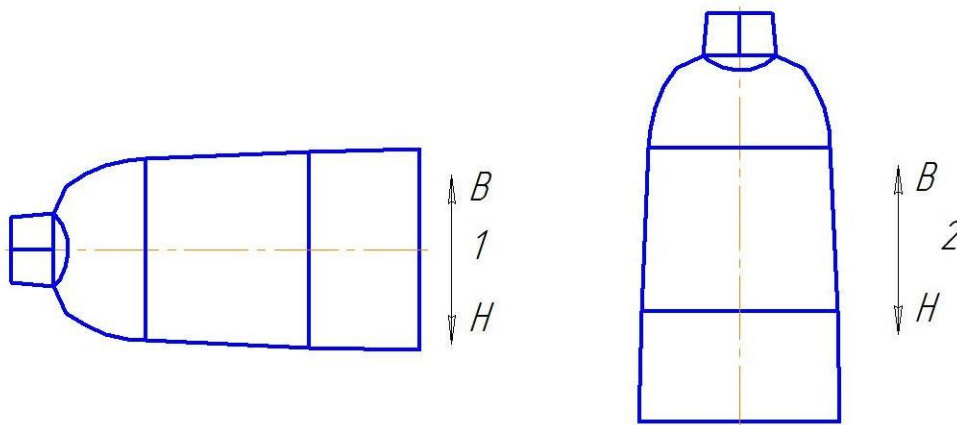


Рисунок 1.3 – Варіанти розташування вилівки у формі під час заливання та затвердіння

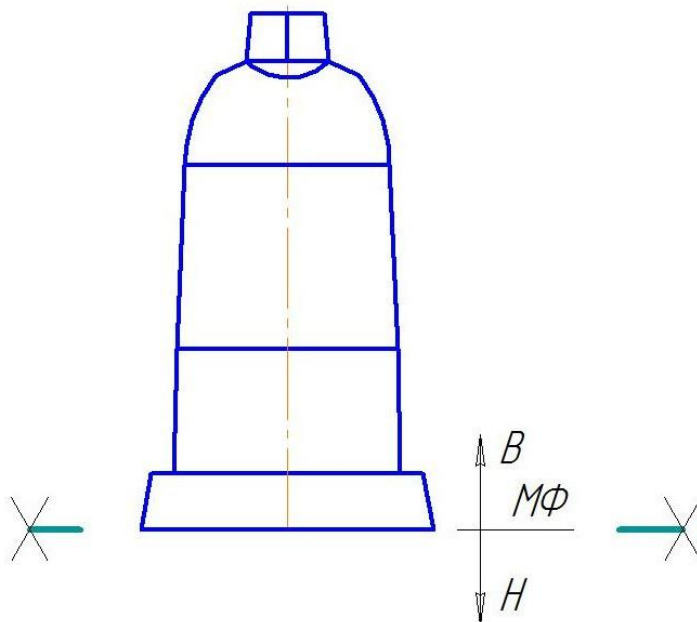
Варіант №1 – Виливок розташовується у формі горизонтально, вісь симетрії паралельна площині роз'єму, тепловий вузол збоку.

Варіант №2 – Вилив розташовується у формі вертикально, вісь симетрії перпендикулярна площині роз'єму.

Проаналізувавши можливі варіанти розташування вилівки у формі, приходимо до висновку про найбільшу доцільність варіанту №2 (рисунок 1.4). При такому розташуванні можливе розміщення вилівки повністю у верхній напівформі.

Обраний варіант розташування і роз'єм має наступні переваги: проста конструкція моделей, без знімних частин; відсутність стрижнів; відсутність браку по

зміщенню напівформ; найкоротший шлях проходження металу від ливникової системи до виливки; відведення газів з порожнини у формі, що утворюються при заливці розплавленого металу;направлене затвердіння, можливість встановлення



надливів прямої дії на теплові вузли.

Рисунок 1.4 – Лінія роз'єму форми

З метою досягнення заданих кресленням розмірів і необхідної якості поверхні на оброблюваних поверхнях призначають припуски на механічну обробку. Величини припусків визначають залежно від класу точності виливки, її номінальних і габаритних розмірів, положення при заливці, способу лиття і виду сплаву.

Припуски на механічну обробку для виливків з чорних і кольорових металів і сплавів призначаються за ГОСТ Р53464-2009. Точність виливки 10-0-0-7 ГОСТ Р53464-2009.

При виробництві даної деталі не передбачена механічна обробка, припуски не потрібні, всі поверхні отримуються литтям. Для легкого вилучення моделі з форми, на її робочій поверхні задаються формувальні ухили. Величини цих ухилів призначаються за ГОСТ 3212-92. Формувальний ухил визначається залежно від висоти формоутворюючої поверхні та матеріалу моделі. Формувальні ухили на виливок «Оправка» призначаються 2° .

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Для оформлення внутрішніх і зовнішніх поверхонь виливка застосовують піщані стрижні. Конструкція стрижня повинна забезпечувати зручне його виготовлення, транспортування і установку в форму. Стрижень повинен займати у формі точно фіксоване положення, не деформуючись під дією власної маси і від дії рідкого металу. Разом з тим має бути забезпечено легке його видалення з виливки.

Конструкції стрижнів визначаються кресленням виливка, конструкція і розміри знаків стрижнів, величини зазорів між знаками стрижнів і формою, конструктивне оформлення і розміри фіксаторів на знаках виконуються відповідно до ГОСТ 3212-92.

Для отримання даного виливка застосовується один стрижень простої конфігурації. Стрижень №1 займає горизонтальне положення, габаритні розміри стрижня  $\phi 170 \times 73$  мм. Зазор між формою і знаком стрижня дорівнює  $S_1 = 0,5$  мм для нижньої напівформи. Ухил на знаках стрижня  $5^\circ$ .

Ескіз стрижня представлений на рисунку 1.5, на рисунку 1.6 представлена 3D-модель стрижня №1.

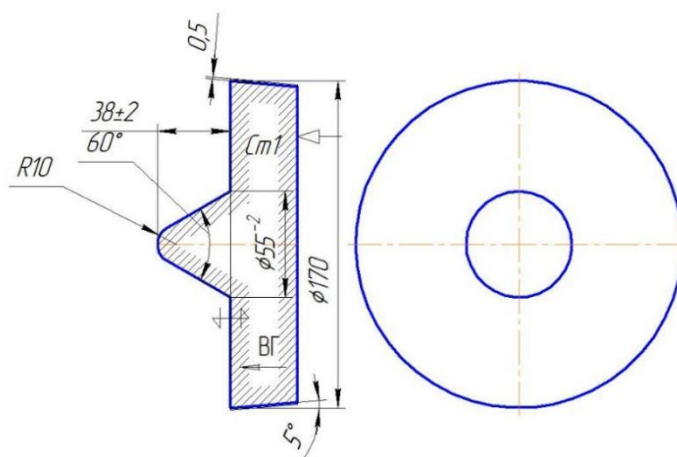


Рисунок 1.5 – Ескіз стрижня №1

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

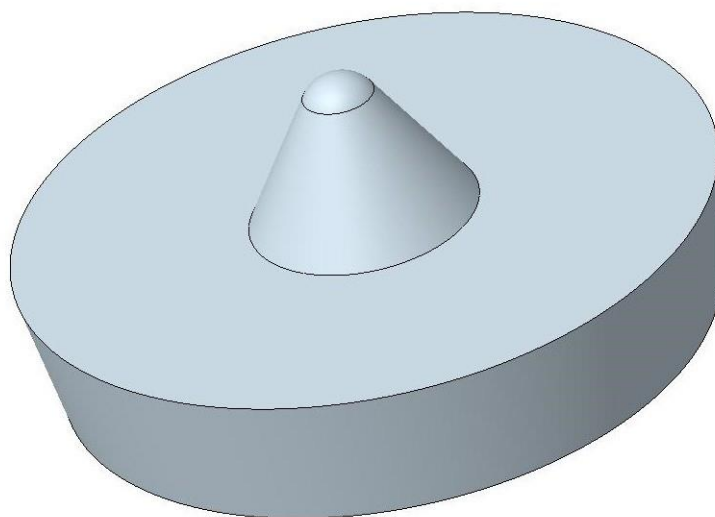


Рисунок 1.6 – 3D-модель стрижня №1

## 1.2. Розробка технології виготовлення ливарної форми

Оскільки високоміцний чавун має більшу об'ємну усадку, ніж сірий, то висока ймовірність формування відкритої концентрованої усадочної раковини. Для запобігання усадочних дефектів і компенсації об'ємної усадки в тілі вилівка застосовуємо надливи прямої дії, які зверху закривають спеціальною екзотермічною пластиною.

Дані екзотермічні пластини призначені для точкової установки на модель і найчастіше застосовуються для лиття з високоміцного чавуну, де необхідно живити тепловий вузол з великим модулем кристалізації при невеликому обсязі живлення.

Пластини виготовляються з матеріалу Permanex за технологією сирого формування та мають модуль кристалізації від 2,4 до 16,6 см. Матеріал Permanex легко ріжеться, дозволяючи споживачеві адаптувати оболонки під свої індивідуальні умови. Для поліпшення якості поверхні в зоні примикання такого надливу до вилівка оболонка може покриватися протипригарною фарбою.

Об'єм теплового вузла №1.

$$V_{\text{ту1}} = 0,003 \text{ м}^3.$$

Визначається об'єм надливу №1 за формулою

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_v}{1 - \beta \cdot \varepsilon_v} \cdot V_{\text{пу1}}, \quad (1.1)$$

де  $V_{\text{пр1}}$  – об'єм надливу, м<sup>3</sup>;

$\beta$  – відношення обсягу надливу до обсягу усадочної раковини,  $\beta=11$ ;

$\varepsilon_v$  – частина об'ємної усадки сплаву, що бере участь у формуванні усадочної раковини,  $\varepsilon_v = 0,045$ ;

$V_{\text{пу1}}$  – об'єм живильного вузла, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{пр1}} = \frac{10 \cdot 0,045}{1 - 10 \cdot 0,045} \cdot 0,003 = 0,0025 \text{ м}^3.$$

Технологічний вихід придатного (ТВГ) визначається за формулою

$$\text{ТВГ} = \frac{Q_{\text{отл}}}{Q_{\text{отл}} + Q_{\text{приб}} + Q_{\text{л.с.}}}$$

де  $Q_{\text{вил}}$  – маса виливка, кг

$Q_{\text{над}}$  – маса надливів, що припадає на один вилив, кг;

$Q_{\text{л.с.}}$  – маса ливника, що припадає на один вилив, кг

$$\text{ТВГ} = \frac{26}{26 + 20 + 5} \cdot 100 = 51\%.$$

Ливникова система складається з ливникової воронки, стояка, шлакоуловлювача, живильників і керамічних фільтрів.

Призначення керамічних фільтрів: очищення ливарних і металургійних металевих розплавів (кольорові метали і сплави, чавун, сталь та ін.) від неметалевих включень і розчиненого кисню (розкислення). Матеріал фільтрів: карбід титану модифікований. Фільтри виробляються відповідно до ТУ 1595-001-75420116-2005.

Живильники безпосередньо примикають до порожнини форми, вони виконані так, щоб ливникову систему можна було легше відокремити, не пошкодивши виливку. Для визначення розмірів каналів ливникової системи скористаємося

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методикою розрахунку при заливці форм з поворотного ковша. Оптимальну тривалість заливки форм визначимо за формулою:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}$$

де  $\tau_{\text{опт}}$  – оптимальна тривалість заливки, с;

$S$  – коефіцієнт тривалості заливки, що залежить від температури заливки, виду сплаву, місця підведення, матеріалу форми та ряду інших факторів;

$\delta$  – переважна товщина стінки виливка, мм;

$G$  – маса рідкого металу, що припадає на один виливок з ливниками і надливами, кг;

Розрахунок маси рідкого металу, що припадає на одну виливку з ливниками і надливами, знаходимо за формулою:

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{прив}} + G_{\text{лс}}$$

де  $G_{\text{отл}}$  – маса виливка, кг;  $G_{\text{над}}$  – маса надливу, кг;

$G_{\text{лс}}$  – маса ливникової системи, кг.

$$G = 26 + 20 + 5 = 51 \text{ кг.}$$

Підставляючи у формулу (1.3) значення коефіцієнта  $S=2$  (для виливків зі сталі), переважуючу товщину стінки виливка  $\delta=52$  мм,  $G=51$  кг отримаємо:

$$\tau_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt[3]{52 \cdot 51} = 19,4 \text{ с.}$$

Визначимо середню швидкість підйому рівня розплаву у формі в процесі заливки. Вона розраховується з умови, за якої відсутні недоливи та спаї у виливку:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}},$$

$V_{\text{ср}}$  – середня швидкість підйому рівня розплаву у формі, мм/с;

$C$  – висота виливки за положенням у формі, мм;

$\tau_{\text{опт}}$  – оптимальна тривалість заливки, с;

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$V_{\text{доп}}$  – допустима швидкість підйому рівня розплаву у формі, мм/с;

Підставляючи у формулу (1.5) значення висоти виливки  $C=450$  мм,  $\tau_{\text{опт}}=19,4$  с, отримаємо:

$$V_{\text{ср}} = 450/19,4 = 23,2 \text{ мм/с.}$$

Сумарну площу вузького перерізу ливникової системи, що забезпечує оптимальну тривалість заливки форми, визначимо за формулою

$$F_{\text{уз}} = \frac{G}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (1.6)$$

де  $F_{\text{уз}}$  – сумарна площа вузького перерізу ливника для одного виливка,  $\text{м}^2$  ;

$G$  – маса рідкого металу, що припадає на одну виливку ливниками і надливами, кг;

$\tau_{\text{опт}}$  – оптимальна тривалість заливки, с;

$\mu_{\text{ф}}$  – загальний гідравлічний коефіцієнт опору форми;  $\rho$  – щільність розплаву, що заливається,  $\text{кг/м}^3$  ;

$H_{\text{ср}}$  – середній металостатичний напір у формі, м.

Середній металостатичний напір у формі визначається за формулою:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (1.7)$$

де  $H$  – напір металу від рівня металу у воронці до живильників, мм;

$P$  – висота виливки над живильником, мм;

$C$  – висота виливки за положенням у формі, мм;

$$H_{\text{ср}} = 450 - 450^2 / (2 \times 450) = 225 \text{ мм} = 0,225 \text{ м.}$$

Підставляючи у формулу (1.6) значення

$G=51$  кг;  $\mu_{\text{ф}}=0,42$ ;  $\tau_{\text{опт}}=19,4$  с;  $\rho=7200$   $\text{кг/м}^3$  ;  $g=9,81$   $\text{м/с}^2$  ;  $H_{\text{ср}}=0,225$  м  
визначимо сумарну площу вузького перерізу ливникової системи для одного виливка

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$F_{yz} = \frac{51}{0,42 \cdot 7000 \cdot 19,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,225}} = 0,00093 \text{ м}^2 = 3,82 \text{ см}^2.$$

Для звужуваних ливникових систем  $F_{yz}$  є сумарною площею перерізів живильників:

$$F_{yz} = \Sigma F_{\Pi}.$$

Визначимо площі перерізів інших елементів звужувальної ливникової системи, що забезпечують  $\tau_{\text{опт}}$ :

$$\Sigma F_{\Pi} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1:1,2:1,4, \quad (1.8)$$

де  $\Sigma F_{\Pi}$  – сумарна площа перерізів живильників;

$\Sigma F_{\text{шл}}$  – сумарна площа перерізів шлакоуловлювачів;  $\Sigma F_{\text{ст}}$  – площа перерізу стояка.

Метал до одного вилівка будемо підводити через один стояк, один шлакоуловлювач і один живильник.

$$\Sigma F_{\text{шл}} = F_{\text{шл}} = 1,1 \times F_{\Pi} = 1,2 \times 3,8 \times 1 = 4,2 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} = 1,2 \times F_{\Pi} = 1,4 \times 3,8 \times 8 = 36,9 \text{ см}^2.$$

Для кращого прийому рідкого металу, що надходить з ковша, вгорі стояка передбачимо виготовлення ливарної воронки ( $D_{\text{в}} = 160$  мм).

Елементи ливникової системи представлені на рисунку 1.7.

Для виготовлення стрижнів застосовується Cold-box-amin процес. Стрижнева суміш містить 100 % піску 2К<sub>2</sub> О<sub>2</sub> 02 ГОСТ 2138-91, 0,6...0,8 % фенольної смоли, 0,6...0,8 % поліізоціанату. Після ущільнення суміші в ящику піскоструминним способом стрижень продувається сумішшю парів низькокиплячої рідини - третинного аміну (триетиламіну, диметиламіну) з повітрям, і стрижень набуває початкової міцності, яка становить 60 % від її кінцевого значення. Час продувки 2...5 с, далі 10...20 с стрижень продувають повітрям для його очищення від парів аміну. Витрата каталізатора менше 1,5 г на 1 кг стрижневої суміші. В результаті взаємодії компонентів сполучного в присутності каталізатора (аміну) утворюється твердий полімер - поліуретан, який і забезпечує високу міцність стрижня.

У ливарному цеху виготовлення стрижнів відбувається по холодних ящиках, тому доцільніше на стрижневих автоматах фірми LAEMPE.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

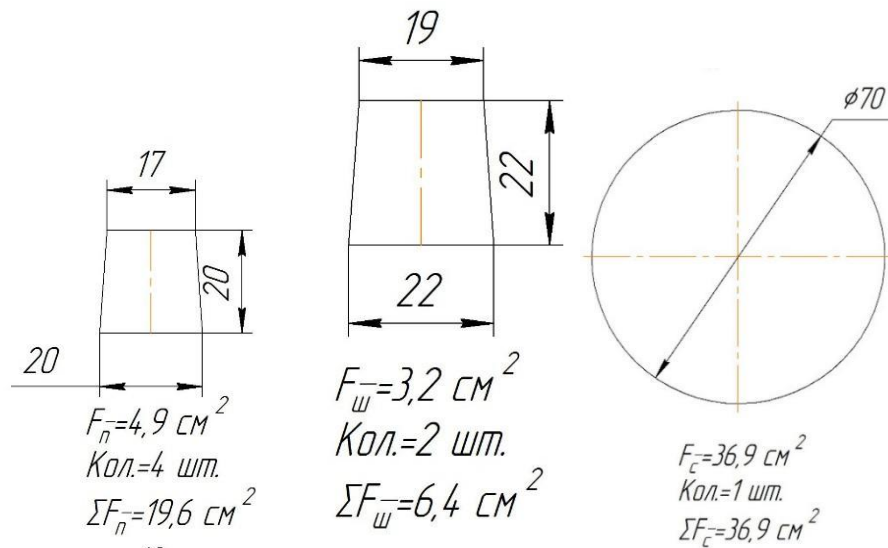


Рисунок 1.7 – Ескізи перерізів ливника

### 1.3 Вибір формувальних матеріалів

При визначенні кількості суміші необхідно врахувати їх втрати при транспортуванні та формуванні, що дорівнюють 10 - 12 %.

Практика виробництва формувальних сумішей на основі бентонітових глин показує, що є два способи введення глини в формувальну суміш: у вигляді порошку і у вигляді водної суспензії. Причому, виходячи з технологічних особливостей SEATSU-процесу, застосування бентонітових суспензій є досить складним: дана формувальна суміш характеризується високими характеристиками міцності, що пов'язано з використанням висококонцентрованих бентонітових суспензій, проте суспензії таких бентонітів вже при вмісті 10...12 мас. % твердої фази утворюють високов'язкі структури, що не дозволяє перекачувати їх по трубах. Тому в рамках даного технологічного процесу буде використовуватися введення бентоніту у вигляді порошку.

Для такого способу приготування формувальної суміші підійде роторний змішувач SAM-5/30 фірми DISA. Принцип його роботи полягає в наступному: в ємності змішувача обертається турбіна, до якої прикріплений приводиться в обертання індивідуальним електродвигуном вінець у вигляді набору зірочок з чотирма зубами.

Технічні характеристики змішувача SAM-5/30:

- продуктивність, т/год 22,5 - 27;
- об'єм одноразового завантаження, т 0,75

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- час змішування, хв 90
- потужність приводу, кВт 45

У масовому виробництві в якості сполучних формувальних матеріалів застосовуються бентонітові глини. Суміш, вибита з форм, після заливки практично повністю може повторно використовуватися, так як основна маса форми (більше 80%) не нагрівається вище 500 °С і тому бентоніт не втрачає своїх сполучних властивостей. В якості освіжаючої добавки в формувальній бентонітовій суміші використовується пісок вибитих стрижнів або просто свіжий пісок. Частина суміші йде з вибитою виливкою, частина в просип і вентиляцію. Тому освіження, що заповнює втрати суміші, цілком достатньо для підтримки стабільного вмісту загальної глинистої складової в суміші. Для зго заповнення частки бентоніту, що зазнав термодеструкції, в суміш вводиться деяка кількість бентоніту до досягнення вихідної активності. Також додається вода, що випарувалася при заливці форм. Величезною перевагою піщано-бентонітових сумішей є те, що їх можна багаторазово використовувати при виготовленні форм «по-сирому» методом. Переробка таких сумішей включає в себе елементарні операції: охолодження, магнітну сепарацію, відділення шматків стрижнів на полігональних ситах. Іноді на пересипаннях суміш знепилують. Ця операція допомагає позбутися від зайвої неактивної дрібниці, що вбирає велику кількість води. Для спільної регенерації з бентонітовими сумішами добре підходять стрижні, виготовлені за Cold-box-amin процесом, так як вони мають нейтральне середовище.

#### 1.4 Термообрубне відділення

У термообрубному відділенні виконуються наступні операції: відділення ливників і надливів, очищення виливків від залишків суміші і стрижнів, термообробка (якщо передбачена технологічним процесом), очищення виливків від окалини, заварювання дефектів, зачищення виливкі.

Виливки оправок вибити з форм, охолодити на повітрі. Допускається охолодження вибитих виливків водою до червоного кольору розжарювання.

Відокремити ливники і заливи, скласти виливки в коробки і піддати очищенню в галтувальному барабані протягом 80 - 90 хв.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробку оправок проводити поплавочно до отримання результатів аналізу хімічного складу плавки. Забраковані за хімічним складом виливки ізолювати. Оправки, що мають не виправні дефекти, бракувати.

Результати первинної приймання (кількість пред'явленого, придатного і браку з причин) записувати в рапорт встановленої форми. Обрубати живильники і зачистити поверхню оправки.

Обрубання живильника проводити за допомогою кувалди масою 1,5 - 3,0 кг ГОСТ 11401 в спеціальному кондукторі.

Зачистку виконувати вручну на абразивному шліфувальному верстаті моделі 337 кругами 1 500x63x203 14A F46 0 7 В 50м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781 до видалення місцевих наростів, складчастості, виломів, пригар і різких переходів, а також доведення діаметра робочого пояса оправки до необхідного за кресленням значення.

Допускається незначна складчастість поверхні. Профіль оправки оцінювати візуально.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.01 ТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 2. ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ

### 2.1 Розрахунок фондів часу

Режим роботи ливарних цехів визначається організацією виробництва та кількістю робочого часу працівників і обладнання.

Проектований цех відноситься до категорії ливарних цехів великосерійного виробництва, в якому виконання більшості трудомістких операцій механізовано і автоматизовано.

У ливарних цехах серійного виробництва виливків застосовується паралельний режим роботи, що полягає у виконанні всіх технологічних операцій одночасно на різних виробничих площах і ділянках ливарного цеху різними робітниками і машинами.

Проектований цех працює за двозмінною системою. Тривалість робочого тижня становить 40 годин.

Календарний фонд часу для обладнання становить

$$\Phi_K = 356 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік.}$$

Номінальний фонд часу ( $\Phi_H$ ) – це час, протягом якого за прийнятим режимом має працювати обладнання без урахування втрат часу. При двозмінному режимі роботи  $\Phi_H = 4036$  год/рік.

Дійсний фонд часу визначається шляхом виключення з номінального фонду неминучих втрат, пов'язаних з можливими ремонтами обладнання та плановим його обслуговуванням.

Дійсний фонд часу печей для плавки чавуну  $\Phi_D = 3875$  год/рік; для формувальних ліній  $\Phi_D = 3632$  год/рік .

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Білий Д.В.						
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.					1	19
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.				МТ-22-2		
Затверд.		Бабошко Д. Ю.						

## 2.2 Програма цеху

Точна програма передбачає розробку технологічних даних для кожного виливка і застосовується при проектуванні цехів багатосерійного і масового виробництва зі стабільною номенклатурою (таблиця 2.1). У проектованому цеху матеріалом для виливків служить чавун марки 340XC2.

Склад виробничих і допоміжних ділянок та обладнання, що входять до комплексу ливарного виробництва, повинен забезпечити виконання всього технологічного процесу виробництва виливків, передбачених програмою, починаючи зі складів формувальних і шихтових матеріалів і закінчуючи ґрунтуванням виливків.

Таблиця 2.1 – Точна виробнича програма

Назва виливка	Марка сплаву	Маса виливка, кг	Річний випуск, шт	Маса виливків на річну програму, т
1.Оправка D130	340XC2	26,00	25250	657
2.Оправка D140	340XC2	29	25200	731
3.Оправка D150	340XC2	33	25200	832
4.Оправка D160	340XC2	38,00	25200	950
5.Оправка D170	340XC2	40,00	25200	1000
6.Оправка D180	340XC2	45,00	25200	1134
7.Лінійка Т8П-350	340XC2	28,5	45455	1295
8.Лінійка Мр-855	340XC2	24,40	4545	1109
9.Лінійка Мп-951	340XC2	27,60	4545	1250
10.Лінійка Бп-434	340XC2	22,50	4545	1023
Разом			333070	10000

Цех чавунного лиття продуктивністю 10000 тонн лиття на рік проектується з урахуванням передових технологій, потужності, номенклатури, режиму роботи і типу виробництва.

Проектований ливарний цех складається з виробничих і допоміжних відділень, складських і службово-побутових приміщень.

Складські приміщення включають склади для зберігання шихтових матеріалів, склади модельного оснащення, пристосувань та інструментів, вогнетривів, готової продукції.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

До службово-побутових приміщень відносяться контори цеху, технологічне бюро, служби механіка та енергетика, бухгалтерія, відділ праці та зарплати, виробничо-диспетчерська та планово-економічна служби, відділ технічного контролю, гардеробні, душові, їдальні, медпункт, санвузли.

Основою для розрахунку плавильного відділення є відомість витрати металу на залиті форми (таблиця 2.2), яка складається на основі точної виробничої програми цеху.

Таблиця 2.2 – Відомість витрати металу на залиті форми

Назва виливки	Марка сплаву	Маса вилки, кг	Річний випуск, шт	Маса виливків на річну програму, т
1	2	3	4	5
1.Оправка D130	340XC2	26,00	25250	657
2.Оправка D140	340XC2	29	25200	731
3.Оправка D150	340XC2	33	25200	832
4.Оправка D160	340XC2	38,00	25200	95
5.Оправка D170	340XC2	40,00	25200	100
6.Оправка D180	340XC2	45,00	25200	1134
7.Лінійка Т8П-350	340XC2	28,5	45455	1295
8.Лінійка Мр-855	340XC2	24,40	4545	1109
9.Лінійка Мп-951	340XC2	27,60	4545	125
10.Лінійка Бп-434	340XC2	22,50	4545	1023
Разом				1000

Назва виливки	Брак з вина ливарного цеху			Виливається на рік з урахуванням браку	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1.Оправка D130	2	505	13,13	25755	669,63
2.Оправка D140	2	504	14,62	25704	745,42
3.Оправка D150	2	504	16,63	25704	848,23
4.Оправка D160	2	504	19,15	25704	976,7
5.Оправка D170	2	504	20,16	25704	1028,16
6.Оправка D180	2	504	22,68	25704	1156,68
7.Лінійка Т8П-350	1,5	682	19,4	46137	1314,90
8.Лінійка Мр-855	1	682	16,64	46137	1125,74
9.Лінійка Мп-951	1,5	682	18,82	46137	1273,38
10.Лінійка Бп-434	1,5	682	15,34	46137	1038,08
			176,60		10176,96

Продовження таблиці 2.2

Назва виливка	Ливникова система			Всього, т
	ливникова система на одну виливку, кг	випуск з ливниками, кг	ливарних систем на річну програму, т	
1	11	12	13	14
1.Оправка D130	20,02	46,02	515,62	1185,25
2.Оправка D140	22,33	51,33	573,97	1319,39
3.Оправка D150	25,41	58,41	653,14	1501,37
4.Оправка D160	29,26	67,26	752,10	1728,85
5.Оправка D170	30,80	70,80	791,68	1819,84
6.Оправка D180	34,65	79,65	890,64	2047,32
7.Лінійка Т8П-350	21,95	50,45	1012,47	2327,37
8.Лінійка Мр-855	18,7	43,1	866,82	1992,56
9.Лінійка Мп-951	21,25	48,85	980,50	2253,88
10.Лінійка Бп-434	17,3	39,8	799,32	1837,40
			7836,26	18013,22

У проектованому цеху матеріалом для виливків служить чавун марки 340XC2 відповідно до ТІ 159-МГ-49 ПрАТ «ЛМЗ» в разову піщано-глинисту форму. Хімічний склад представлений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад 340XC2 (Fe – решта)

C	Si	Mn	Cr	S	P
3,2...3,6	2,0...2,4	0,6...1,0	0,4...0,8	≤ 0,1	≤ 0,2

На підставі відомості витрати металу на залиті форми складаємо баланс металу (таблиця 2.4).

Металозавалка розраховується за формулою:

$$M = \frac{P+Л+Б}{100 - П} \cdot 100, (2.1)$$

де М – річна металозавалка за виплавленою маркою, т;

Г – маса придатних виливків, т;

Б – маса бракованих і дослідних виливків, технологічних проб, т;

Л – маса ливників і надливів, т;

П – безповоротні втрати металу, %.

Після розрахунку металозавалки визначаються інші значення статей.

$$M = \frac{10000 + 7836,26 + 176,6}{100} = 18763,78 \text{ т.}$$

Таблиця 2.4 – Баланс металу

Найменування статей	Чавун 340XC2	
		т
1. Придатні виливки	53,30	10000,00
2. Брак виливків	0,94	176,60
3. Ливники та надливи	41,76	7836,26
4. Технічні проби	0	93,82
5. Зливи та сплески	0,50	93,82
Разом рідкого металу	97	18200,86
6. Випалювання та безповоротні втрати	3,00	56
Металозавалка	100	18763,78

Розрахунок шихти проводиться виходячи з необхідного хімічного складу сплаву з урахуванням фактично використовуваних шихтових матеріалів і застосовуваних плавильних агрегатів.

Дані розрахунку представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 2.5 – Відомість витрати шихтових матеріалів

Найменування матеріалу	Витрата матеріалів	
	%	т
Повернення	43,704	8200,497
Лом чавунний ГОСТ 2787-86	51	9638
Чавун переробний П1 ГОСТ 805-95	2,842	533
Повернення	1	229
Брухт чавунний ГОСТ 2787-86	0,351	65,86
Чавун граничний П1 ГОСТ 805-95	0,512	96,07
Разом	100	18763

### 2.3 Вибір технологічного обладнання з представленням параметрів

Дугові плавильні печі застосовують для виплавки сталі та чавуну в ливарних цехах. Печі є агрегатами із залежною дугою, в яких електричний розряд відбувається між електродами та металевою шихтою. Найпоширенішими на даний час є трифазні печі, що працюють на змінному струмі (ДСП).

Дугова електроплавка з точки зору організації металургійного процесу має такі переваги:

- висока температура перегріву металу – до 1700 °С;
- можливість регулювання окислювально-відновних властивостей середовища в процесі плавки, а також забезпечення в печі відновної атмосфери і безокислювальних шлаків, що зумовлює малий угар легуючих елементів;
- легке введення тугоплавких легуючих елементів;
- можливість виплавки сталі будь-яких марок;
- можливість проведення активної обробки розплаву для рафінування;
- можливість проводити металургійні процеси відповідно до заданої якості сталі;

- плавне і точне регулювання температури сталі;
- більш повне, ніж в інших печах, розкислення металу, отримання його з низьким вмістом неметалевих включень;
- отримання сталі з низьким вмістом сірки.
- Виплавка чавуну 340XC2 проводиться в електропечі типу ДСП-6. Технічні характеристики ДСП-6:
- потужність трансформатора, кВА 5000;
- напруга мережі живлення, кВ 6; 10;
- діаметр графітованого електрода, мм 300
- кількість склепінчастих електродів 3
- номінальна ємність печі, тонн 6,0
- час розплавлення, хв 60
- Виплавку проводити в такій послідовності:
- заправка печі;
- завантаження шихти;
- плавка;
- випуск.

У завалку вводять 0,5...1,0 % (масової частки) вапна або вапняку.

Температура випуску чавуну з печі 1300 - 1360 °С. На окремі фасонні виливки температура випуску повинна бути вищою за температуру заливки на 40 - 60 °С. Температура заливки повинна бути вказана в технічній карті на виготовлення виливки.

Температура початку заливки чавуну у форми 1240 - 1280 °С.

Печі типу ДСП мають складну конструкцію, що включає не тільки футерований робочий простір, укладений в міцний каркас, але і цілий комплекс механізмів, що забезпечують функціонування печі на всіх стадіях металургійного процесу.

Схема компоновання каркаса печі та механізмів, що обслуговують роботу печі, наведена на рисунку 2.1.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

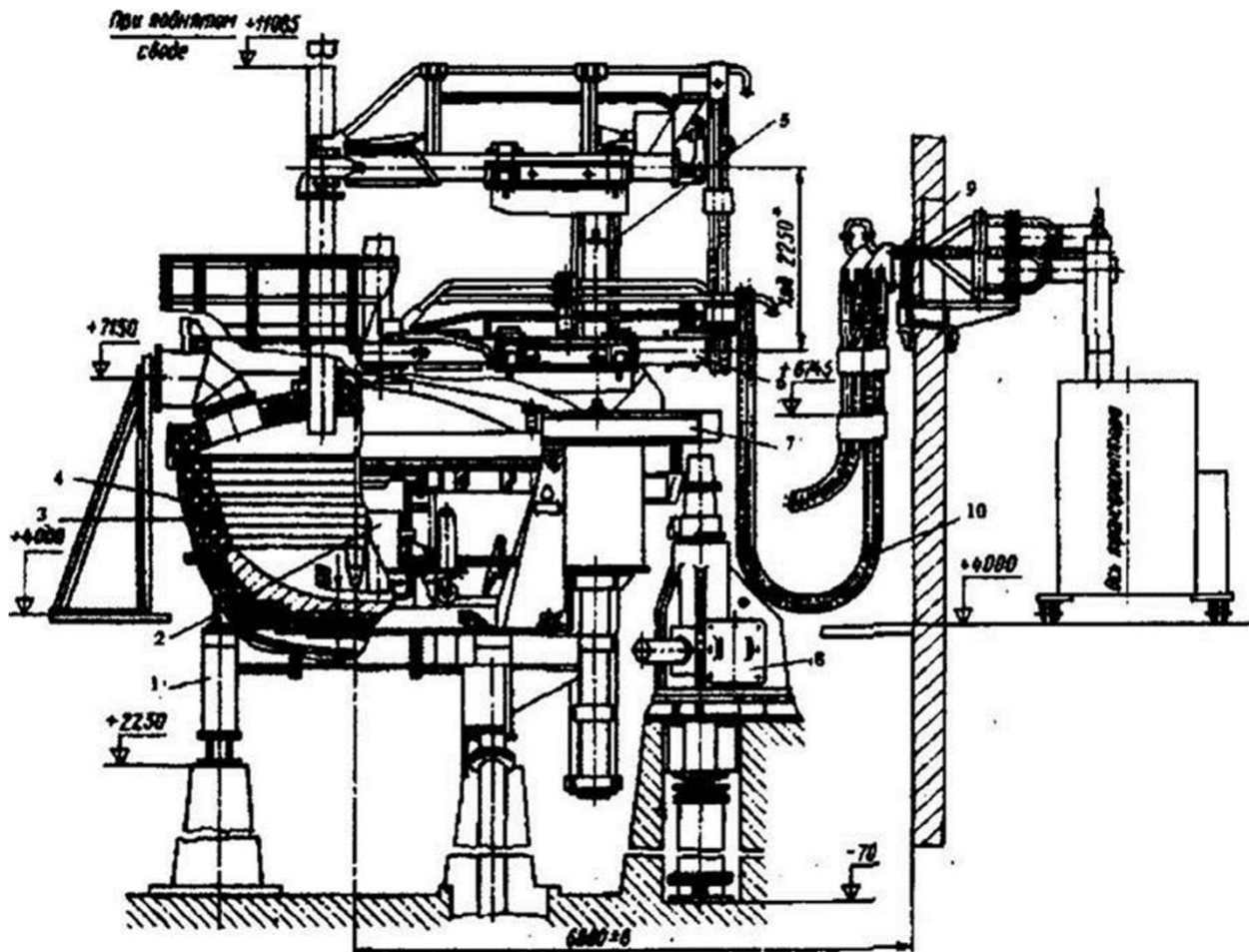


Рисунок 2.1 – Конструкція дугової печі ДСП-6

1 – механізм нахилу; 2 – дверцята робочого вікна; 3 – футеровка; 4 – каркас; 5 – стійка; 6 – електродотримач; 7 – траверса; 8 – механізми підйому і повороту склепіння; 9 – шлангопровід; 10 – кабельна гірлянда

Каркас печі – несуча конструкція, яка необхідна для розміщення футеровки і кріплення механізмів. Всі навантаження від установки склепіння, температурного розширення цегляної кладки, маси шихти і рідкого металу, а також від роботи механізмів печі сприймаються саме каркасом, тому каркас виготовляють зварним з товстолистової сталі, зміцнюючи його ребрами жорсткості. На каркас встановлюють знімний склепіння, кладка якого спирається на склепінчасте кільце. Порожнисте склепінчасте кільце охолоджується водою. Через склепіння в робоче простір вводяться електроди. Для обслуговування печі під час роботи в передній стінці передбачено робоче вікно. Через робоче вікно проводять осадження шихти при

плавленні і скачування шлаку. Для зливу рідкого металу служить жолоб. Каркас печі зсередини футерований вогнетривкою цеглою.

Робочий простір і ванна для рідкого металу печі огорожені кладкою (футеровкою) стін і пода, зверху закриті склепінням. Футеровка буває і кислою, і основною. Кисла футеровка стін і пода викладається диасовою цеглою, кладка склепіння також виконується диасовою цеглою. Набивку пода (кілька ущільнених шарів невеликої товщини), що служить для захисту цегляної кладки пода, виконують трамбуванням суміші кварцового піску з рідким склом. Основна футеровка стін і кладки пода здійснюється магнезитовою цеглою, склепіння ж для підвищення стійкості викладають хромомagneзитовою або магнезитохромітовою цеглою. Набивку пода виконують сумішшю магнезитового порошку з кам'яновугільною смолою.

Електричний струм всередину робочого простору до металу надходить по електродах. У печах, що працюють на змінному трифазному струмі, є три електроди, для введення яких у склепінні передбачені отвори, розташовані під кутом 120 °. На великих печах застосовуються графітовані електроди, виготовлені зі штучного графіту. При горінні дуг електроди обгорають. Відновлення електрода здійснюється нагвинчуванням нового електрода на «огарку» через проміжний графітовий стрижень з великою нарізкою (ніпель).

У процесі оплавлення шихти та обгорання електродів вони опускаються вниз. У моменти короткого замикання між шихтою та електродами їх необхідно швидко піднімати. Для управління переміщенням електродів служить спеціальний механізм.

Підйом і опускання електродів в процесі плавлення проводиться через встановлений на піч склепіння. При забиванні шихти робочий простір печі вимагає відкриття, тобто зняти склепіння. Тому електроди попередньо виводять з робочого простору і піднімають над склепінням. Управління переміщенням склепіння здійснюють спеціальним механізмом. Механізм послідовно виконує дві операції: піднімає склепіння на 250...300 мм над піччю, потім поворотом на 90...100 ° відводить його вбік. Склепіння за допомогою ланцюгів підвішене до порталу поворотного механізму, виконаного у вигляді двох Г-подібних стійок, з'єднаних поперечною балкою. Переміщення ланцюгів і склепіння забезпечує електропривод. Портал і привод встановлені на поворотній тумбі. Для зливу металу через жолоб піч на сегментах нахилиють гідроциліндром.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Одним з недоліків дугової печі є необхідність забезпечення високої якості шихтових матеріалів, з яких 75 - 100 % становить сталевий брухт. Брухт повинен мати якомога менше домішок кольорових металів, фосфору, іржі. Лом повинен бути важким для завантаження його в один прийом, тому що кожне завантаження брухту значно подовжує плавку. Інший недолік дугової печі в непродуктивному використанні потужностей печі в періоди низького споживання енергії (окислювальний і відновлювальний періоди).

Після виплавки в ДСП-6 слідує обробка розплаву в трайб-апараті.

Трайб-апарат – це пристрій, за допомогою якого порошковий дріт вводиться до складу розплаву металу або сплаву в процесі позапічної обробки для модифікації. За допомогою трайб-апаратів дріт вводять у розплав при доведенні металів на установках такого типу, як «ковш-піч».

Основні технічні дані та характеристики трайб-апарата моделі МДЮ.44.000.0-2 фірми ЗАТ «Юпітер ЛТД»:

- потужність приводу, кВт 15
- швидкість введення дроту, м/хв 25 - 300
- діаметр введеного дроту, мм 5 - 18;
- кількість доріжок 2
- напруга, В 380
- частота, Гц 50
- споживана потужність, кВт 35;
- габаритні розміри апарату, мм 1310x700x1165;
- маса апарату, не більше кг 980
- продуктивність (при використанні 3т ковша) 6 т/год;
- габаритні розміри шафи управління, мм 800x600x1600

Виготовлення напівформ здійснюється за доставленим з модельного складу оснащенням. Ущільнення формувальної суміші здійснюється способом Сейатсу. Формувальна суміш засипається через стрічковий конвеєр в опоку і наповнювальну рамку, після заповнення машинний стіл піднімає модельне оснащення і притискає до пресової плити. Таким чином, весь об'єм форми герметично закривається. Потім

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

короткочасно відкривається клапан формувальної машини Сейатсу. Стиснене повітря проходить через формувальну суміш від її верху до підмодельної плити, і виходить через вентиляційні отвори. Під дією потоку повітря суміш ущільнюється, і порожнина форми рівномірно заповнюється частинками суміші. Здійснюється чисте прилягання суміші до контуру моделі з чітким обрисом. Щільність формувальної суміші підвищується в бік підмодельної плити. Тому найбільше ущільнення досягається в шарах поблизу моделі. Остаточну міцність форма отримує при послідовному пресуванні плоскою пресою плитою. Тиск і тривалість впливу потоку стисненого повітря можна регулювати. Цим можна досягати оптимальної твердості форми для кожного випадку. Виготовлення форм відбувається з малим шумом і без струсу. Рівень шуму для машини HSP-3D нижче 80 dB(A). Отже, досягається поліпшення умов праці для всіх, хто працює в ливарному цеху.

Склад формувальної суміші, %:

- оборотна суміш 93...98 мас. %;
- пісок 2К<sub>2</sub> О<sub>2</sub> 02 ГОСТ 2138-91 2,5...6 мас. %;
- бентонітова глина П1Т<sub>2</sub> ГОСТ 28177-89 0,2 - 1,0 мас. %;
- мелене вугілля 0,1 - 1,2 %;
- добавки крохмалісті 0,02 - 0,06 % мас;
- ПАР 0,02 - 0,05 % мас.

Властивості формувальної суміші:

- міцність при стисненні 0,17 - 0,21 МПа;
- вміст води 3,1 - 3,4 %;
- газопроникність, не менше 100 од.;
- вміст активного бентоніту 7,0 - 8,0 %;
- втрати при прожарюванні 3,5 - 5,0 %;
- загальний вміст дрібниці 11 - 13 %.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 2.4 Розрахунок кількості та розподіл обладнання на виробничих площах

Розрахункова кількість плавильних агрегатів  $P_1$  визначається за формулою:

$$P_1' = \frac{B_r \cdot K_H}{\Phi_d \cdot N_{\text{розр}}'}$$

де  $B_r$  – річна кількість споживаного рідкого металу (з урахуванням браку);  $\Phi_d$  – річний дійсний фонд часу розраховуваного обладнання;

$N_{\text{розр}}$  – продуктивність обладнання (розрахункова), прийнята виходячи з прогресивного досвіду його експлуатації;

$K_H$  – коефіцієнт нерівномірності споживання і виробництва. В умовах масового і багатосерійного виробництва  $K_H = 1,0 - 1,2$ .

$$P_1' = \frac{18200,86 \cdot 1,1}{3875 \cdot 3} = 1,72.$$

Кількість одиниць обладнання ( $P_2'$ ), прийняте до встановлення в цеху, визначається за формулою:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3}$$

де  $K_3$  – коефіцієнт завантаження ( $K_3 = 0,7 - 0,85$ ).

$$P_2' = \frac{1,72}{0,9} = 1,89.$$

Приймаємо  $P_2' = 2$ ;

Фактична величина коефіцієнта завантаження перевіряється за формулою :

$$K_{3\Phi} = \frac{P_1'}{P_2'} \quad , (2.4)$$

$$K_{3\Phi} = \frac{1,72}{2} = 0,86.$$

Для виплавки чавуну приймаємо до установки в цеху дві плавильні печі.

Розрахункова кількість трайб-апаратів.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$P'_1 = \frac{18200,86 \cdot 1,1}{3875 \cdot 6} = 0,86.$$

$$P'_2 = \frac{0,86}{0,9} = 0,95.$$

Приймаємо  $P'_2 = 1$ ;

Для обробки та модифікації чавуну приймаємо до установки в цеху один трайб-апарат. При розрахунку кількості ковшів враховуються:

час очікування ковша біля печі, наповнення металом,

тривалість модифікації;

- час доставки ковша на ділянку розливу;
- час роздачі металу з ковша;
- час повернення порожнього ковша;
- час витримки ковша до охолодження металу до потрібної температури.

Періоди роботи та ремонту ковшів (розливних і роздавальних) представлені в таблиці 2.6.

Ємність ковша приймається рівною ємності печі.

У проектуваному цеху ковші підігріваються перед кожною плавкою до температури 600. - 700<sup>0</sup> С.

Ремонт ковшів проводиться на ділянці ремонту ковшів після виходу його з ладу. Сушіння ковшів здійснюється після кожного ремонту перед плавкою на спеціальному стенді при температурі 800 - 900<sup>0</sup> С.

Таблиця 2.6 – Періоди роботи та ремонту ковшів

Характеристика	Значення
безперервна робота	3 - 4 год
охолодження до ремонту	0,5 - 0,7 год
поточний ремонт	0,5 - 1,0 год
встановлення під жолоб, випуск металу	0,5 год
капітальний ремонт і підігрів	2 - 3 год
сушіння та розігрів після капітального ремонту	2 - 3 год

Розрахунок роздавальних ковшів проводиться за формулою :

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$n = \frac{B_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q},$$

де  $B_r$  – річна кількість споживаного рідкого металу, т;

$t$  – середній цикл обороту ковша, год;  $t=0,45$ ;

$Q$  – місткість ковша, т;

$n$  – кількість одночасно працюючих ковшів, шт.

Загальна кількість ковшів, необхідних для роботи плавильного відділення, розраховується за формулою:

$$N_1 = n \left( \frac{z_1}{z} + 1 \right)$$

Де  $N_1$  – загальна кількість ковшів, шт;

$z_1$  – час ремонту ковша,  $z_1 = 8$  год;

$z$  – час роботи ковша до ремонту,  $z = 8$  год.

Повна кількість ковшів з урахуванням запасу розраховується за формулою:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (2.7)$$

Розрахунок роздавальних ковшів ємністю 3 т проводиться за формулою (2.5):

$$n = \frac{18200,86 \cdot 0,45}{3875 \cdot 3} = 0,7.$$

Загальна кількість ковшів, необхідних для роботи плавильного відділення, розраховується за формулою (2.6):

$$N_1 = 0,7 \left( \frac{8}{8} + 1 \right) = 1,41.$$

Повна кількість ковшів з урахуванням запасу розраховується за формулою(2.7):

$$N = 1,41 \cdot 1,1 = 1,55.$$

Отримане значення округлюємо до цілого числа і приймаємо  $N = 2$ . Враховуючи, що кількість резервних ковшів не повинна бути менше двох, приймаємо кількість роздавальних ковшів у проєктованому цеху 5 шт.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Плавильні відділення ливарного цеху розташовуються в безпосередній близькості від шихтового прольоту. На основному поверсі, де відбувається видача рідкого металу на заливку, розміщуються всі робочі місця, пульти управління, механізми обладнання, запірна і регулююча арматура та інші вузли обладнання, що вимагають постійного спостереження і обслуговування робітниками. Точки обслуговування розташовані на рівні зросту людини. Основний вантажопотік на ділянці забезпечується двома мостовими кранами вантажопідйомністю 25 т.

Основне плавильне обладнання розташоване так, щоб забезпечити мінімальну відстань транспортування рідкого сплаву від них до споживачів. Пульти управління розташовані поруч з робочими місцями, щоб забезпечити можливість візуального спостереження з пульта за основними вузлами агрегату і діями робітників. Ковшові ділянки, стенди для підігріву ковшів, розміщують в зоні дії підйомно-транспортного обладнання.

Шихтові матеріали завозять в цех залізничним транспортом.

Бетонні роздаткові засіки заповнюють кусковими шихтовими матеріалами за допомогою мостового крана з магнітною шайбою. Потім спеціальний мостовий кран з магнітною шайбою набирає різні кускові компоненти шихти і завантажує їх у воронку-ваги, де зважується колоша для закладення печі. У цю ж воронку можуть бути завантажені феросплави з окремих контейнерів за допомогою вагових дозаторів.

Готова колоша пересипається в бадью і на візку подається в пічний проліт і встановлює бадью над відкритою піччю. Після деякої витримки, вся колоша завантажується у ванну печі. До допоміжних приміщень і обладнання ділянки відносять експрес-лабораторію, стенди для підігріву ковшів і ділянку ремонту ковшів. Рідкий чавун відбирається з печі в ковші і транспортується на заливку передавальною візком.

Виготовлення форм – найбільш трудомісткий процес, тому доцільніше застосовувати автоматичні формувальні лінії типу HSP-3D для виготовлення виливків у формах з ПГС.

Технічна характеристика лінії типу HSP-3D :

- розміри опок, мм  
– у світлі 1250×1000, 1000×800, 800×650, 650×500;  
– мінімальна висота 150;  
– максимальна висота 300;
- продуктивність, форм/год 18...22;

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- споживана потужність, кВт 15
- зусилля пресування максимальне, кН 500
- підйом пресування, мм 250

Лінія типу HSP-3D призначена для виготовлення виливків зі сталі та чавуну в сирих піщано-глинистих одноразових формах.

Для визначення річної кількості форм, а також обсягу стрижнів і формувальної суміші на річну програму складемо відомість виготовлення і складання форм, представлену в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Відомість виготовлення та складання форм

Назва виливки	Внутрішній розмір опок, мм			Кількість виливків у формі, шт	Виготовляється форм на рік, шт
	L	B	H		
1	2	3	4	5	6
1.Оправка D130	1250	1000	900	8	3219
2.Оправка D140	1250	1000	900	8	3213
3.Оправка D150	1250	1000	900	8	3213
4.Оправка D160	1250	1000	900	8	3213
5.Оправка D170	1250	1000	900	8	3213
6.Оправка D180	1250	1000	900	8	3213
7.Лінійка Т8П-350	1250	1000	900	12	384
8.Лінійка Мр-855	125	1000	900	12	384
9.Лінійка Мп-951	1250	1000	900	12	384
10.Лінійка Бп-434	1250	1000	900	12	3845
					34663

Продовження таблиці 2.7

Назва виливки	Об'єм суміші для однієї форми, м <sup>3</sup>				Об'єм формувальної суміші на річну програму, м <sup>3</sup>
	об'єм опоки	об'єм залитого металу	об'єм стрижнів	об'єм ущільненої суміші	
1	7	8	9	10	11
1.Оправка D130	2,2500	0,0526	0,0100	2,1874	7042
2.Оправка D140	2,2500	0,0587	0,0100	2,1813	7008,64
3.Оправка D150	2,2500	0,0668	0,010	2,1732	6982,64
4.Оправка D160	2,2500	0,0769	0,010	2,1631	6950,14
5.Оправка D170	2,2500	0,0809	0,010	2,1591	6937,14
6.Оправка D180	2,2500	0,0910	0,010	2,1490	6904,65
7.Лінійка Т8П-350	2,2500	0,0865	0	2,1635	8318,17
8.Лінійка Мр-855	2,2500	0,0740	0	2,1760	8366
9.Лінійка Мп-951	2,2500	0,0837	0,0000	2,1663	8328,67
10.Лінійка Бп-434	2,2500	0,0683	0	2,1817	8388,17
					75226,30

Розрахункова кількість автоматичних ліній для формувально-заливно-вибивальних відділень при потоковому виробництві  $P_1$  визначається за формулою :

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_d},$$

де  $n$  – річна кількість форм, що виготовляються на лінії, шт.;

$K_{\sigma}$  – коефіцієнт, що враховує втрати через брак форм і виливків;

$N_{п.розр}$  – прийнята тактова (розрахункова) продуктивність автоматичного обладнання, шт./год;

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Ф<sub>д</sub> – дійсний річний фонд часу, год.

Розрахункову продуктивність визначимо за формулою (2.8):

$$P_1 = \frac{34663}{0,95 \times 18 \times 3632} = 0,56.$$

Кількість одиниць обладнання, що приймається до установки в цеху, визначається за формулою (2.4):

$$P_2 = \frac{0,56}{0,8} = 0,67.$$

Приймаємо одну лінію HSP-3D. Фактична величина коефіцієнта завантаження перевіряється за формулою (2.5):

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.02 ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

### 3.ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИЛИВІВ У «СИРИХ» ПІЩАНИХ ФОРМАХ»

У сучасному ливарному виробництві висуваються високі вимоги до методів формування піщаних ливарних форм. Основні з них для методу ущільнення такі: забезпечення технологічно необхідної щільності по висоті форми; висока продуктивність процесу і хороші санітарно-гігієнічні умови праці; низька енергоємність і високий ККД пристроїв для формування; низька металоємність, компактність і простота обслуговування робочого органу машини, легкість автоматизації; технологічна надійність процесу.

Існує велика різноманітність як нових, оригінальних способів ущільнення, так і існуючих. Розглянемо ті з них, які в останні роки знаходять застосування на виробництві і представляються перспективними, а саме: вакуумно-плівковий процес; імпульсні (повітряний, газовий, механічний); нові методи пресування (послідовне, гравітаційне, лопатеве), ущільнення ширококовшовим піскометом; віброударне ущільнення; отримання форм заморожуванням.

#### 3.1.Історія розвитку технології Сейатсу та обладнання для її реалізації

Технологія Сейатсу була розроблена більше 25 років тому в Японії концерном Sinto. Слово «Сейатсу» – японське позначення для «тихого потоку». На відміну від гучних імпульсних технологій, поширених на той час, Сейатсу працює з повільним відкриттям клапана повітря і дає формі час для реагування з метою рівномірного ущільнення. Процес двоступеневий, як і струшування з підпресуванням. За останні 25 років Сейатсу-процес набув найбільшого поширення серед усіх технологій піщано-глинистого формування завдяки своїм перевагам при виготовленні складного і точного лиття з будь-яких сплавів. При цьому щороку фірма HWS-Sinto запускає найшвидші формувальні автомати продуктивністю 240 форм на годину.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Білий Д.В.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Сайтгареев Л.Н.				1	11
<i>Н. Контр.</i>		Сайтгареев Л.Н.			MT-22-2		
<i>Затверд.</i>		Бабошко Д. Ю.					

Понад 500 реалізованих фірмою HWS-Sinto проектів і понад 300 проектів, виконаних материнським концерном Sinto, доводять поширення процесу. Досвід концерну Sinto включає також досвід американської фірми Herman, яка була відома виробництвом найбільших формувальних машин і ліній з піщано-глинистого формування. Поставлена на тракторний завод в кінці 70-х років АФЛ 2 працює досі і виробляє виливки залізничних бічних рам (далі фірма Herman-Sinto, США вже в 70-х роках виробляє АФЛ за вакуумним процесом з розміром опок 3500 x 3500 мм. Однак фірма HWS-Sinto, Німеччина для виробництва чавунних, алюмінієвих і особливо сталевих виливків на опочних АФЛ базується як на вакуумному процесі, так і на Сейатсу-процесі.

Так, наприклад HWS-Sinto поставляє автоматичну формувальну лінію піщано-глинистого формування (Сейатсу-процес) для середнього Ж.Д. лиття для потреб вагонобудування. Розмір опок лінії - 1700x1000x500/500 мм, продуктивність - 60 компл. форм на годину - з повністю автоматичним дозуванням модельної та наповнювальної суміші. Іншим прикладом використання формувальних ліній для середнього і дрібного лиття може служити французький завод сталевого лиття SMC, що виробляє за Сейатсу-процесом залізничне та інше лиття при розмірі опок 650x500x250/250 мм і фактичною продуктивністю 110 форм на годину.

### 3.2.Виготовлення форм за методом Сейатсу

Інтенсивний розвиток способу ущільнення газовим, а потім і повітряним імпульсом пов'язаний з обмеженням ущільнення струшуванням у багатьох країнах через такі недоліки, як шум і вібрація.

Спосіб ущільнення формувальної суміші «Сейатсу» розроблений в Японії на фірмі «Sinto» в 60-х роках. На даний час доопрацьований і успішно використовується HWS, Німеччина, яка широко застосовує спосіб ущільнення потоком повітря, що проходить через суміш в опоці, і далі через вентиляційні отвори в важко ущільнюваних місцях на підмодельованій плиті і моделі з подальшим підпресуванням.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фірмами G.Fischer і BMD були продані автоматичні формувальні лінії (АФЛ) з використанням імпульсного способу ущільнення. Паралельно з цим фірма «Кюнкель Вагнер» застосувала спосіб ущільнення з використанням вакууму при заповненні опоки сумішшю і пресуванні.

При виготовленні форм імпульсним методом на модельну плиту з вентиляційними отворами (тонкі отвори, через які проходить повітря, але не проходить суміш) встановлюються опока і наповнювальна рамка, після чого вони заповнюються формувальною сумішшю. Над наповнювальною рамкою встановлюється імпульсна головка, і все оснащення притискається одне до одного (герметизується). З спеціальної магістралі в ресивер головки надходить стиснене повітря.

При ущільненні запірний клапан піднімається вгору, пропускаючи стиснене повітря через отвір в порожнину. З порожнини через отвори повітря спрямовується в порожнину пресування, ущільнюючи суміш. Проїшовши через суміш, повітря виходить в атмосферу через вентиляційні отвори. При цьому тиск над сумішшю від максимального падає до атмосферного за частки секунди. Під дією стисненого повітря суміш наповнювальної рамки переміщається в опоку і ущільнюється. Ущільнення проводиться одноразовим імпульсом.

Різновидом імпульсного повітряного ущільнення є ущільнення вибухом, при якому в імпульсну головку, що містить вибуховий пристрій, подається вибухова суміш, яка в потрібний момент вибухає. Продукти вибуху направляються до формувальної суміші, ущільнюючи її аналогічно повітряному імпульсу.

Застосування безпосередньо енергії стисненого повітря в якості попереднього ущільнення суміші дозволяє отримувати якісні форми, істотно знижуючи рівень шуму і скорочуючи операцію ущільнення до 4-6 секунд, скорочуючи тим самим тривалість циклу роботи формувального автомата, що дозволило закріпити застосування в АФЛ одного формувального агрегату, який послідовно виготовляє верхню і нижню напівформи.

Удосконалені способи ущільнення суміші з використанням в якості попереднього ущільнення енергії стисненого повітря з різними варіантами продувки стисненим повітрям суміші в опоці через венті в підмодельованій плиті з подальшим пресуванням багатоплунжерною або еластичною плитою використовують практично

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

всі основні виробники АФЛ, незважаючи на значну витрату повітря (до 13 об'ємів опоки). Цей спосіб ущільнення найбільш повно задовольняє вимогам щодо точності виливків та екологічним нормам.

Переваги Сейатсу-процесу для забезпечення якості ливарних форм за ПГС:

- рівномірно висока твердість форми, що є передумовою для виготовлення виливків високої розмірної точності. Порівняння між струшуванням з підпресуванням (а тим більше з нижнім пресуванням) наочно показує більш рівномірне ущільнення за об'ємом форми, отриманої за Сейатсу-процесом;
- менше стрижнів. У багатьох місцях форм можливе формування складних контурів моделей і крайніх болванів через рівномірну твердість форми;
- зменшення формувального ухилу. Витрата металу і витрати на механічну обробку виливків зменшуються через зменшення формувальних ухилів на  $0,5^\circ$  і нижче (іноді без ухилів);
- краще використання площини роз'єму виливками. Можливе більш щільне розташування моделей на підмодельній плиті, оскільки допускаються менші відстані між моделями і опокою – більше виливків в одній формі;
- зменшення витрат на очищення і остаточну обробку виливків. Це обумовлено тим, що методом Сейатсу виробляються високоякісні виливки з
- рівномірною якістю в серії, з прекрасною поверхнею, точними за розмірами і майже без браку поверхні, задирок тощо;
- Сейатсу-процес – гуманна технологія. Повітряний потік повністю замінює струшування, тому рівень шуму знижується нижче позначки 85 дБ (А). Спосіб Сейатсу працює без динамічних навантажень на фундамент. Це означає: зниження витрат на фундамент, зменшення пошкоджень і зниження витрат на технічне обслуговування;
- відсутній знос моделей, оскільки повітряний потік по поверхні моделі створює ефект «псевдозмащення».

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Ущільнення форм за процесом Сейатсу

Ущільнення формувальної суміші за способом Сейатсу (ущільнення повітряним потоком з пресуванням) відбувається наступним чином:

Простір модельного оснащення, що визначається підмодельною плитою з моделлю, опокою і наповнювальною рамою, заповнюється формувальною сумішшю за допомогою жалюзійного затвора бункера-дозатора (рисунок 3.1).

Потім бункер-дозатор пересувається під стрічковий живильник запасного бункера суміші і одночасно пресова головка займає положення над наповнювальною рамою форми. Стіл машини піднімається і притискає тримач підмодельної плити з опокою і наповнювальною рамою до пресової головки таким чином, щоб простір форми був герметичним. Потім короткочасно відкривається клапан повітряного потоку. Повітряний потік проходить формувальну суміш від контрлада в бік моделі і виходить через вентиляційні отвори в підмодельній плиті (рисунок 3.2).

Під час процесу ущільнення знову заповнюється бункер-дозатор сумішшю. Витяжка моделі з форми відбувається шляхом опускання столу машини. Одночасно пересуваються бункер-дозатор суміші і пресова головка в початкове положення (рисунок 3.4).

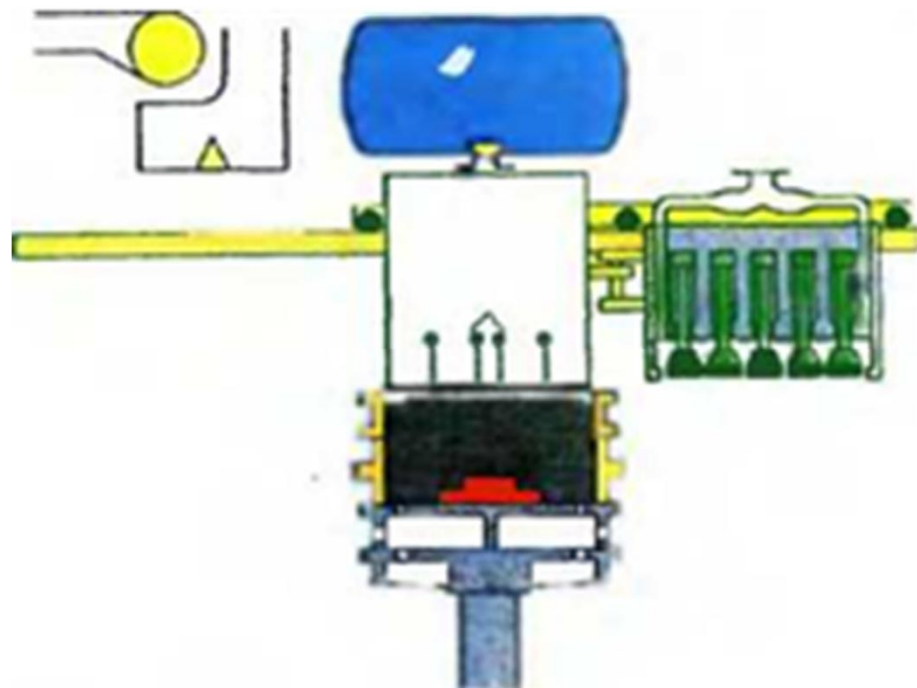


Рисунок 3.1 – Заповнення формувальною сумішшю бункера-дозатора

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

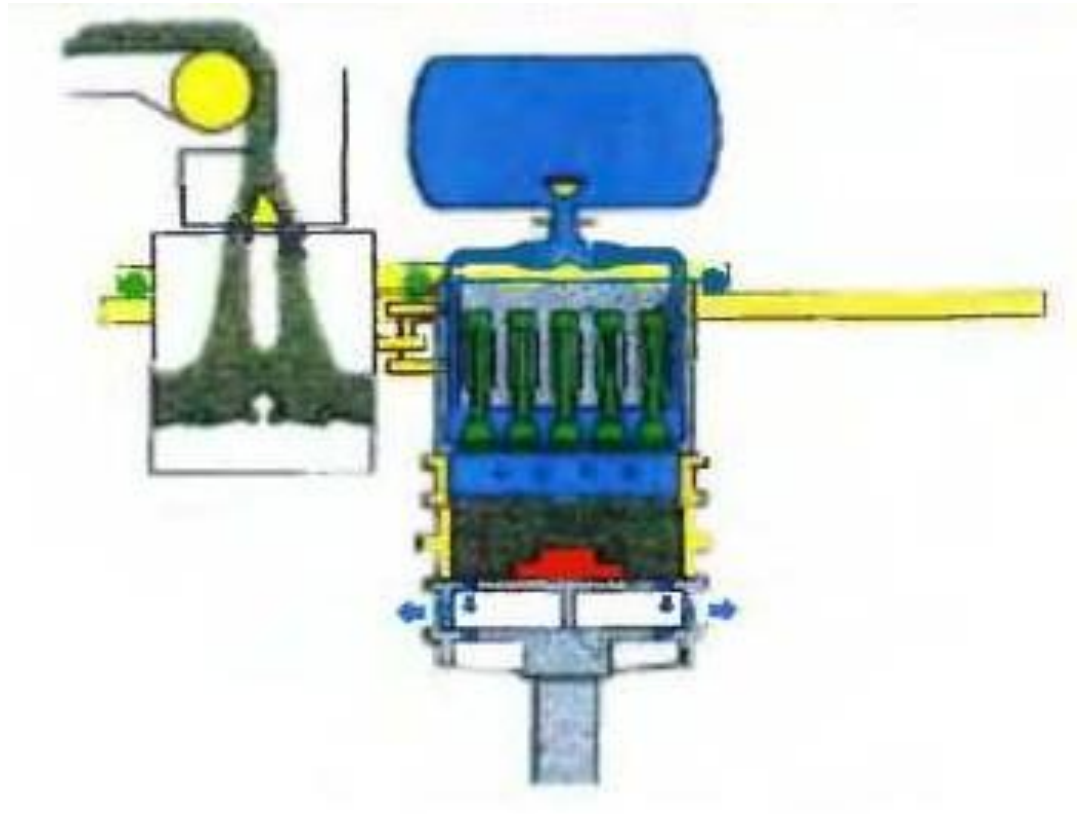


Рисунок 3.2 – Видалення повітря, що проходить через вентиля

Додаткове пресування зверху плоскою пресовою плитою, мембраною табо багатоплунжерною головкою остаточно ущільнює форму (рисунок 3.4).

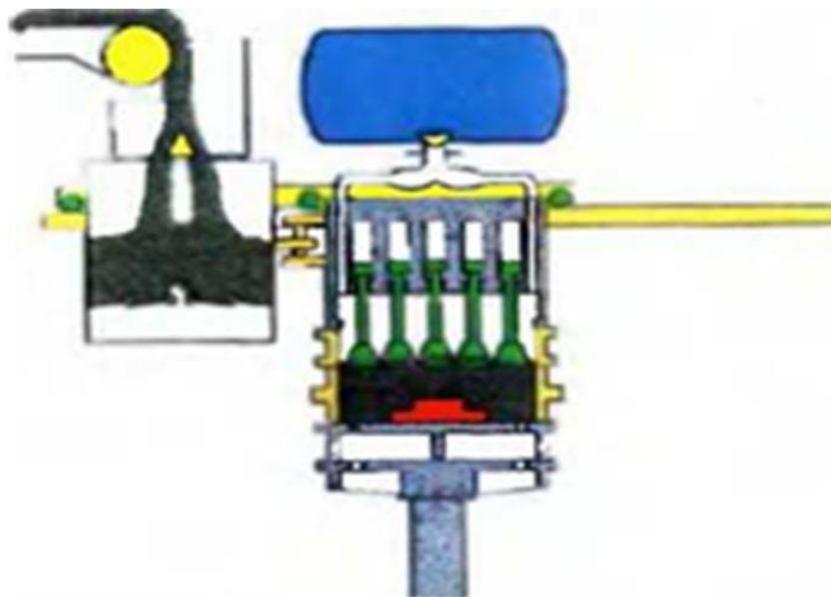


Рисунок 3.3 – Додаткове пресування зверху плоскою пресовою плитою, мембраною або багатоплунжерною головкою

					КНУ.РБ.136.26.113с-01.03 ПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

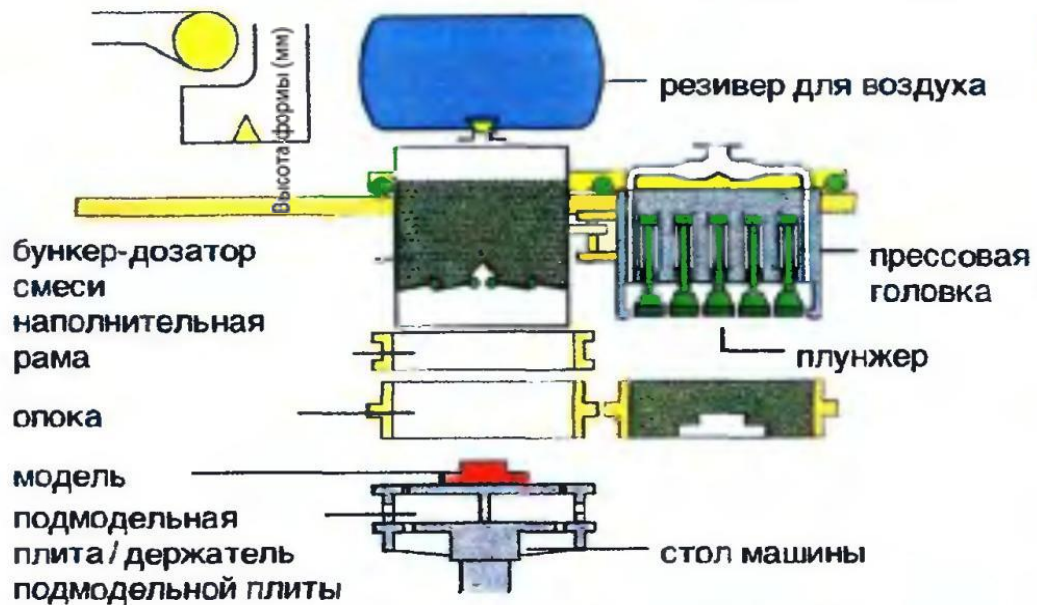
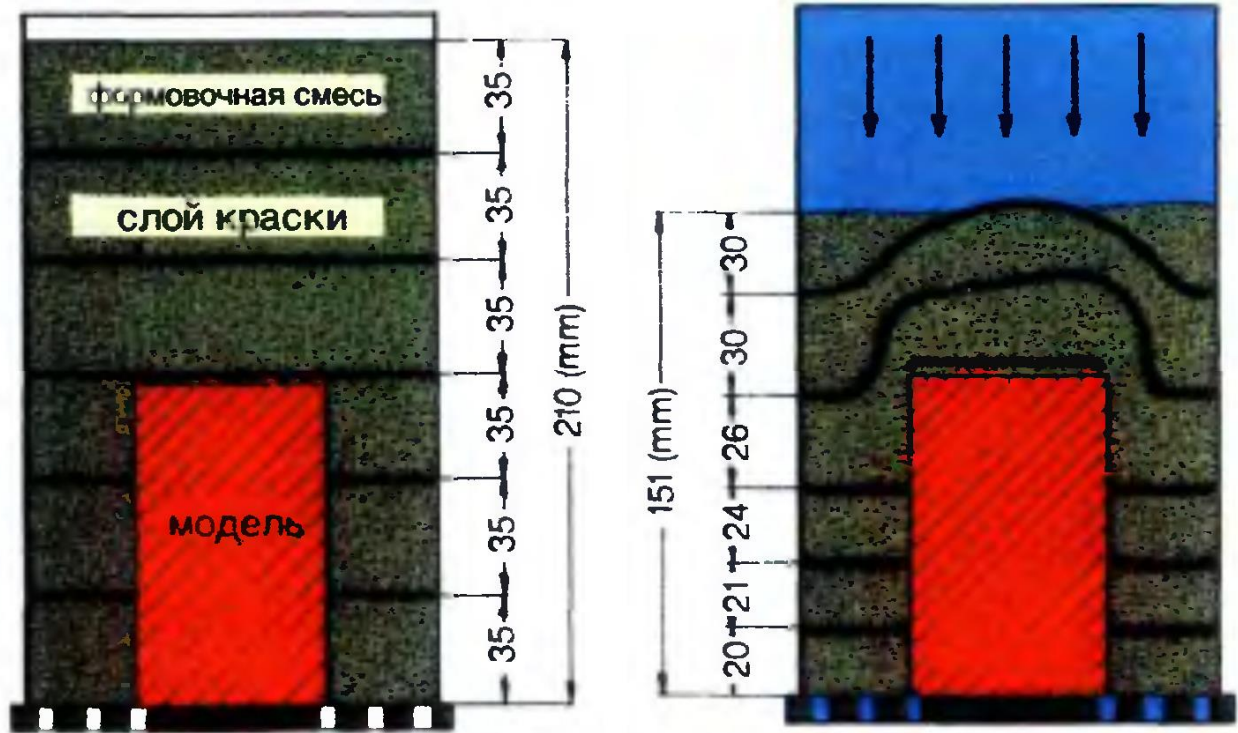


Рисунок 3.4 – Витяжка моделі з форми, заповнення бункера-дозатора сумішшю

У момент проходження формувальної суміші в бік моделі повітряний потік чинить на кожну частинку суміші зусилля, спрямоване вниз. Частинки піску протікають разом з потоком повітря в нижні частини форми і болвани. У напрямку потоку (вниз) з кожним шаром суміші зростає щільність суміші. Тому поблизу підмодельної плити досягається найбільше ущільнення.

Для пояснення отриманого ефекту попереднього ущільнення було проведено експеримент. У формі розташували шари з фарбою через 35 мм по висоті форми. Внаслідок повітряного потоку відстань між шарами поблизу підмодельної плити зменшилася до 20 мм, а у верхній частині форми — до 30 мм. В результаті послідовного пресування отримується рівномірне ущільнення форми.

Даний ефект проілюстрований на рисунку 3.5.



а б

Рисунок 3.5 – Эффект ущільнення Сейатсу: а – до ущільнення; б – після ущільнення.

### 3.4. Переваги Сейатсу-процесу

Рівномірність твердості форми дозволяє виготовляти виливки високої розмірної точності. Порівняння між струшуванням з підпресуванням і Сейатсу-процесом наочно показує більш рівномірну твердість форми, виготовленої способом Сейатсу (рисунок 3.6).

Менше стрижнів. У багатьох випадках відпадає необхідність у стрижнях, оскільки можливе формування складних контурів моделей і різних болванів завдяки рівномірній твердості форми при використанні Сейатсу-процесу (рисунки 3.7).

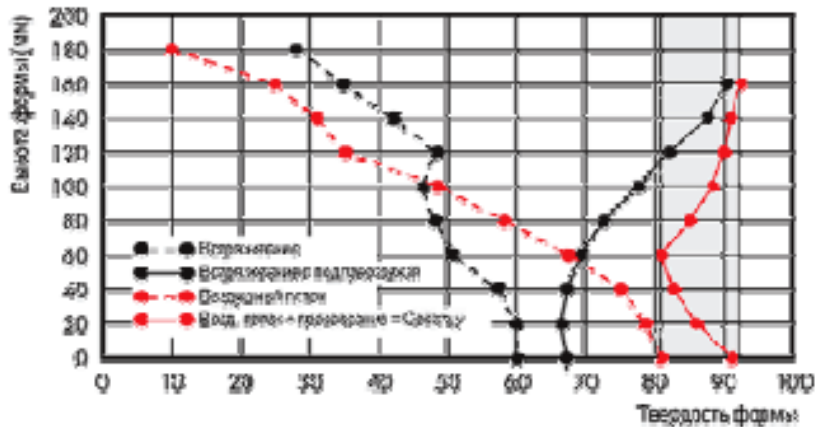
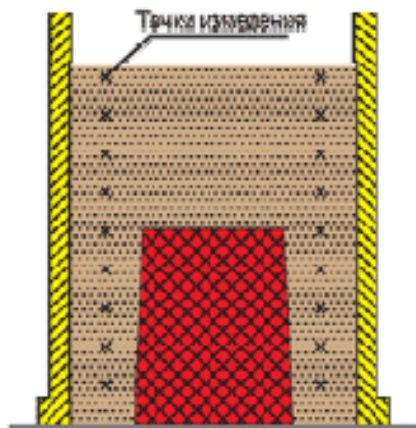


Рисунок 3.6 – Результаты испытаний твердости формы за инновационным способом ущільнення піщано-глинистих форм – Сейтсу-процес і старими традиційним технологіям

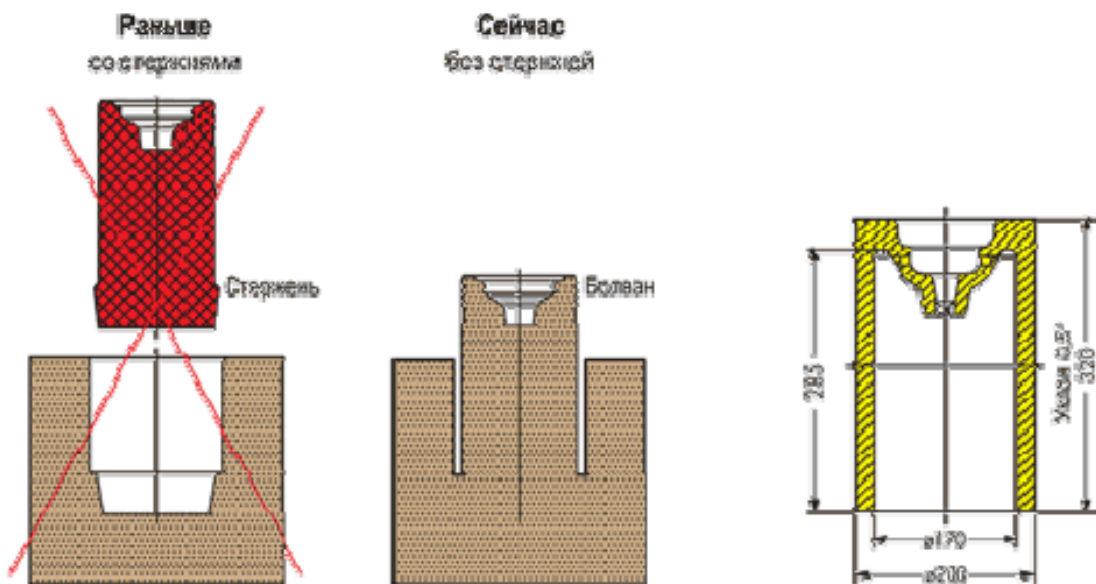


Рисунок 3.7 – Приклад формування з високим болваном (відмова від стрижнів) для виливків типу гільзи циліндрів

Зменшення формувального ухилу. Витрата металу і витрати на механічну обробку виливків знижуються завдяки можливості істотного зменшення формувальних ухилів і навіть менше 0,5°, а іноді близько до 0°, як наприклад на внутрішній стороні корпусу електродвигуна (рисунок 3.8).

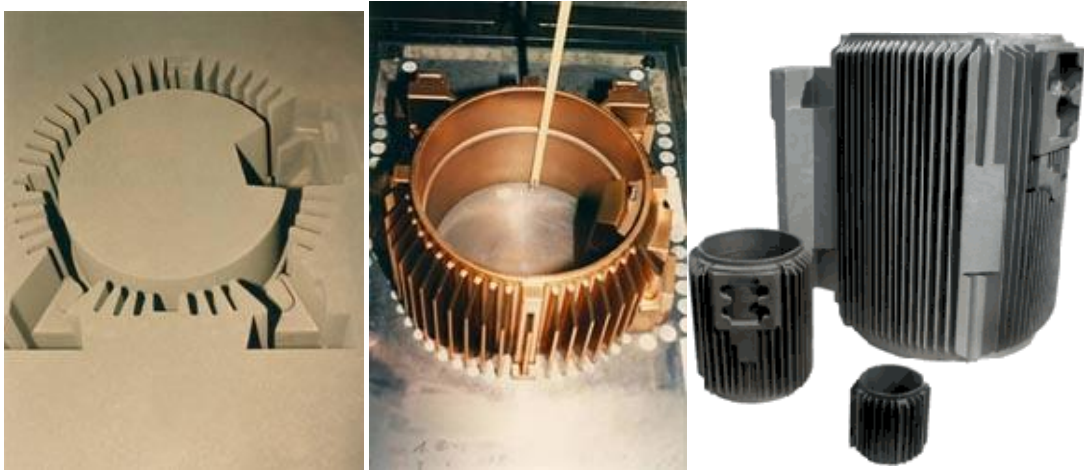


Рисунок 3.8 – Форма, модель і виливки з мінімальним формувальним ухилом. Сейатсу-процес, СЧ, корпус електродвигуна (вага від 3,8 до 280 кг; висота до 850 мм, О до 700 мм). Завод Olsberg, Німеччина

Краще використання площини роз'єму виливками. Можливе більш щільне розташування моделей на підмодельній плиті, оскільки допускаються менші відстані між моделями і до стінок опок (рисунок 3.9). Це дозволяє виробляти більше виливків за форму.

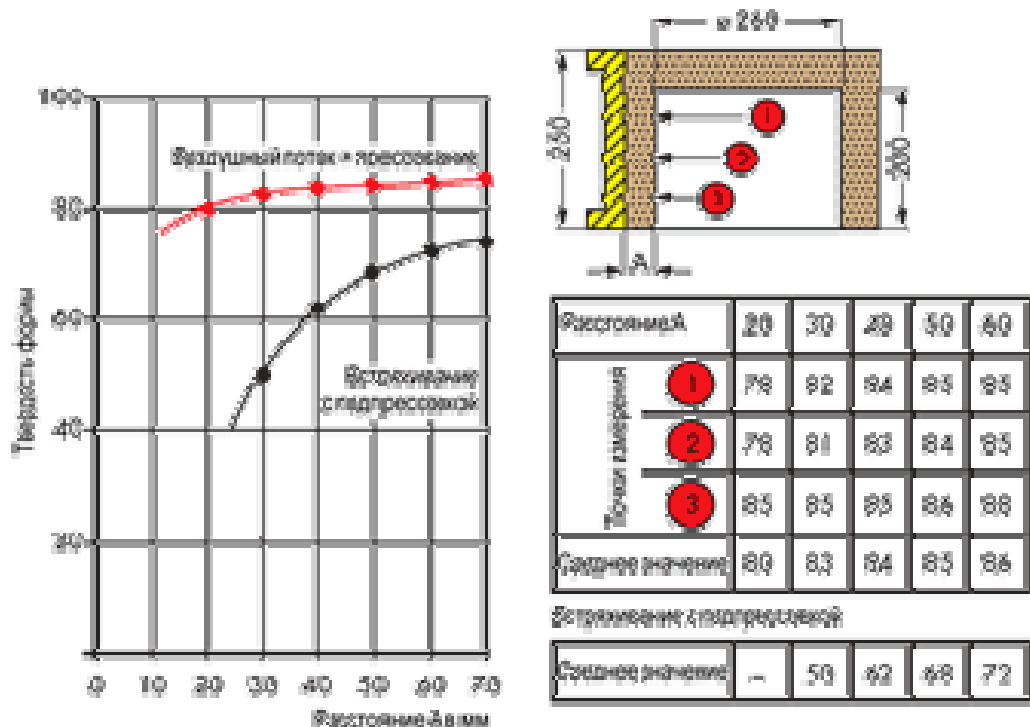


Рисунок 3.9 – Демонстрація можливості використання більшої робочої площі форм за процесом Сейатсу

Зменшення витрат на очищення виливків. Значною мірою зменшуються витрати на очищення і остаточну обробку виливків. Це обумовлено тим, що

За процесом Сейтату виробляються високоякісні виливки з рівномірною якістю в серії, з прекрасною поверхнею, точні за розмірами і майже без задирок.

Гуманна технологія. Повітряний потік замінює струшування. Тому рівень шуму знижується до величини менше 85 дБА, що є важливим кроком у бік поліпшення умов праці (рисунок 3.10). Машини за процесом Сейтату працюють без динамічних навантажень на фундамент. Це означає нижчі витрати на фундамент і технічне обслуговування.

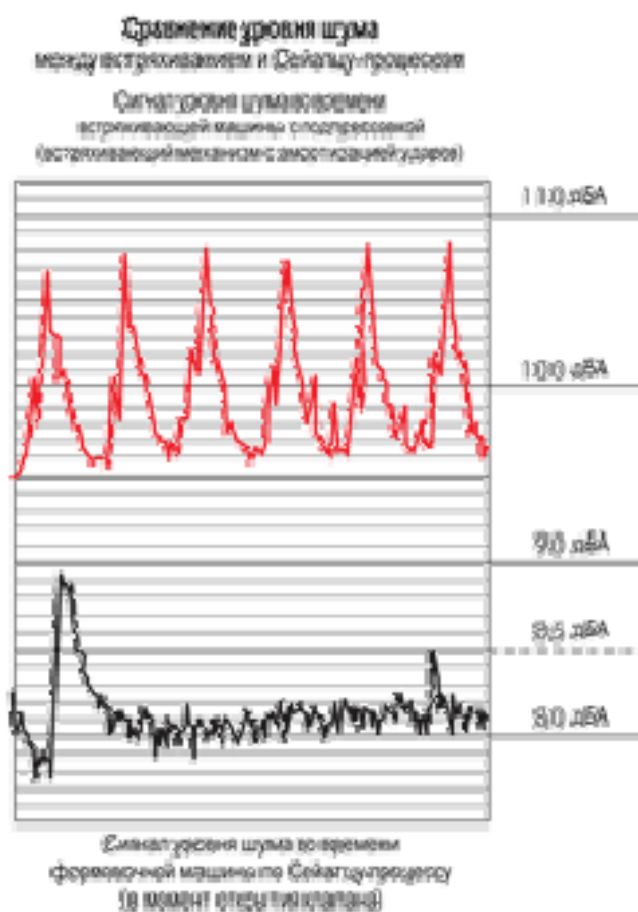


Рисунок 3.10 – Порівняння рівня шуму між струшуванням і Сейтату-процесом

Для кожної АФЛ в конкретних умовах виробництва існує свій найбільш підходящий тип формувальної машини за процесом Сейтату.

## ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі проведено дослідження сучасних технологій та обладнання, спроектовано плавильне та формувальне відділення цеху чавунного лиття продуктивністю 10000 тон виливків на рік. Виготовлення напівформ здійснюється способом Сейатсу.

Готові виливки проходять обов'язковий контроль. Відпрацьована суміш проходить відповідну обробку і повертається в технологічний процес. Для здійснення всіх операцій технологічного процесу було обрано і розраховано оптимальну кількість обладнання та зроблено планування цеху із зазначенням технологічних потоків обраних відділень.

Технологічна частина випускної роботи присвячена розробці процесу виготовлення виливка «Оправка» з чавуну марки 340XC2 в разову піщано-глинисту форму.

У спеціальній частині детально вивчено сучасний процес виготовлення ливарних форм.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01 В			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Білий Д.В.</i>					<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сайтгареев Л.Н.</i>				MT-22-2		
<i>Затверд.</i>		<i>Бабошко Д. Ю.</i>						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.1. – Бібліогр.:с. – 582.
2. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – Бібліогр.:с. – 380.
3. Пархоменко А.В. Ремонт та експлуатація обладнання ливарного виробництва[Текст]: навч. посібник / А.В.Пархоменко, В.В.Наумик, В.В.Луньов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 260с.
4. Формувальні матеріали [Текст] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р. В. Лютий, І. М. Гурія ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 257 с.
5. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навчальний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальності 136 "Металургія" спеціалізації "Ливарне виробництво" / А.М. Фесенко ; Міністерство освіти і науки України, Донбаська державна машинобудівна академія, Кафедра технологій і обладнання ливарного виробництва. - Краматорськ : ДДМА, 2017. - 112 с.
6. Іванова, Л. Х., Шапран, Л. О. Ливарне виробництво: технологія фасонного литва: навч. посіб. / Л. Х. Іванова, Л. О. Шапран. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 256 с.
7. Виробництво чавуну для виливків [Текст] : навч. посіб. / О. М. Смірнов, В. Л. Жук, А. І. Туяхов. - Донецьк : Норд-Прес, 2010. - 255 с.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01 СВД					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
<i>Розроб.</i>		<i>Білий Д.В.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сайтгарєєв Л.Н.</i>							<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сайтгарєєв Л.Н.</i>						MT-22-2		
<i>Затверд.</i>		<i>Бабошко Д. Ю.</i>								

8. Модифікація структури високолегованих чавунів та нанесення захисних покриттів висококонцентрованими джерелами енергії [Текст] : монографія / [Ю. Г. Чабак та ін.] ; Держ. ВНЗ "Приазов. держ. техн. ун-т". - Луцьк : Вежа-Друк, 2024. - 283 с.
9. Хричиков В.Е., Меньяло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 8с.
10. Сплави на основі заліза : підручник для студентів вищих навчальних закладів : у 2 томах /В.І. Мазур, І.З. Куцова, О.А. Носко, М.А. Ковзель; за загальною редакцією В.І. Мазура; , Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - Київ: Політехніка, 2015. – 272 с.
11. Позапічне рафінування чавуну і сталі: навчальний посібник /О.М. Смірнов, О.М. Зборщик. - Донецьк : Вид-во "Ноулідж", Донецьке відділення, 2012. - 179 с.: іл.
12. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки [Текст] : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк., О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2009. - 198 с.
13. Конструкція і технологія виготовлення ливарних заготовок [Текст] : навч. посіб. / А. С. Аралкін. - Кривий Ріг : Вид. центр КТУ, 2011. - 164 с
14. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.
15. Корицький Г. Г., Маняк М. О., Пасічник С. Ю. Технологія ливарного виробництва: навчальн. посібн. для ВНЗ. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 175 с.
16. Технології виробництва заготовок литтям [Текст] : навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти галузі знань 13 "Механічна інженерія" / Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик ; Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. - 491 с.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01 СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

17. Виробництво виливків [Текст] : підручник / О. Л. Голубенко [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля, Магдебурзький ун-т ім. Отто-фон-Гюріке. - Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. - 328 с.:
18. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва [Текст] : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко ; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. - Київ : Вінченко, 2016. - 223 с.

					КНУ.РБ.136.26.113с-01 СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3