

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 32000 тон
виливків на рік з розвісом лиття до 1000 кг

Виконав студент 3 курсу, групи МТ-22-1ск
напряму підготовки (спеціальності)
136 - Металургія

(шифр і назва)

Стогній О.М.

(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 32000 тон
виливків на рік з розвісом лиття до 1000 кг

Виконав: студент групи МТ-22-1ск

Керівник випускної роботи

Н.контроль

Завідувач кафедри

Стогній О.М.

Скідін І.Е.

Скідін І.Е.

Савельєв С.Г.

Кривий Ріг

2025р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

Зав. кафедрою

Савельєв С.Г.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

1. Тема роботи: Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 32000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 1000 кг.

2. керівник роботи: к.т.н., доцент Сکیدін І.Е.

затверджено наказом по КНУ від «04» 03 2025 р. № 150с

Строк подання роботи студентом « ____ » _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

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

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)

Стогній О. М.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Скідін І.Е.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу бакалавра: «Розробка проекту чавуноливарного цеху потужністю 32000 тон виливків на рік з розвісом лиття до 1000 кг»: сторінок., рисунків, таблиць, літературних джерел.

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

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

2 У технологічній частині пояснюється конструювання виливки, конструювання стрижнів та моделей.

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

ЛИВАРНИЙ ЦЕХ, ВИЛИВКА, ФОРМА, СТРИЖЕНЬ, СТРИЖНЕВА СУМІШ, ОБЛАДНАННЯ, МОДЕЛЬ, ЧАВУН

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.Р			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Реферат	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Стогній О. М.						
Перевірив		Скідін І. Е						
Рецензент		Саїтгареев Л.Н				Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Н.контроль		Скідін І. Е						
Затвердив		Савельєв С.Г.						

[illegible]

ЗМІСТ

Вступ

1 Загальна частина

1.1 Аналіз завдання на дипломний проект

1.1.1 Призначення проектного відділення. Сучасні вимоги до будівель і обладнання ливарного цеху, ділянки

1.2 Призначення і умова роботи деталі

1.2.1 Вибір способу виготовлення виливки

1.3 Вибір і обґрунтування методу виготовлення стрижнів і форм. вибір обладнання

1.4 Технологічний процес та обладнання для приготування стрижневих сумішей

1.5 Виготовлення та контроль якості стрижнів

1.6 Технологічний процес виготовлення ливарної форми

1.6.1 Склад і властивості формувальних сумішей

1.6.2 Технологічний процес і устаткування для приготування формувальних сумішей

1.7 Вибір і обґрунтування вибору плавильного агрегату

1.7.1 Розрахунок шихти

1.8 Баланс металу на річну програму. Коефіцієнт виходу придатного

1.8.1 Технологічний процес плавки і контролю якості металу

1.9 Заливка форм

1.9.1 Фінішні операції виливків. Вибивка виливків з форми

1.9.2 Очищення виливків, відділення літників

1.9.3 Зачистка виливків. Контроль якості виливків

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Стогній О. М.						
Перевірив		Скідін І. Е						
Рецензент		Сайтгареев Л.Н						
Н.контроль		Скідін І. Е						
Затвердив		Савельєв С.Г.				Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		

1.9.4 Термообробка виливків

1.10 Аналіз вихідних даних для проектування

1.11 Вибір технологічного процесу в відділенні і підбір відповідного обладнання

1.12 Розрахунок обсягів виробництва по кожному технологічному потоку і визначення необхідного числа обладнання

1.13 Організація транспортних робіт у відділенні

1.14 Основні проектні рішення щодо компонування цеху і будівельної частини цеху

1.15 Розробка плану розміщення обладнання у відділенні

1.16 Засоби автоматизації, що застосовуються у відділенні

2 Технологічна частина

2.1 Конструювання виливки. Вибір положення виливка у формі при заливці

2.2 Конструювання стрижнів, знаків, зазорів 2.3 Визначення положення відливання у формі при заливці

2.3 Конструювання модельного комплекту

2.3.1 Конструювання моделей. Припуски на механічну обробку, усадку сплавів, формувальні ухили, радіуси галтелей

2.3.2 Конструювання модельних плит

2.3.3 Конструювання стрижневих ящиків

2.4 Проектування ливарного форми

2.4.1 Визначення розмірів опок, кількості виливків у формі

2.4.2 Розрахунок ливнокової системи

2.5 Технологічний процес виготовлення стрижнів

2.5.1 Склад і властивості стрижневих сумішей

2.6 Виготовлення та контроль якості збірки форм

2.6.1 Розрахунок маси вантажу для компенсації підйомної сили металу в формі

3 Спеціальна частина

3.1 Високоміцний чавун з кулястим графітом для виливків

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3.2 Взаємозв'язок хімічного складу, мікроструктури, механічних та ливарних властивостей високоміцного чавуну з кулястим графітом
- 3.3 Марки високоміцного чавуну з кулястим графітом для виливків
- 3.4 Гіпотези про механізм і кінетику сфероїдизації графіту в чавуні
- 3.5 Графітизуючі і сфероїдизуючі модифікатори та засоби їх додатку до рідкого чавуну
- 4 Організаційна частина
- 4.1. Розрахунок показників організаційного плану
- 4.1.1 Розрахунок чисельності працюючих
- 4.1.2 Планування продуктивності праці
- Висновки
- Список використаних джерел

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво України є потужною заготівельною базою для металургії та машинобудування. Жодна галузь промисловості не обходиться без деталей, одержуваних литтям.

Ливарне виробництво - найстаріший спосіб отримання металевих виробів і заготовок для різних галузей промисловості. Литі деталі використовують у машинобудуванні, приладобудуванні, житловому будівництві, а також вони є предметами побуту і культури. Цей спосіб дає змогу отримувати заготовки і деталі з різних сплавів практично будь-якої конфігурації, масою від кількох грамів до сотень тонн. У ливарному виробництві використовується понад 100 технологічних процесів і понад 50 способів лиття. Порівняно з іншими способами виготовлення заготовок (прокатка, кування, зварювання) ливарне виробництво дає змогу одержувати заготовки складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням, хорошими механічними властивостями. Найбільшого розквіту ливарне виробництво досягло в колишньому СРСР. Після розпаду СРСР ливарне виробництво різко скинуло темпи розвитку, знизився випуск литих заготовок. Це пояснюється тим, що знизився попит на трактори, машини, обладнання. Більшість заводів, зокрема ливарного обладнання, залишилися за кордоном. Різко зросли ціни на транспортні послуги, електроресурси, матеріали.

Нині ливарне виробництво знову починає набирати темпи розвитку, збільшується зростання виробництва литих заготовок, з'являються замовлення з-за кордону. У 2002 році було вироблено 6 мільйонів 200 тисяч тонн литва, а в 2006 планується виробити 6 мільйонів 500 тисяч тонн.

Незважаючи на це ливарне виробництво, як і раніше, ставить перед собою такі завдання:

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.Вс			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Вступ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Стогній О. М.						
Перевірів		Скідін І. Е						
Рецензент		Сайтгарєєв Л.Н				Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Н.контроль		Скідін І. Е						
Затвердив		Савельєв С.Г.						

1. забезпечення галузей машинобудування литими заготовками в необхідному обсязі.

2. Прискорення зростання продуктивності праці завдяки впровадженню і створенню нового високопродуктивного устаткування, систем машин комплексної механізації, роботизації, виробничих процесів, застосування ЕОМ.

3. Підвищення якості, надійності, точності, частоти поверхні виливків, отримання литих заготовок з максимально можливим наближенням їхніх розмірів до готової деталі. Велике значення має зниження маси литих заготовок.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.Вс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання на дипломний проект

1.1.1 Призначення проектного відділення. Сучасні вимоги до будівель і обладнання ливарного цеху, дільниці

Проектоване плавильне відділення призначене для отримання рідкого сплаву: чавуну, сталі, кольорових сплавів (алюмінієві і мідні (бронза, латунь)). Для плавки сплавів застосовуються електродугові і індукційні печі, рідше вагранки для плавки чавуну.

В основних напрямках розвитку народного господарства стає завдання поліпшення проектно-кошторисної справи, підвищення відповідальності проектних, конструкторських і наукових організацій за високий технологічний і економічний рівень проектних рішень. Завданням проектних інститутів є створення виробництв і підприємств, які до моменту введення в експлуатацію будуть на рівні світових технічних досягнень.

Для виконання цього завдання проектувальник повинен бути в курсі не тільки передового вітчизняного та зарубіжного досвіду, а й у своєму розпорядженні дані про очікувані досягнення науки, про перспективи розвитку техніки, тобто комплексом науково-технічного прогнозу.

1.2 Призначення і умова роботи деталі

В основному чавунні труби використовують як водонапірні і каналізаційні, тому існує необхідність з'єднувати труби і робити різного роду гілки для потоку рідини за допомогою фасонних частин труб.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив		Стогній О. М.			Загальна частина			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Скідін І. Е								
Рецензент		Саїтгарєєв Л.Н								
Н.контроль		Скідін І. Е						Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Затвердив		Савельєв С.Г.								

Коліно розтрубне УР Ду 300 - це лита сполучна частина, яка приєднується до труби і забезпечує відхилення, зміна напрямку трубопроводу на 90 °.

Сполучні частини з стикових з'єднанням під гумове кільце ущільнювача призначені для роботи в трубопроводах водонапірних систем питного і господарського постачання з допустимим робочим тиском до 1,6 МПа.

Труби, з'єднані фасонними частинами, може піддаватися діаметральні прогини при експлуатації, зберігаючи всі функціональні характеристики, що дозволяє їм витримувати більшу товщину ґрунтового покриття і великі дорожні навантаження.

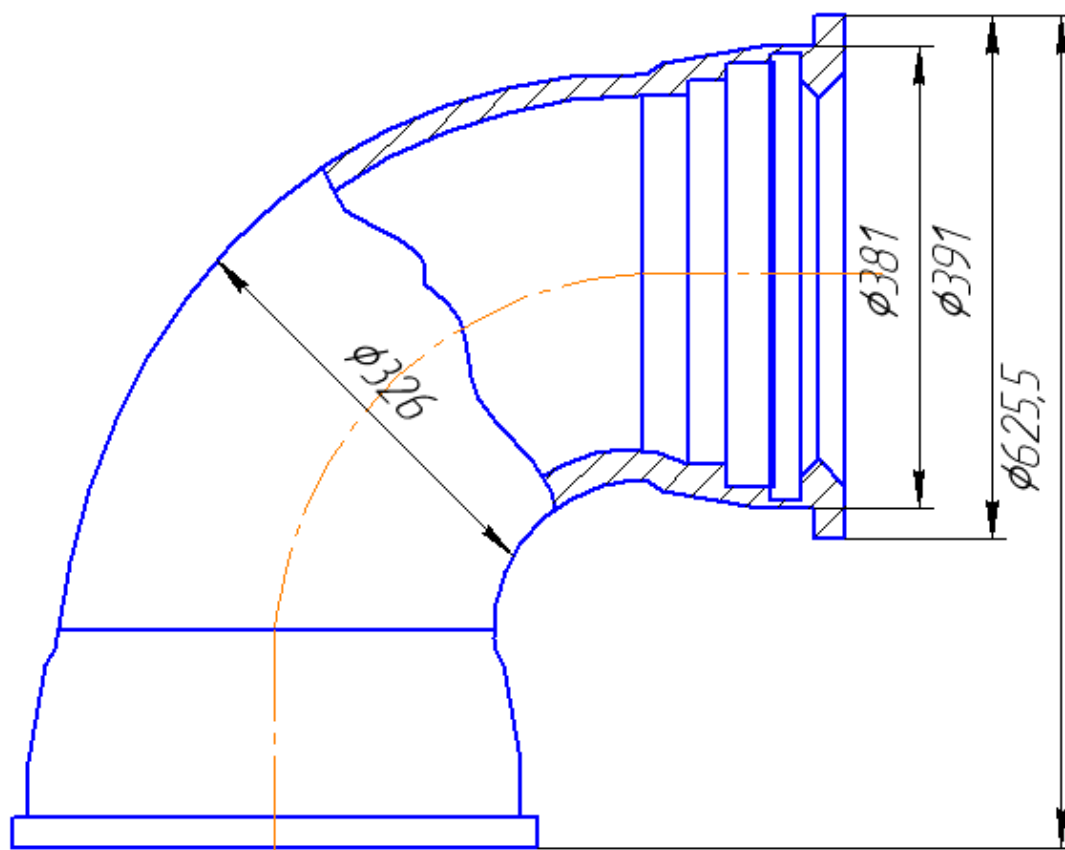


Рисунок 1.1 - Відливка УР300 «Коліно розтрубне»

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Вибір способу виготовлення виливки

При виборі способу виготовленні виливка, в першу чергу беруть до уваги результати попереднього аналізу і технологічності деталі. При цьому, як правило, визначальним фактором є серійність виробництва, рідше - технічні вимоги до виробу, що впливає на вартість форми і модельного оснащення.

У ливарному виробництві застосовуються такі види лиття:

1. Литво в разові піщано-глинисті форми - 80%
2. кокільного лиття - 10.9%
3. Відцентрове лиття - 6,7%
4. лиття під тиском - 1,6%
5. Лиття по виплавлюваних моделях - 0,5%
6. Лиття в оболонкові форми - 0,25%

У дипломному проекті приймаємо спосіб отримання виливки в формах з холодно твердіючих сумішей

1.3 Вибір і обґрунтування методу виготовлення стрижнів і форм. вибір обладнання

Машинна формування може застосовуватися при будь-якому виді виробництва: при масовому серійному і одиничному.

У порівнянні з ручною формуванням машинна формування має величезні переваги, полягає в наступному:

- В механізації ущільнення сумішей і виїмки моделі;
- У застосуванні праці нижчої кваліфікації;
- В отриманні високої продуктивності;
- В отриманні форм з високою міцністю і хорошою газопроникністю;
- В отриманні виливків більш точних за розмірами

Машинним способом виготовляють форми на ливарному конвеєрі, де в основному всі операції механізовані, але велика ще частка ручної праці. Такі

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операції, як кантовка полуформ низу, установка стрижнів, складання форм вимагає великих фізичних витрат формувальника.

В даний час широко застосовуються автоматичні формувальні лінії, де всі операції здійснюються без участі ручної праці.

Тому в дипломному проекті пропоную виготовити ливарну форму на автоматичної формувальної лінії ІФЛ-70С.

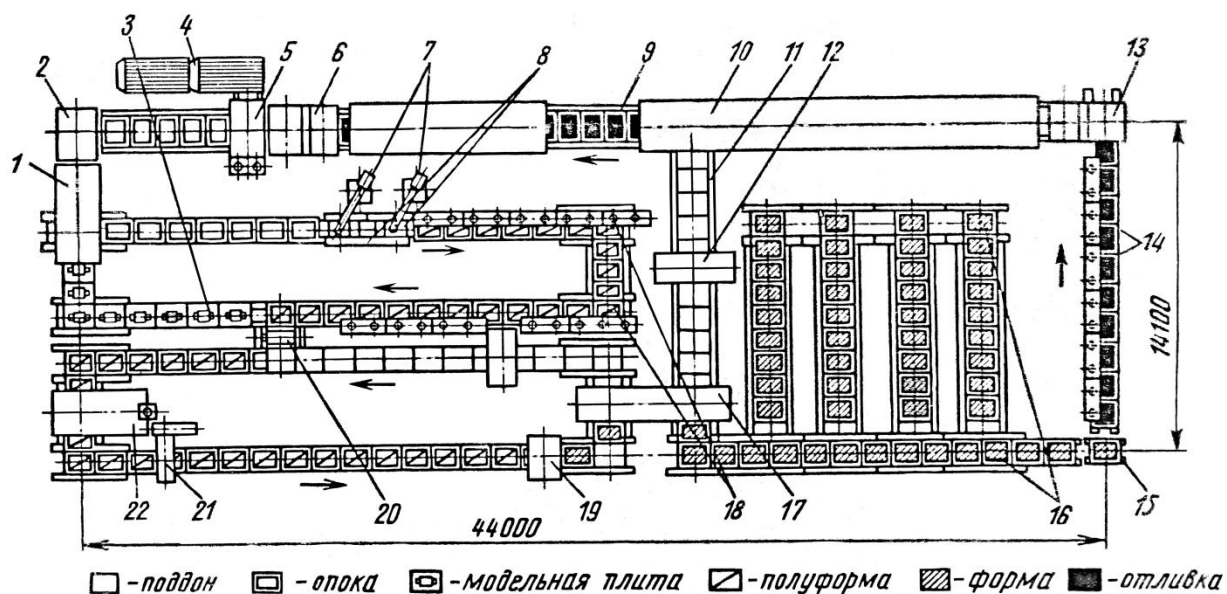


Рисунок 1.2 – Комплексно- механізована лінія формування ІФЛ- 70С:

1 перестановщик опок; 2 подъемно-поворотный стіл; 3 транспортный рольганг; 4 Вибивні ґрати; 5 механізм видавлювання кома; 6 приймальний стіл; 7- змішувач; 8- вібростіл; 9- гілка піддонів охолодження; 10 охолоджувальний кожух; 11- рольганг повернення; 12- механізм очищення; 13- стіл передачі форм; 14- вентиляційну віддушину; 15- поворотний стіл; 16,18- передавальний стіл; 17- перестановщик форм; 19- складальник форм; 20 поворотно-витяжна машина; 21- сушило; 22- камера фарбування

При виготовленні стрижнів, так само як і при виготовленні форм необхідно враховувати характер виробництва. В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва стрижні часто виготовляють ручним способом за стрижневими ящиками та шаблонами.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У масовому і великосерійному виробництві стрижні виготовляють на піскодувних, піскострельних, струшуючих, вибропресовій, пресових, піскометних і мундштучних машинах, які встановлюються на автоматичні лінії для виробництва стрижнів.

В даний час в масовому виробництві автоматичні лінії знаходять широке застосування, так як вони дають можливість повніше і краще реалізувати прогресивні технологічні процеси холодного і гарячого твердіння.

У зв'язку з тим, що проектувана виливок виготовляється в масовому виробництві відповідно і стрижні слід виготовляти на автоматичних стрижневих лініях. У дипломному проекті приймаємо автоматичну стрижневу лінію моделі Л16Х (Рисунок 1.3.2).

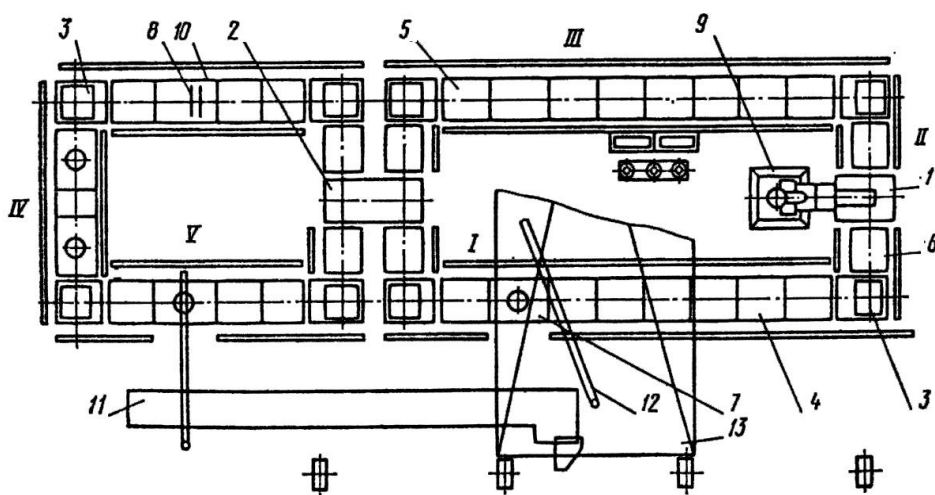


Рисунок 1.3 - Автоматична стрижнева лінія моделі Л16Х:

- 1 - вібростіл; 2 - поворотно-витяжна Машина; 3 - кутовий стіл;
- 4, 5, 7 - рольганг; 6 - передавальний рольганг; 8 - щітки; 9 - змішувач;
- 10 - рольганг камери очищення; 11 - стрічковий транспортер;
- 12 - консольно-поворотний кран;
- 13 - мостовий однобалочний кран.

1.4 Технологічний процес та обладнання для приготування стрижневих сумішей

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення стрижнів з холодно твердіє суміші (ХТС) в дипломному проекті приймаємо лопатевий (шнековий) змішувач моделі 4727. (Рисунок 1.4.1).

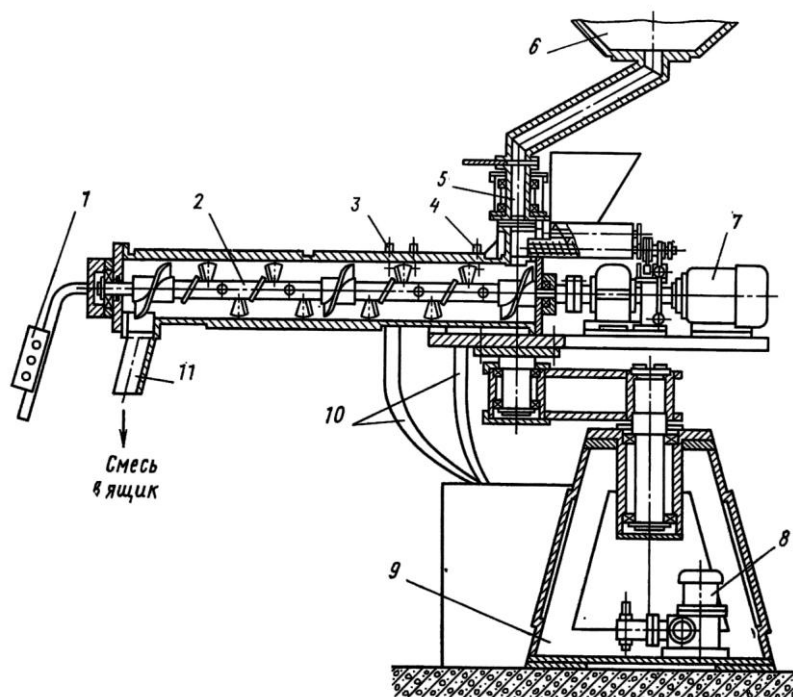


Рисунок 1.4 - Лопатевий (шнековий) змішувач моделі 4727

1.5 Виготовлення та контроль якості стрижнів

Виготовлення стрижня проводиться шляхом заповнення стрижневий ХТС з подальшим її ущільненням.

Перш за все, оглянути стрижневий ящик, переконатися в його справності. Очистити робочі поверхні від залишків стрижневий суміші і протерти їх роздільним складом для кращого відділення готового стрижня зі стінок ящика.

Після включення електродвигуна транспортних засобів лінії, стрижневий ящик з проміжного рольганга (див. схему автоматизованої лінії Л16Х п. 2.2) переміщується на рольганг вібростіл. Встановити головку змішувача над стрижневим ящиком. Заповнити стрижневий сумішню весь обсяг ящика,

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включити вібростіл для її ущільнення. Після ущільнення зчистити надлишки стрижневий суміші з площини набивання ящика.

Стрижневий ящик з ущільненої сумішшю транспортується для установки на поворотно-витяжну машину, де його накривають сушильної плитою і кантують з метою вилучення стрижня.

Після вилучення стрижня стрижневий ящик за допомогою транспортних засобів знову передається на вібростіл.

Стрижень на сушильній плиті переміщається по рольганги на ділянку, де проводиться з'їм його для передачі на збірку або на ділянку зберігання, а плита продовжує рух по рольгангу, потрапляючи в камеру очищення сушильних плит.

Після камери очищення сушильна плита надходить на передавальний стіл і далі на поворотно-витяжну машину.

Готові стрижні оглядають, зачищають задирки, при виявленні пошкоджень (вм'ятини, відколи) виправляють дефекти ремонтним складом. При зберіганні не допускається попадання на стрижні вологи. Термін зберігання стрижнів не обмежений. [6]

1.6 Технологічний процес виготовлення ливарної форми

1.6.1 Склад і властивості формувальних сумішей

Формувальні суміші поділяють за характером на Єдині Використання, облицювальні, наповнювальні; станом форми перед заливанням - на суміші для форм заливаються в сирому стані, і суміші для форм, що заливаються в сухому стані; в залежності від класу застосовуваного піску - на природні і синтетичні.

Продуктивність, надійність роботи, якість виливків, одержуваних на автоматичних формувальних лініях, залежать від технологічних властивостей формувальної суміші і їх стабільності. На відміну від машинного формування автоматичні формувальні лінії мають високу продуктивність, тому кратність використання суміші в одиницю часу різко зростає: суміш працює в більш інтенсивному, напруженому режимі. Все це обумовлює необхідність

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання при автоматичній формуванні сумішей з високими і стабільними технологічними властивостями: плинністю, міцністю, газопроницаемостью. Склад і властивості суміші застосовуваної для виготовлення виливки УР 300 приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Склад і властивості холодно твердіє суміш

СУМІШ	Товщина стінок виливків, мм	Масова частка компонентів, %			Характеристика суміші		
		Пісок	Сполучні	Каталізатор	Живучість	Час затвердіння	Міцність на стиск, кПа
					хв.		
Єдина	25	97,3-97,2	1,9-2,0 Бс-40	0,8 ОК	3	10	(800-1100)/ (1200-1500)

1.6.2 Технологічний процес і устаткування для приготування формувальних сумішей

Автоматизація приготування і транспортування формувальної суміші має першорядне економічне значення, а також покращує умови праці і забезпечує необхідне високу якість суміші.

У дипломному проекті виготовлення формувальної суміші виробляється на лопастном (шнековом) змішувачі моделі 4727 (Рісунк1.3)

1.7. Вибір і обґрунтування вибору плавильного агрегату

У ливарному виробництві ливарний чавун плавлять в вагранках індуктивних і дугових печах. Основним і найпоширенішим плавильним агрегатом є коксовий вагранка.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Високоміцний чавун отримати в вагранці вельми важко. Такий чавун виплавляють в дугових і індукційних печах

У дипломному проєкті для плавки чавуну ВЧ35 приймаємо електродугову піч з кислою футеровкою з робочим об'ємом 6т. (Рисунок 1.6).

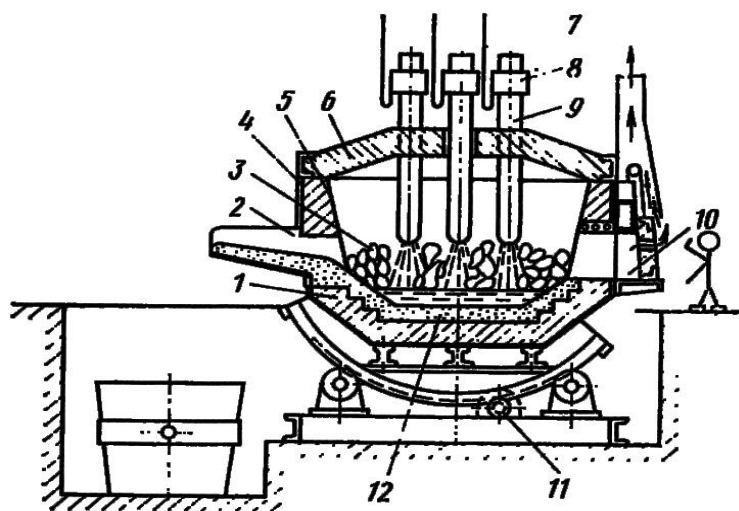


Рисунок 1.5 - Електродугова піч для плавки чавуну: 1 - футерування; 2 - жолоб; 3 - металева шихта; 4 - кожух; 5 - стінка; 6 - звід; 7 - кабель 8 - електротримач; 9 - електроди; 10 - робоче вікно; 11 - механізм нахилу печі; 12 – падіна

Електродугові печі в ливарних цехах застосовують як самостійний плавильний агрегат і при дуплекс-процесі (вагранка плюс електропіч).

Електродугові печі використовують для плавки чавуну, призначеного для виготовлення виливків відповідального призначення, особливо тонкостінних і складної конфігурації; легованих чавунів, а також модифікованого високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Плавку можна вести на твердій або рідкій завалці. Електродугові печі працюють на змінному струмі 12500 А, робоча напруга 105 - 130 Вт, 1500 місткість - 5000 кг. і більше до 45 тонн. Електродугові печі працюють з основною і кислою футеровкою. Найбільш часто застосовують печі з кислою футеровкою. У печах велика стійкість футеровки, нижче її вартість, менше питома витрата електроенергії, електродів і тривалість плавки.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7.1 Розрахунок шихти

До складу шихти для виплавки чавуну в індукційної тигельної печі входять наступні компоненти: ливарний чушковий чавун Л1 і Л2, повернення власного виробництва, також лом чавунний СЧ20 і СЧ30. При плавці чавуну до шихти ставляться такі вимоги: шматки чавунного і сталевих брухту повинні бути розміром приблизно 250х250х100 мм, а їх маса в межах 1-35 кг.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад високоміцного чавуну ВЧ35 ГОСТ 7293-85

Хімічний елемент	Вміст у металі, %
C	3,3 – 3,8
Si	1,9 – 2,9
Mn	0,2 – 0,6
P	≤ 0,1
S	≤ 0,02

Існує кілька методів розрахунку шихти: розрахунок методом підбору, розрахунок шихти аналітичним методом і графічний метод розрахунку.

У дипломному проекті розрахунок шихти ведеться методом підбору.

Таблиця 1.3 - Склад вихідних шихтових матеріалів

Найменування	C	Si	Mn	P	S
1.Чугун ПЛ1	3,8	3,5	0,7	0,001	0,01
2.Чугун ПЛ2	4,0	2,8	0,7	0,002	0,01
3.Возврат власного виробництва	3,8	1,9	0,5	0,002	0,1
4.Лом чавунний (СЧ20)	3,5	2,0	1,0	0,03	0,1
5.Лом чавунний (СЧ 30)	3,2	1,0	1,0	0,01	0,1
6.Лом сталевий	0,7	0,3	0,6	0,05	0,05

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує кілька методів розрахунку шихти: розрахунок методом підбору, розрахунок шихти аналітичним методом і графічний метод розрахунку.

У дипломному проекті розрахунок шихти ведеться методом підбору

Таблиця 1.4 - Розрахунок шихти

Найменування	кг	%	C	Si	Mn	S	P
чавун ПЛ1	10	10	$3,8 \times 0,1 = 0,380$	$3,5 \times 0,1 = 0,350$	$0,7 \times 0,1 = 0,070$	$0,001 \times 0,01 = 0,0001$	$0,01 \times 0,1 = 0,001$
чавун ПЛ2	15	15	$4,0 \times 0,15 = 0,600$	$2,8 \times 0,15 = 0,420$	$0,7 \times 0,15 = 0,105$	$0,002 \times 0,15 = 0,0003$	$0,01 \times 0,15 = 0,0015$
Повернення власного виробництва	41	41	$3,8 \times 0,41 = 1,558$	$1,9 \times 0,41 = 0,779$	$0,5 \times 0,41 = 0,205$	$0,002 \times 0,41 = 0,0008$	$0,1 \times 0,41 = 0,041$
Лом чавунний (СЧ 20)	12	12	$3,5 \times 0,12 = 0,42$	$2,0 \times 0,12 = 0,264$	$1,0 \times 0,12 = 0,12$	$0,03 \times 0,12 = 0,0036$	$0,1 \times 0,12 = 0,012$
Лом чавунний (СЧ30)	12	12	$3,2 \times 0,12 = 0,384$	$1,0 \times 0,12 = 0,12$	$1,0 \times 0,12 = 0,12$	$0,01 \times 0,12 = 0,0012$	$0,1 \times 0,12 = 0,012$
лом сталевий	10	10	$0,7 \times 0,10 = 0,07$	$0,3 \times 0,10 = 0,03$	$0,6 \times 0,10 = 0,06$	$0,05 \times 0,10 = 0,005$	$0,05 \times 0,10 = 0,005$
Разом шихти	100	100	3,412	1,963	0,68	0,011	0,0725
Чад: C – 3-5%; Si – 5-10%; Mn – 10-15%; S – +20%.			- 0,099	- 0,196	- 0,102	+0,0022	
Разом метали	100	100	3,313	1,767	0,578	0,013	0,0725

кремнію не вистачає

$2,0 - 1,767 = 0,233$ кг.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Його недолік заповнимо введенням 1кг. феросиліцію. вносить FeSi 0,08 кг кремнію. З урахуванням чаду в метал потрапить:

1 кг - 0,08 кг

X кг – 0,233 кг

$X = 1 \times 0,233/0,08 = 2,912 \text{ кг FeSi.}$

1.8 Баланс металу на річну програму. Коефіцієнт виходу придатного

Баланс металу включає в себе статті витрат і статті приходу. Статті витрат включають в себе: придатне лиття (річна програма); літники; 25 прибутку - 40%; брак ливарний 3 - 10%; скрап-3 сливи - 5%. Чад і безоплатні втрати 3 - 6%.

Таблиця 1.5 - Баланс металу на річну програму

Витрата	тонн	%	Прихід	тонн	%
Придатне лиття	32000	53	Чувун ПЛ1	6037,735	10
Литники, прибутку	10320,754	32	Чувун ПЛ2	9056,603	15
Ливарний брак	3018,868	5	Повернення	24754,716	41
Скрап - сливи	2415,094	4	Лом чувунний (СЧ20)	7245,283	12
Разом рідкого металу	59754,716	94	Лом чувунний (СЧ30)	7247,283	12
Чад, втрати	3622,641	6	Лом сталевий	6037,735	10
Разом металозавалка	60377,358	100	Разом металозавалка	60377,358	100

Визначаємо коефіцієнт виходу придатного литва:

$\text{КВГ} = 94 - (32 + 5 + 4) = 53\%;$

Визначаємо статті витрат:

1. Визначаємо масу металозавалки на річну програму:

32000 т. - 53%

Xт. - 100%

$X = 32000 \times 100/53 = 60377,358 \text{ т.};$

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Визначаємо кількість металозавалки пішла на ливникову систему:

60377,358 т. - 100%

Хл.с.т - 32%

$$X = 60377.358 \times 0,32 = 19320,754 \text{ т.};$$

3. Визначаємо кількість металозавалки пішла на ливарний брак:

60377,358 т. - 100%

Хл.б.т. - 5%

$$X = 60377.358 \times 0,05 = 3018,868 \text{ т.};$$

4. Визначаємо кількість металозавалки пішла на срап-зливи:

60377,358 т. - 100%

Хс.с.т. - 4%

$$X = 60377.358 \times 0,04 = 2415,094 \text{ т.};$$

5. Визначаємо кількість рідкого металу:

60377,358 т. - 100%

Хж.т. - 94%

$$X = 60377.358 \times 0,94 = 59754,716 \text{ т.};$$

6. Визначаємо кількість металозавалки пішла на угар:

60377,358 т. - 100%

Ху.т. - 6%

$$X = 60377.358 \times 0,06 = 3622,641 \text{ т.};$$

Визначаємо статті приходу:

1. Визначаємо кількість чавуну Л1 і сталевого брухту, необхідного на
Металозавалка:

60377,358 т. - 100%

Хл1.С.т. - 10%

$$X = 60377.358 \times 0,10 = 6037,735 \text{ т.};$$

2. Визначаємо кількість чавуну Л2 необхідного на металозавалка:

60377,358 т. - 100%

Хл2.т. - 15%

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X = 60377.358 \times 0,15 = 9056,603 \text{ т.};$$

3. Визначаємо кількість повернення власного виробництва, необхідного на металозавалка:

$$60377,358 \text{ т.} - 100\%$$

$$X_{\text{в.т.}} - 41\%$$

$$X = 60377,358 \times 0,41 = 24754,716 \text{ т.};$$

4. Визначаємо кількість чавунного брухту, необхідного на металозавалка:

$$60377,358 \text{ т.} - 100\%$$

$$X_{\text{ч.л.т.}} - 12\%$$

$$X = 60377,358 \times 0,12 = 7245,283 \text{ т.};$$

Результати розрахунку занесені в таблицю 7.

1.8.1 Технологічний процес плавки і контролю якості металу

При пуску піч включають на "зірку", п'ять хвилин до стійкого контакту електродів з шихтою.

У період плавлення чавуну піч перемикають на "трикутник" плавку ведуть на максимальній потужності печі під шаром шлаку.

Після розплавлення нагрівають ванну, видаляють шлак, на поверхню ванни насипають навугледьовувач (електродний бій) шматками не більше 50 мм. і метал ретельно перемішують. Після закінчення навугледьовування в ванну вводять в шматках феросиліцій і феромарганець, чавун нагрівають до необхідної температури і випускають.

Витрата навугледьовувача становить 5 - 10% маси брухту і залежить від ступеня засвоєння вуглецю. З підвищенням основності шлаку, температури металу при перемішуванні ванни ступінь навугледьовування чавуну збільшується. При переплавки чавуну в завалку додають 0,3 - 0,4% навугледьовувача для компенсації невеликого чаду в період плавлення.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чавун переплавляють під кислим або основним карбідному шлаком. Кислий шлак складається з 80% SiO_2 і 20% CaO , карбідний з 60% CaO , 25% CaF_2 і 15% меленого коксу.

Коригування хімічного складу рідкого чавуну виробляється введенням феросплавів, графітового порошку, сталевого брухту. Для зниження зміст сірки в рідкому чавуні (д.б.н. $<0,012\%$) виробляють процес десульфурації на установці модифікування чавуну (введенням кускового магнію або магнієвого дроту) в ковші ємністю сім тонн. Знову злити метал в піч.

1.9 Заливка форм

З метою зниження трудомісткості заливки, зниження частки ручної праці, звільнення заливальника від теплового навантаження в дипломному проекті пропонується заливку виробляти двохпозиційної заливальної машиною.

Двохпозиційна заливальна машина (16 рисунок) має 1, Підстава на якому встановлена тумба 4 з колоною 5, захищений кожухом 6, і гідроциліндром повороту касети 19. На колоні монтується поворотна рама 7, до неї кріпляться консолі 8. На осях консолей повертаються касети 12 з встановленими на них ковшами 11, до касет прикріплені сектори 13. в петлі сектора зачален трос 9, який огинає сектор і блок 10 і кріпиться до рами. Блоки встановлені на підйомних штангах 14. Рама обертається на вертикальній осі 15, що спирається на опорний підшипник 17 тумби 4. При ході вгору гідроциліндра заливки його шток піднімає штангу з блоком. Останній витягує трос, і внаслідок цього касета з ковшем повертається.

Точність установки машини щодо форми регулюється болтами 2, 3, 16, 18.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

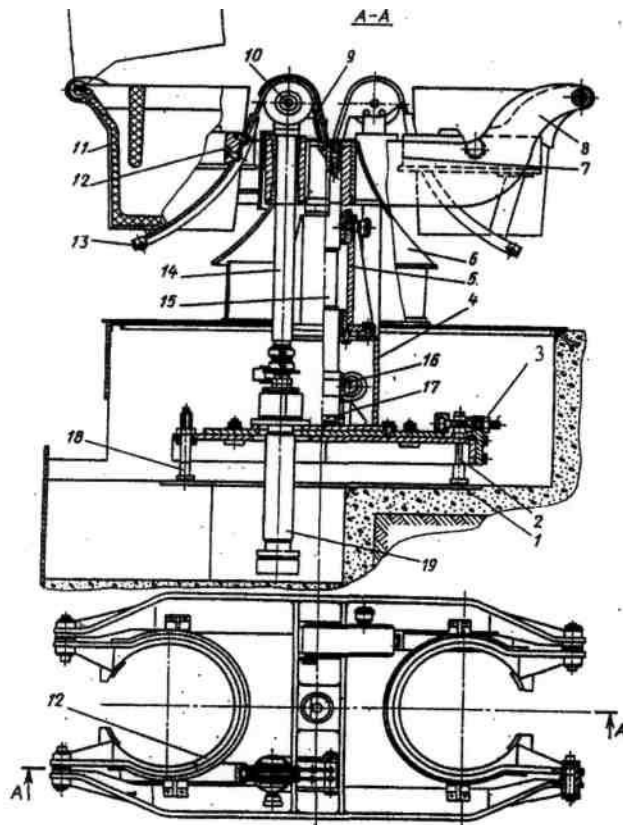


Рисунок 1.6 - Схема двохпозиційної заливальної машини

1.9 Фінішні операції виливків. Вибивка виливків з форми

У дипломному проекті вибивання виливків здійснюється за допомогою прошивного преса (1.7 Рисунок).

Робота преса відбувається наступним чином залита форма 2 по рольгангових конвеєру рухається до пресової колодки 1, тут прес вибиває виливок разом із землею з опоки. Виливок 4 разом з землею 7 падає вниз на вібраційну скрізь-решку 3, виливок 4 скочується по решітці на пластинчастий 5 транспортер, горіла земля 7 прокидається крізь ґрати 3 і падає на транспортер 6, на кінці транспортера встановлений шків з вбудованим електромагнітом, який притягує металеві включення, горіла земля потрапляє в елеватор 9, і піднімається на верх. Металеві включення під дією ваги падають в короб 1.10.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

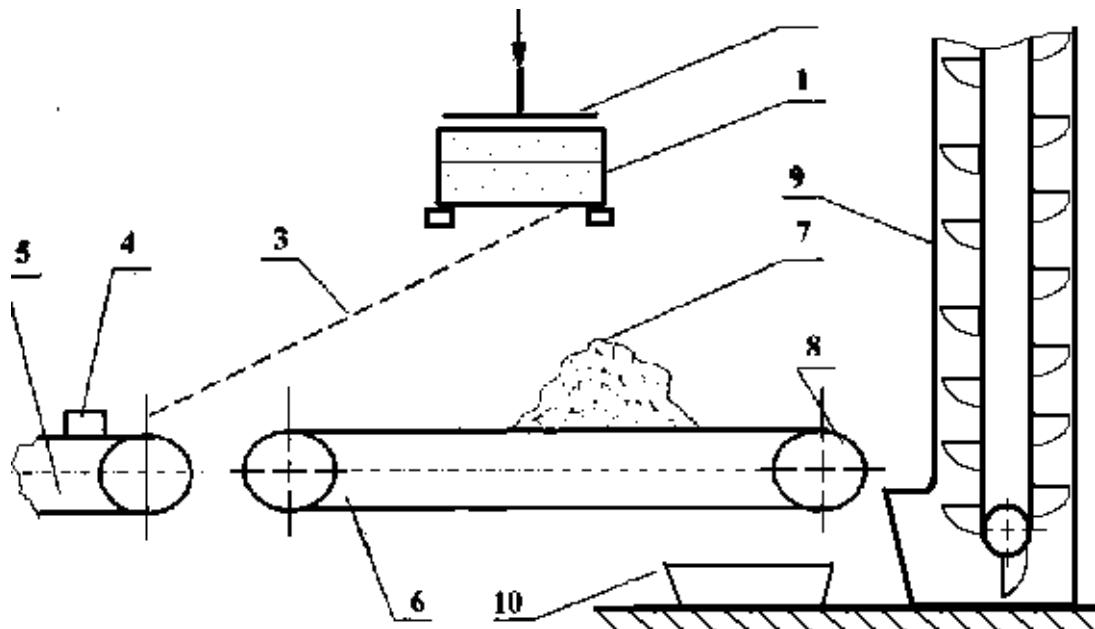


Рисунок 1.7 - Схема вибивання відливок: 1 - форма; 2 - пресо́ва коло́дка, 3 - реші́тка-скрі́зь; 4 - ви́ливоч; 5 - пласти́нчастий транспортер; 6 - стрі́чковий транспортер; 7 - горі́ла зе́мля, металеві вклю́чення; 8 - шкі́в з електромагні́том; 9 - е́леватор; 10 – ко́роб

1.9.3 Зачистка виливків. Контроль якості виливків

Робота по зачистці виливків займає багато фізичної праці, виділяється багато абразивної і металевого пилу.

В даний час застосовуються автоматизовані лінії для зачистки виливків, в яких зачищають виливки об'єднуються на групи по розташуванню мість „ конфігурації розмірами. При цьому виключається викид пилу, різко знижується шум і підвищується продуктивність праці.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч

Арк.

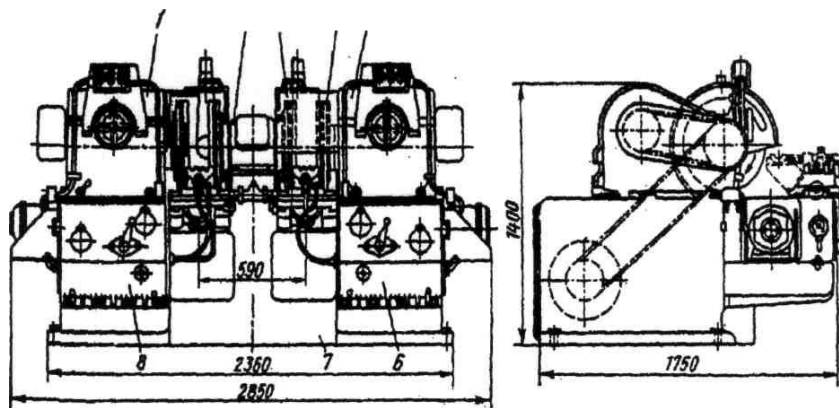


Рисунок 1.9 - Напівавтомат для копіювально-шліфувальної обробки виливків: 1, 2, 5 - шліфувальні головки; 3 - супорт затиску 4 - супорт подачі; 6,8 - коробки гідроприводу; 7 - станина з приводом

Після зачистки кожна виливок піддається візуальному контролю, перевіряється на наявність неприпустимих дефектів. Контроль герметичності виливків виробляється шляхом гідро- і пневмовипробувань кожного виробу. Контроль механічних властивостей і твердості проводиться на зразках відлитих від кожної плавки.

1.9.4 Термообробка виливків

Для виливки УР300 виконаної з високоміцного чавуну з кулястим графітом (ВЧ35) виробляють низькотемпературний відпал (Рисунок 1.10), який зменшує внутрішні напруги в литві. Виливки відпалюють при температурі 550 - 650 ° С. Витяг виливків становить від 3 до 10 годин

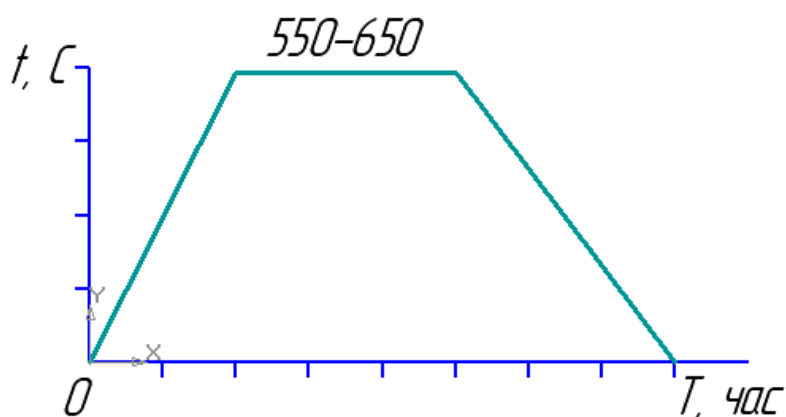


Рисунок 1.10 - Графік низькотемпературного відпалу ВЧ35

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль якості починається з вхідного контролю матеріалів і комплектуючих виробів, що надходять на завод. У ливарних цехах вихідному контролю піддають все шихтові і формувальні матеріали. Металеві матеріали контролюють на вміст основних елементів і домішок, визначають наявність в них неметалічних включень; формувальні піски контролюють по вологості і зерновим складом. Відповідно до технічних умов перевіряють відповідність властивостей глини, сполучних, добавок для формувальних і стрижневих сумішей.

Для контролю високоміцного чавуну заливають клинову технологічну пробу на відбіл. Злам перевіряють візуально. Чавун контролюють на форму кулястого графіту, співвідношення перлитної і ферритної складових. Для цього проводять аналіз мікроструктури, для чого з кожного ковша беруть пробу. Контроль температури чавуну в ковшах, відбір проб на хімічний аналіз, структуру, злам, механічні властивості виконує контролер, який фіксує результати в журналі.

При прийманні виливків застосовують два види контролю: суцільний і вибірковий. Якщо при вибіркового контролі хоча б на одній відливання виявлений критичний дефект (раковина, тріщина, неметалеві включення), то всю партію піддають суцільному контролю.

1.10 Аналіз вихідних даних для проектування

Основними вихідними даними для проектування плавильного відділення чавуноливарного цеху є:

- Річна програма - 32000 т / рік;
- Марка сплаву - ВЧ35;
- Характер виробництва - багатосерійне;

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи вихідні дані, з огляду на що, обсяг виробництва відноситься до ливарному цеху середньої потужності необхідно прийняти паралельний режим роботи, коли всі операції проводяться на всіх виробничих площах цеху.

Прийнятий характер виробництва характеризується:

- постійної номенклатурою виливків;
- закріпленням за кожним робочим строго певної кількості деталі операцій або окремої частини операцій;
- розташування робочих місць строго по ходу технологічного процесу;
- застосування спеціального і спеціалізованого обладнання і технологічного оснащення;
- Застосування меж операційного транспорту.

Плавильне відділення чавуноливарного цеху повинно відрізнятися високим ступенем автоматизації та механізації виробничих процесів, використанням сучасного високопродуктивного обладнання, використанням мінімального фізичного праці працюючих, хорошими умовами праці, робочих місць, відповідних санітарним нормам.

У проекті прийнятий 2-х змінний режим роботи. Дійсний фонд часу 3763 годин.

1.11 Вибір технологічного процесу в відділенні і підбір відповідного обладнання

У сучасних ливарних цехах всі технологічні процеси (формування, заливка, вибивання) виконуються одночасно, але на різних майданчиках.

Основним завданням плавильного відділення є отримання рідкого металу. У ливарному виробництві для плавки металу застосовують паливні та електричні печі.

Найбільш поширеною плавкою в паливних печах є вагранковий плавці, але останнім часом плавка металу в вагранке не застосовується, так як вид отримання рідкого металу не відповідає нормам екології. В останні роки

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільшого поширення набули електропечі, до яких відносяться дугові і індукційні печі.

Одержання теплоти тепловим потоком при плавці обумовлюють деякі соціально-економічні проблеми, на успішне вирішення яких впливає тип процесу і виробництва.

Вибір обладнання обумовлюється його металургійними можливостями забезпечити задану кількість металу, що виплавляється і наявністю в регіоні, де проводиться плавка потрібних шихтових матеріалів і енергетичних ресурсів, умовами праці обслуговуючого персоналу, дотриманням норм захисту навколишнього середовища від газовиділень і відходів плавки сплавів, ефективністю виробництва сплаву на обраному обладнанні.

У дипломному проекті для плавки чавуну пропонується застосувати плавку в дугового електричної печі ДСП-6.

1.12 Розрахунок обсягів виробництва по кожному технологічному потоку і визначення необхідного числа обладнання

Розрахунок плавильних агрегатів залежить від продуктивності печі, маси поставляється металу, роботи ливарного конвеєра.

Розрахунок кількості дугових печей ведеться за формулою:

$$C_{\text{рас}} = Q_{\text{м}} \times t / V_{\text{пл}} \times T_{\text{г.}}, \text{ де}$$

$Q_{\text{м}}$ - маса металозавалки на річну програму, т.

t - тривалість плавки, годину.

$V_{\text{пл}}$ - металоемність плавильного агрегату, т.

$T_{\text{г}}$ - дійсний річний фонд часу роботи плавильного агрегату, т.

$$C_{\text{рас}} = 60377.358 \times 2,1 / 6 \times 3890 = 5,43 \text{ шт.}$$

У дипломному проекті приймаю 6 дугових електричних печей номінальною ємністю 6 т.

Визначаємо коефіцієнт завантаження устаткування:

$$K_3 = C_{\text{рас}} / n = 5,43 / 6 = 0,9.$$

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.13 Організація транспортних робіт у відділенні

Перевага віддається кранового обслуговування. Механізовані крани, Міжцехові перевезення вантажів ливарного виробництва виконують автотранспортом і самохідними електро- і автокари, тягачами, електронавантажувачами.

У дипломному проекті для транспортування вантажів застосовую мостові крани.

1.14 Основні проектні рішення щодо компонування цеху і будівельної частини цеху

Для ливарного цеху будівлю проектують каркасного типу. Несучий каркас складається з колон, які встановлюються на фундаменті і пов'язаних балками і формами. Крок колони по зовнішніх стінах - 6000 мм, всередині будівлі - 12000 мм. Колони мають зазвичай прямокутний перетин з розмірами 400 × 400 мм для безкранових прольотів і 600 × 800 мм для кранових прольотів.

Стіни будівлі виконуються з керамзитових панелей. Покрівлю будинку в проекті пропонується виконувати з збірних залізобетонних плит штампованого настилу.

Всі проектні рішення повинні бути виконані з урахуванням будівельних правил і норм.

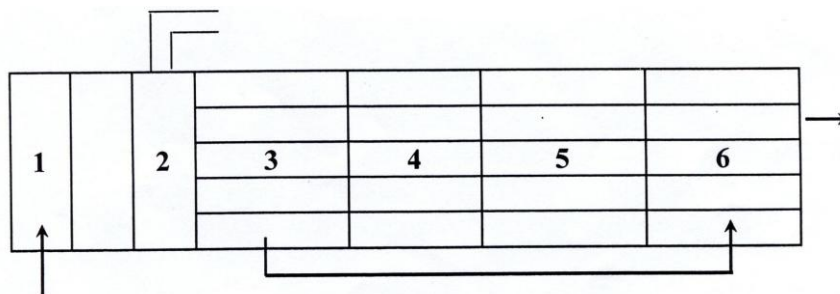


Рисунок 1.11 - Технологічна схема ливарного цеху: 1 - склад шихти; 2 - плавильний відділення; 3 - формувальне відділення; 4 - з виготовлення сумішей відділення; 5 - стрижневе відділення; 6 - обрубних відділення

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.15 Розробка плану розміщення обладнання у відділенні

Основні розміри приміщень плавильного відділення визначаються розміщенням основного плавильного обладнання.

З огляду на габаритні розміри плавильного обладнання, їх кількість, а також прийнятий крок колон, ширину проїзду транспорту в дипломному проекті пропонується все обладнання розмістити в корпусі розміром: 84х48 м. Розрахунок проводиться по плануванню. Загальна площа плавильного відділення складе:

$$S_{\text{заг}} = 84 \times 48 = 4032 \text{ м}^2$$

$$\text{Виробнича площа: } S_{\text{пр}} = 84 \times 18 = 1512 \text{ м}^2$$

$$\text{Площа складських приміщень: } S_{\text{скл}} = 84 \times 18 = 1512 \text{ м}^2$$

$$\text{Допоміжна площа: } S_{\text{доп}} = 84 \times 12 = 1008 \text{ м}^2$$

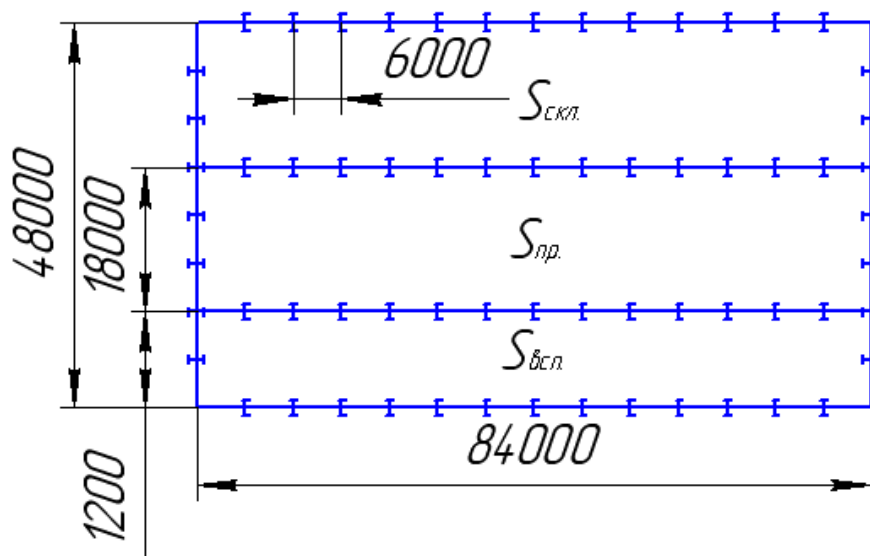


Рисунок 1.12 - До розробки планування відділення

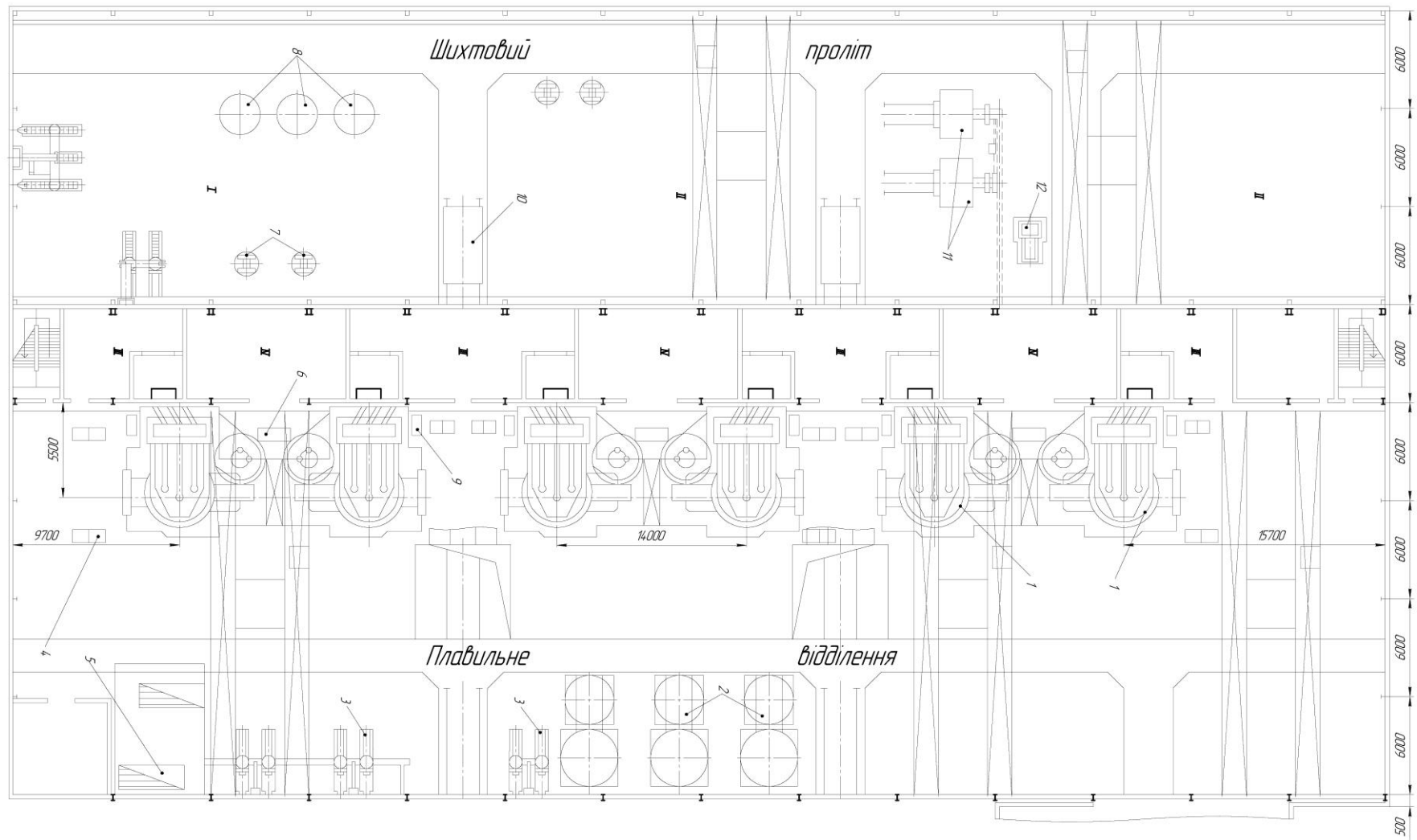
1.16 Засоби автоматизації, що застосовуються у відділенні

Під автоматизацією виробництва розуміють управління технологічним процесом за допомогою ЕОМ, регуляторів, датчиків і ін. пристосувань, що дозволяють звільнити працюючого від шкідливого впливу на людину

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несприятливого середовища ділянки, обладнання, підвищити якість виконуваних операцій і продуктивність праці, знизити трудомісткість отримання рідкого металу. Плавилисьні печі ДСП-6 - автоматичне, тобто всі процеси приготування рідкого металу повністю автоматизовані. Управління печами відбувається з пульта управління печами оператором - плавилисьником.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.3Ч	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



						КНУРБ.136.25.150с-11		
						Планування		
						плавильного відділення		
						Лист	Рис.	Масштаб
						1	1	1:120
						Арк.	Арш.	Т.
						109		
						111-В		
						до МТ-22-8к		
						Формат А1		
						Комодов		

[illegible]

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання виливки. Вибір положення виливка у формі при заливці

Становище виливки у формі і роз'єм форми повинні забезпечувати високу якість виливки, мінімальні витрати на її виготовлення і на механічну обробку, мінімальний витрата металу і можливість застосування механізації і автоматизації технологічного процесу.

При визначенні положення виливка у формі потрібно керуватися декількома правилами:

- при підвищеній схильності чавуну до утворення усадочних раковин слід виливки розташовувати так, щоб масивні частини були зверху і збоку по роз'єму, що дозволяє зручно встановлювати прибутку;
- найбільш відповідальні частини виливків слід розташовувати в нижній частині форми або, в крайньому випадку, вертикально, що зменшує дефекти по неметалевих включень, усадочним і газовим раковин;
- при підводі металу по роз'єму форми горизонтальні тонкі стінки виливки слід розташовувати в нижній частині форми, що забезпечує краще заповнення форми та усуває недолив і спай;
- відливку необхідно розташовувати так, щоб забезпечити спокійне заповнення форми, що виключає руйнування струменем металу окремих ділянок форми і стрижнів;
- для усунення освіти газових раковин виливки при заливці слід розташовувати так, щоб був забезпечений переважно верхній відведення газів з стрижнів;

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Технологічна частина	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Стогній О. М.							
Перевірив	Скідін І. Е							
Рецензент	Саїтгареев Л.Н					Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Н.контроль	Скідін І. Е							
Затвердив	Савельєв С.Г.							

- відливку в формі слід розташовувати, по можливості так, щоб можна було об'єднати кілька стрижнів в один для двох і більше виливків;
- відливку в формі слід розташовувати так, щоб загальна висота форми була найменшою, а напівформи мали приблизно однакову висоту;
- при виготовленні форм для деталей, що піддаються випробуванню на герметичність, виливки у формі слід розташовувати так, щоб забезпечити кріплення стрижнів без жеребійок, а закріплення збільшеною нижній частині знака - площиною роз'єму верхньої напівформи.

При виборі положення вилівка УР 300 в формі, враховані наступні правила:

- Лінія роз'єму моделі збігається з лінією роз'єму форми;
- Лінія роз'єму форми збігається з лінією роз'єму стержня, що сприяє видаленню газів зі стрижнів;
- масивні частини розтруба розташовані так, що б було зручно встановити прибутку

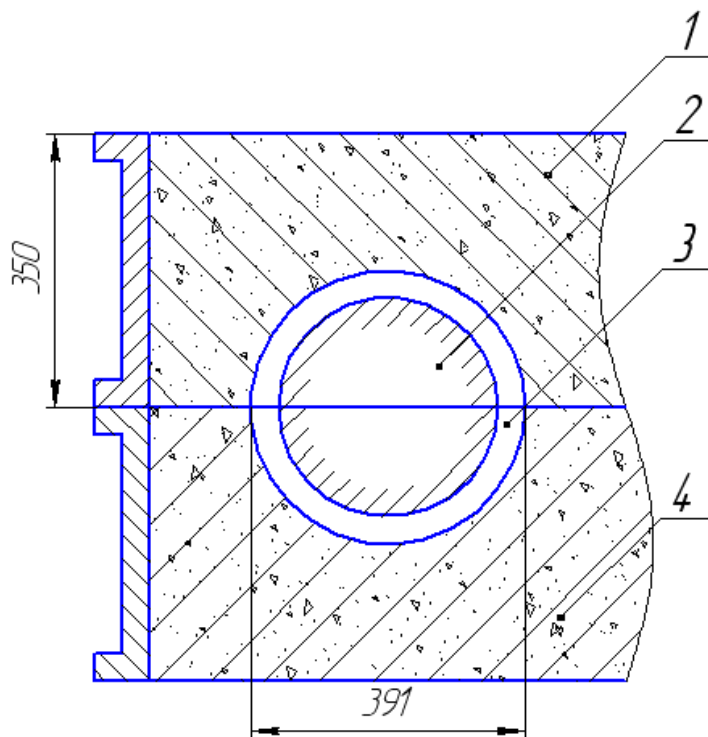


Рисунок 2.1 - Відливання в формі: 1 - півформа верху; 2 - стрижень; 3 – модель 4 - півформа низу.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Конструювання стрижнів, знаків, зазорів

Основні вимоги до конструкції стрижня:

1. Стрижні повинні бути простими у виготовленні, забезпечувати мінімальні витрати на виготовлення стрижневих ящиків.
2. Поверхня стержня з боку набивання повинна бути досить великий для зручності роботи.
3. Роз'єм ящика по можливості повинен бути плоским.
4. Газовідвідні канали стрижнів, повинні мати: виходи в верхніх замках і розміщені так, щоб виключити потрапляння в них рідкого металу.
5. Стрижні повинні бути міцними, для чого в них заформовують металеві каркаси.

6

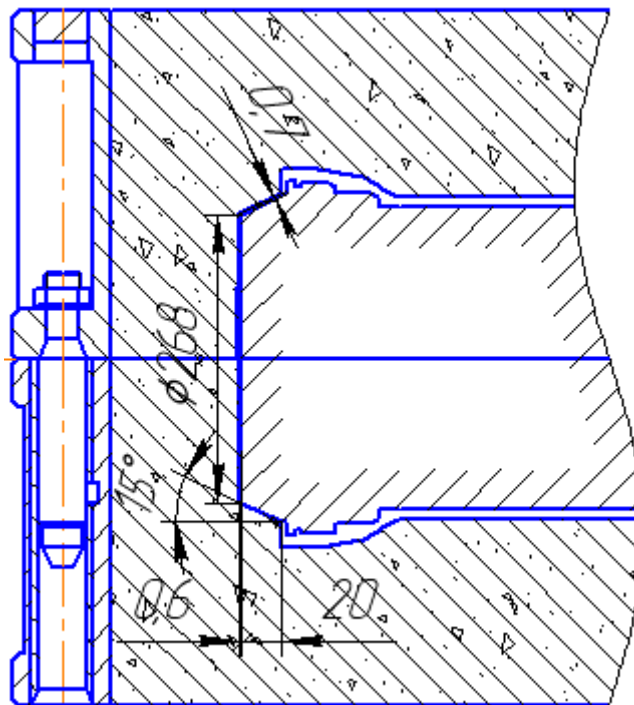


Рисунок 2.2 - Стрижень в литві УР 300

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Конструювання модельного комплекту

2.3.1 Конструювання моделей. Припуски на механічну обробку, усадку сплавів, формувальні ухили, радіуси галтелей

Модель - це пристосування для отримання у формі відбитка, відповідного конфігурації виливки.

Моделі класифікують за такими ознаками:

- виду матеріалу - дерев'яні, металеві, деревометаличні, гіпсові, цементні, пластмасові, пінополістиролові;

- способу виготовлення форм для ручного та машинного формування;

Для виготовлення ливарної форми для проектованої виливки УР 300 застосовуємо роз'ємну модель для машинного формування. Модель середнього розміру і середньої складності. Для зменшення маси моделі і зниження витрати матеріалів модель припускаю виготовити порожнистими. Клас точності - перший, точність модельного комплекту - вісім, ГОСТ 3212-92.

Припуском на обробку називають шар металу, який видаляють з поверхонь виливки в процесі обробки для отримання розмірів і шорсткості поверхонь, відповідних кресленням деталі. Величина припуску залежить від матеріалу виливка, її розмірів, характеру виробництва (масове, серійне, одиничне), способу формування, складності виливка, положення оброблюваної поверхні при формуванні і заливці.

Для верхньої частини виливки дають припуски більше, ніж для нижньої і бічний, тому що у верхній частині скупчуються піщинки, шлакові включення і з'являються газові раковини.

Проектована виливок 300 УР механічно не обробляється. Вимоги, що пред'являються до поверхонь деталі, забезпечуються литтям.

Властивість металів і сплавів зменшувати обсяг при затвердінні і охолодженні називається усадкою.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усадка залежить від властивостей і стану металу і сплаву, від конструкції виливки, конструкції форми.

Для проектованої виливки УР 300 модельний комплект виготовляють з урахуванням усадки для чавуну з кулястим графітом - 1%.

Формувальними називають ухили, які вказує технолог-ливарник в разі відсутності конструктивних ухилів. Формувальні ухили змінюють креслярські розміри виливки.

При застосуванні холодно твердіючих смесей ухили призначають в залежності від діаметра або мінімальної ширини поглиблення і висоти формотворною поверхні.

Формувальні ухили регламентуються ГОСТом 3212-92.

Для проектованої виливки УР 300 прийняті формувальні ухили рівні 3.

Сполучення стінок в відливання має бути плавним, кути не повинні бути гострими. Заокруглення внутрішніх кутів поверхонь виливки називають жолобником, а зовнішніх - закругленням.

Жолобники і заокруглення полегшують вилучення моделі з форми, запобігають появі тріщин і усадочних раковин в литві. Радіус галтелі необхідно приймати $1/5 - 1/3$ середньої арифметичної товщини двох стінок, що утворюють кут моделі. Для проектованої виливки радіуси галтелей прийняті рівними 3; 4; 6 мм

2.3.2 Конструювання модельних плит

При конструюванні модельних плит необхідно враховувати масштаб виробництва виливків, габаритні розміри напівформи, вид і умови формування, конструктивні особливості і необхідні розміри формувальних машин.

Найбільш часто застосовують односторонні плити, на яких моделі мають тільки на одній стороні.

Матеріал, застосовуваний для виготовлення плит - чавун і сталь.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плити для опочного формування повинні мати високу жорсткість і міцність, що забезпечується ребрами в їх конструкції. Для точної фіксації опоки на модельній плиті є центруючий і спрямовує штирі.

Модельні плити для автоматичної формовки повинні мати підвищену жорсткість і міцність, так як форми ущільнюються високим тиском пресування. Для зменшення прилипання формувальної суміші до поверхні металевої моделі і плити, модельні плити мають систему електрообігріву.

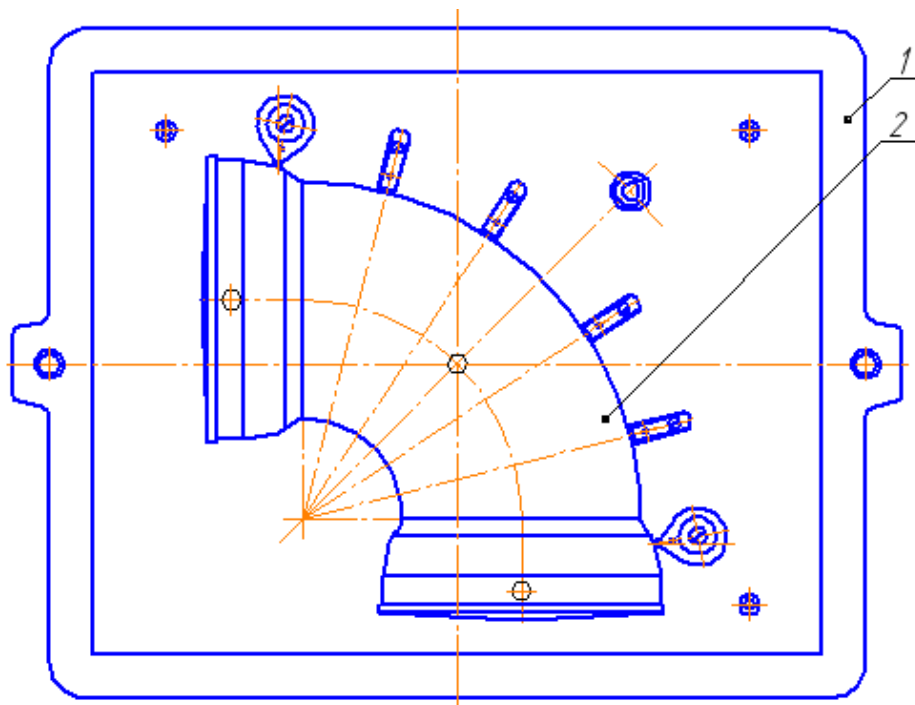


Рисунок 2.3 - Монтаж моделей низу УР 300:

1 - модельна плита; 2 – модель

2.3.3 Конструювання стрижневих ящиків

Від стрижневих ящиків залежить якість одержуваних стрижнів і в кінцевому рахунку - виливків; стрижневі ящики повинні мати правильно обрану площину роз'єму, раціональну конструкцію, необхідні формувальні ухили, правильні розміри знаків з необхідними ухилами і зазорами, необхідні допуски на виготовлення знакових частин і усадку. Вихідним документом при проектуванні стрижневих ящиків є креслення виливка.

Матеріали для стрижневих ящиків - алюміній, сірий чавун, пластмаса.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При конструюванні металевих стрижневих ящиків рекомендується робити стінки тонкими, посилюючи їх ребрами жорсткості. Товщину стінок призначають по ГОСТ 19370-74. Стрижневі ящики можуть бути нероз'ємними і роз'ємними. У нероз'ємних Витрусіть ящиках виготовляють стрижні з однією плоскою поверхнею. Ці ящики найбільш прості і надійні в роботі. У Витрусіть ящиках з вкладишем виготовляють більш складні стрижні.

Ящики з горизонтальним роз'ємом бувають відкриті і закриті. Половини стрижневих ящиків з вертикальним або горизонтальним роз'ємами фіксують по втулкам і штирів і скріплюють затворами: шарнірними скобами, шарнірними болтами з гайками і баранчиками, клиновими скобами.-

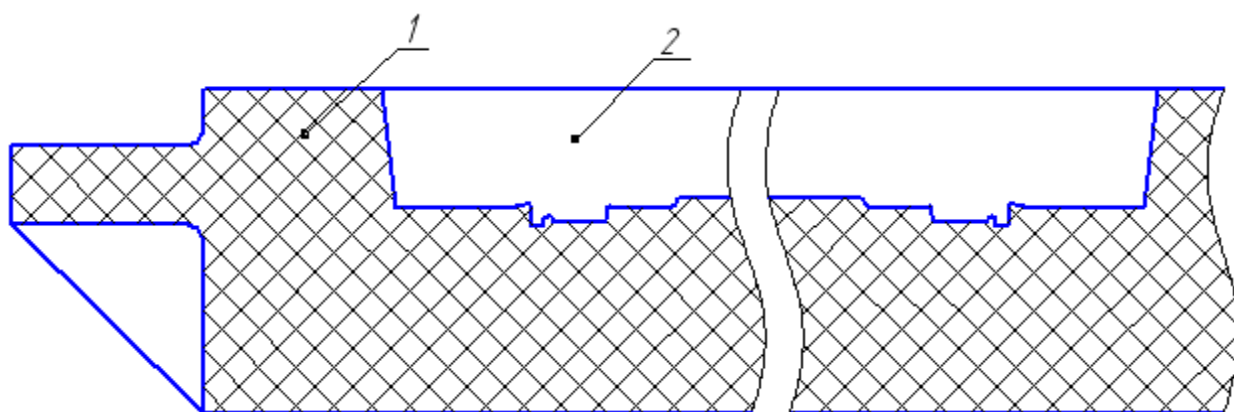


Рисунок 2.4 - Стрижневий ящик: 1 - ящик; 2 - стрижень

2.4 Проектування ливарного форми

2.4.1 Визначення розмірів опок, кількості виливків у формі

Нормальні розміри опок визначаються габаритами моделей, розташуванням літнікової системи і необхідними відстанями між ними і стінками опок, а також між моделями і верхніми і нижніми крайками опок. Ці відстані треба робити якомога менше; проте вони повинні бути достатніми, щоб забезпечити опір форми продавлювання або прориву її металом в площині роз'єму. Площа опок повинна бути максимально використана моделями.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно враховувати також масу зібраної форми, вантажопідйомність і розміри формотворного обладнання і розміри наявних опок.

З урахуванням рекомендацій таблиці в опоке розмірами в світлі $1000 \times 800 \times 350$ мм. розміщую одну виліток УР 300 (Рисунок 2.5).

При розміщенні вилітки УР 300 в формі було враховано:

- відстань від моделі до стінки опоки;
- відстань від моделі до шлаковловлювача

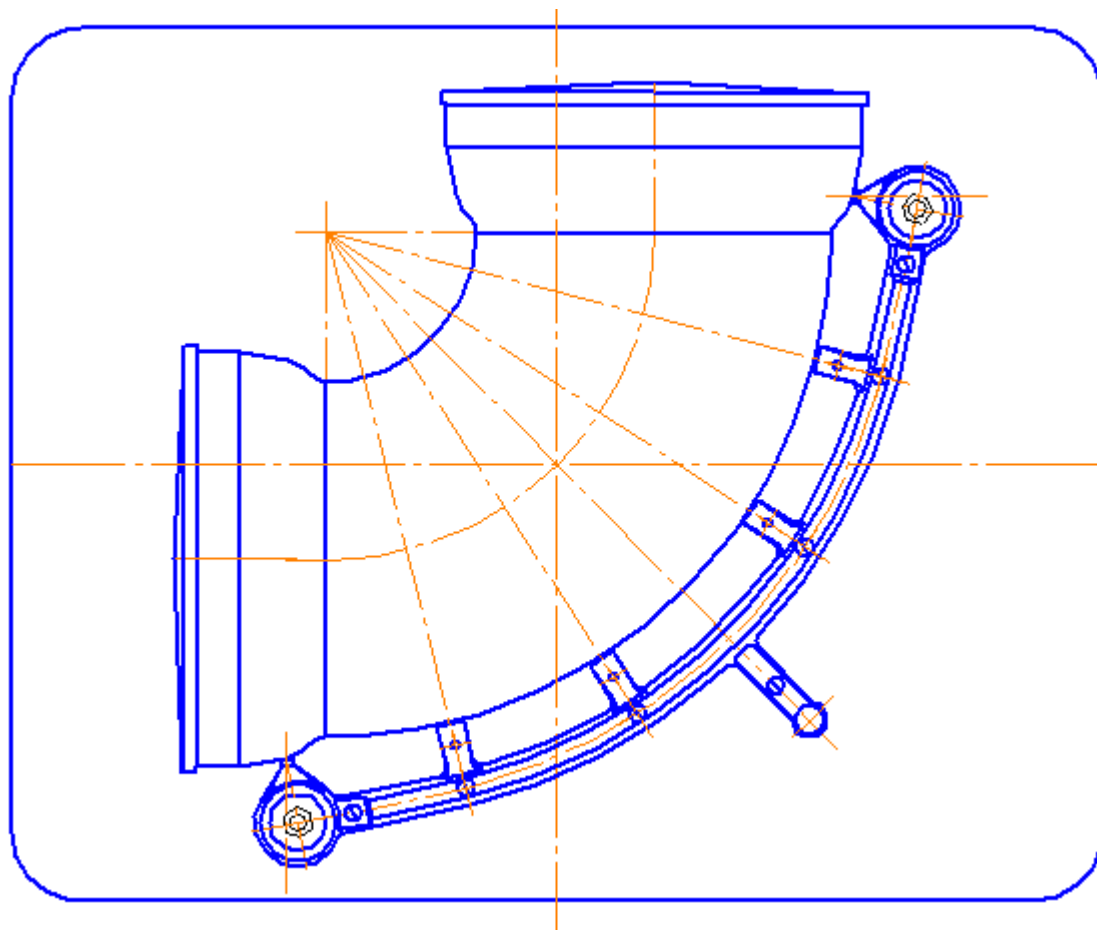


Рисунок 2.5 - кількість виливків у формі

2.4.2 Розрахунок ливнокової системи

Ливникові системи можуть бути сифонні, з підведенням розплаву по плоскості роз'єму, дощові, ярусні і комбіновані. У проєкті приймається Ливникова система з підведенням металу по площині роз'єму форми.

Методи розрахунку систем літників:

1. за способом Озанна - Діттерта;

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. по номограмі К.А.Соболева;
3. по питомій швидкості заливки.

У дипломному проекті розрахунок ливникової системи виробляю за способом Озанна - Діттерта.

$\Sigma F_{п.} = Q / T \times \mu \times \rho \times \sqrt{2g \times H_{р.}}$; [9]: $\Sigma F_{п.}$ - Сумарне перетин живильників, $см^2$;

Q - металоємність форми, гр; t - час заливки, с; μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,4$; ρ - щільність сплаву $г / см^3$; g - прискорення вільного падіння, $g = 980 см / с^2$; $H_{р.}$ - розрахунковий статичний напір в металоформі.

. Висловивши металоємність в кг, щільність сплаву в $кг / см^3$, формула набуває вигляду: $\Sigma F_{п.} = Q / T \times 0,31 ц \times \sqrt{H_{р.}}$;

Металоємність форми дорівнює: $Q = Q_{отл.} \times K_{л.с.} \times N$; [9]: $Q_{отл.}$ - Маса виливки, кг; N - кількість виливків у формі, шт; $K_{л.с.}$ - Коефіцієнт витрати металу на литниковую систему, $K_{л.с.} = 1,32$;

$$Q = 61,6 \times 1 \times 1,32 = 81,31 \text{ кг.}$$

Час заливки визначається за формулою: $T = S \sqrt{Q}$; [9]: S - коефіцієнт що враховує товщину стінки виливки, $S = (1,68 - 2,2)$

$$t = 2,2 \times \sqrt{81,31} = 20 \text{ гр}$$

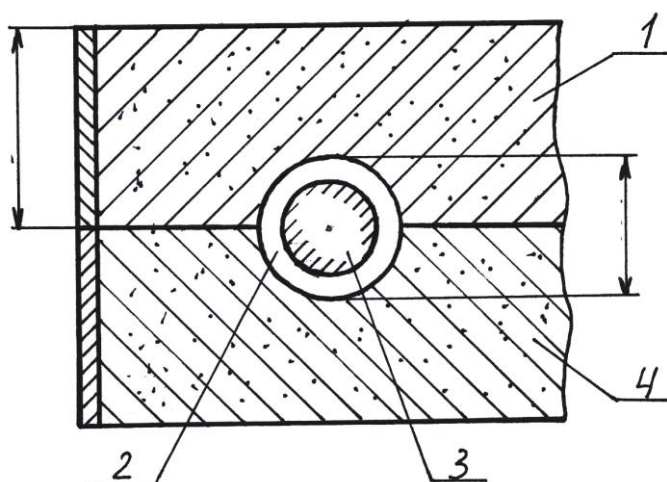


Рисунок 2.6 До розрахунку статичного напору: 1 - форма верху; 2 – виливок 3 - стрижень; 4 - форма низу

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо статичний напір в металоформи:

$$H_p = 30 - 19,6^2 / 2 \times 39,1 = 25 \text{ см.}$$

Приймаємо співвідношення:

$$\Sigma F_{п.} \times \Sigma F_{шл.} \times F_{ст.} = 1 \times 1,2 \times 1,4; [9]$$

Розраховуємо сумарне перетин живильників:

$$\Sigma F_{п.} = Q / T \times 0,31 \text{ ц} \times \sqrt{H_p} = 81,31 / 20 \times 0,4 \times 0,31 \times \sqrt{25} = 6 \text{ см}^2.$$

Виходячи зі співвідношення визначаємо:

$$\Sigma F_{шл.} = 6 \times 1,2 = 7,2 \text{ см}^2 = 720 \text{ мм}^2;$$

$$F_{ст.} = 6 \times 1,4 = 8,4 \text{ см}^2 = 840 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо розміри перетину одного живильника:

$$F_{п.} = \Sigma F_{п.} / N = 6/4 = 1,5 \text{ см}^2 = 150 \text{ мм}^2$$

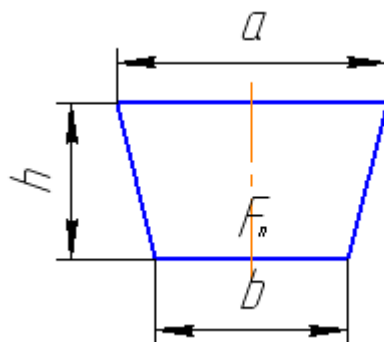


Рисунок 2.7 - Перетин живильника

Приймаємо: $b = 0,8 \times a$; $h = 0,5 \times a$; [9]

$F_{п.} = A + 0,8 \times a \times 0,5 \times A / 2$; звідки:

$$a = \sqrt{F_{п.} / 0.45} = \sqrt{150 / 0.45} = 19 \text{ мм};$$

$$b = 0,8 \times 19 = 15 \text{ мм};$$

$$h = 0,5 \times 19 = 9,5 \text{ мм.} \approx 10 \text{ мм.}$$

Визначаємо перетин одного шлаковловлювача

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

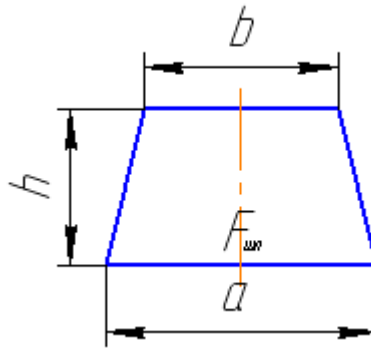


Рисунок 2.8- Перетин шлаковловлювача

$$F. = \Sigma F. / N = 720/2 = 360 \text{ мм}^2$$

Приймаємо: $b = 0,8 \times a$; $h = a$; [9]

$F_{\text{шл.}} = a + 0,8 \times a \times a / 2$; звідки:

$$a = \sqrt{F_{\text{шл.}} / 0,9} = \sqrt{360 / 0,9} = 20 \text{ мм};$$

$$b = 0,8 \times 20 = 16 \text{ мм};$$

$$a = h = 20 \text{ мм};$$

Визначаємо діаметр стояка:

$$F_{\text{ст.}} = \pi d_{\text{ст.}}^2 / 4; d_{\text{ст.}} \text{ звідки.} = \sqrt{4 \times F_{\text{ст.}} / \pi} = \sqrt{4 \times 840 / 3,14} = 33 \text{ мм};$$

Визначаємо розміри ливникової лійки:

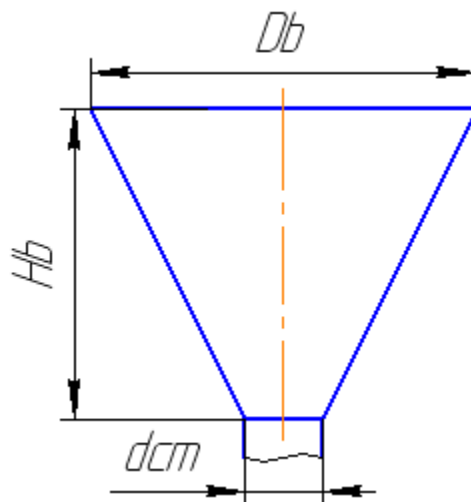


Рисунок 2.9 - Перетин воронки

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{в.} = D_{в.} = (2,7 \times 3,0) \times d_{ст.}; [9]$$

$$H_{в.} = 2,8 \times 33 = 93 \text{ мм};$$

2.5 Технологічний процес виготовлення стрижнів

2.5.1 Склад і властивості стрижневих сумішей

Стрижні класу складності 1 виготовляють із сумішей, що забезпечують високі значення міцності на розтягнення і поверхневої міцності висушених стрижнів, достатню термічну стійкість. Ці вимоги до сумішей для виготовлення стрижнів наступних класів складності відповідно знижуються.

Для виготовлення виливки УР 300 пропоную стрижні виготовляти з ХТС.

2.6. Виготовлення та контроль якості збірки форм

Виготовлення форм виливків УР 300 виробляється на автоматичній ливарної лінії ІФЛ-70С (Рисунок 2).

Перевірити роботу обладнання та механізмів на холостому ходу, стан моделей і модельних плит; підготувати необхідний інструмент.

Робочі поверхні моделей і модельних плит покрити розділовим складом.

Виготовлення форм представлено в 4 пункті на малюнку 2. 3 охолодженого кожуха 10 залита охолоджена форма надходить по рольгангу на приймальний стіл 6, потім форма надходить в механізм видавлювання кома 5. Ком землі з виливками надходить на Вибивні ґрати 4, а спарені опоки надходять на підйомно -Поворотний стіл 2, а потім на перестановщик опок 1. Порожні опоки по рольгангу поступають на ділянку формування, де встановлюються на вібростіл 8 і за допомогою шнекового змішувача 7 заповнюються сумішшю. Ущільнені сумішшю опоки слідує на поворотно-втяжну машину 20, де напівформи знімаються з модельної плити і йдуть в фарбувальну камеру 22, а потім в сушило 21. Просушені напівформи низу і

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верху слідує на ділянку складання форм 19. Полу форму оглянути на наявність дефектів. При необхідності провести ремонт відбитка моделей, продути стисненим повітрям. Потім зібрані форми за допомогою перестановщика 17, слідує на ділянку заливки, а потім в охолоджувальний кожух 10, потім цикл повторюється.

2.6.1 Розрахунок маси вантажу для компенсації підйомної сили металу в формі

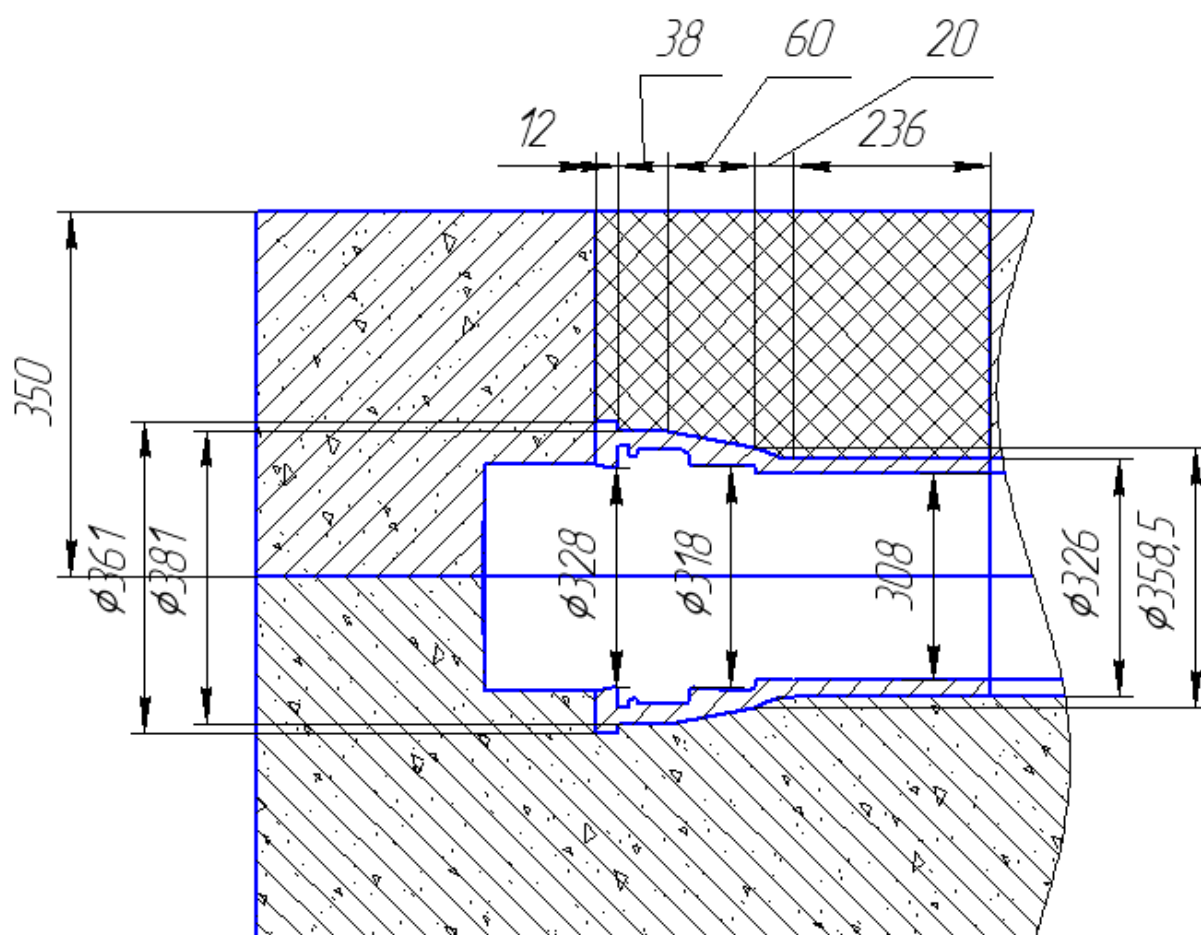


Рисунок 2.10 До розрахунку підйомної сили

В опоці $1000 \times 800 \times 350$ л виливок розміщена.

Підйомну силу визначаємо за формулою: $P = P_{отл} \times n_1 + P_{ст} \times n_2$; [10], де

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ротл - підйомна сила від виливки, кг; $n_{1,2}$ - кількість виливків і стрижнів у формі; Рст - підйомна сила від стрижня, кг.

Знаходимо підйомну силу від виливки: $R_{отл} = F \times H \times \gamma$; [10], де

F - площа проекції виливка на нижню напівформи, дм^2 ; H - висота уявного стовпа металу, дм; γ - щільність сплаву $\text{кг} / \text{дм}^3$.

$$R_{отл} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5;$$

$$P_1 = (D_1 \times L_1 \times H_{оп} - 1/2 \times 3,14 \times D_1^2 \times L_1 / 4) \times \gamma;$$

$$P_1 = (3,91 \times 0,12 \times 3,5 - 1/2 \times 3,14 \times 3,91^2 \times 0,12 / 4) \times 7 = 7 \text{ кг.}$$

$$P_2 = (D_2 \times L_2 \times H_{оп} - 1/2 \times 3,14 \times D_2^2 \times L_2 / 4) \times \gamma;$$

$$P_2 = (3,81 \times 0,38 \times 3,5 - 1/2 \times 3,14 \times 3,81^2 \times 0,38 / 4) \times 7 = 21 \text{ кг.}$$

$$P_3 = (D_3 \times L_3 \times H_{оп} - 1/2 \times 3,14 \times D_3^2 \times L_3 / 4) \times \gamma;$$

$$D_3 = D_2 + D_4 / 2 = 1,81 + 1,58 / 2 = 1,69 \text{ дм};$$

$$P_3 = (3,69 \times 0,6 \times 3,5 - 1/2 \times 3,14 \times 3,69^2 \times 0,6 / 4) \times 7 = 32 \text{ кг.}$$

$$P_4 = (D_4 \times L_4 \times H_{оп} - 1/2 \times 3,14 \times D_4^2 \times L_4 / 4) \times \gamma;$$

$$D_4 = D_3 + D_5 / 2 = 3,28 + 3,58 / 2 = 3,43 \text{ дм};$$

$$P_4 = (3,43 \times 0,2 \times 3,5 - 1/2 \times 3,14 \times 3,43^2 \times 0,2 / 4) \times 7 = 11 \text{ кг.}$$

$$P_5 = (D_5 \times L_5 \times H_{оп} - 1/2 \times 3,14 \times D_5^2 \times L_5 / 4) \times \gamma;$$

$$P_5 = (3,26 \times 2,36 \times 3,5 - 1/2 \times 3,14 \times 3,26^2 \times 2,36 / 4) \times 7 = 120 \text{ кг.}$$

$$R_{отл} = 21 + 7 + 32 + 11 + 120 = 382 \text{ кг.}$$

Знаходимо підйомну силу від стрижня: $R_{ст} = V_{ст} \times (\gamma - \gamma_1)$; [10], де

$V_{ст}$ - обсяг стрижня омивається рідким розплавом, дм^3 ;

γ - рідкого металу, $\text{кг} / \text{см}^3$; γ_1 - щільність стрижня $\text{кг} / \text{см}^3$;

$$V_{ст} = V_1 + V_2 + V_3;$$

$$V_1 = \pi d_1^2 \times L_1 / 4;$$

$$V_1 = 3,14 \times 3,28^2 \times 0,5 / 4 = 4,22 \text{ дм}^3;$$

$$V_2 = \pi d_2^2 \times L_2 / 4;$$

$$V_2 = 3,14 \times 3,18^2 \times 0,8 / 4 = 6,35 \text{ дм}^3;$$

$$V_3 = \pi d_3^2 \times L_3 / 4;$$

$$V_3 = 3,14 \times 3,08^2 \times 2,36 / 4 = 17,57 \text{ дм}^3;$$

$$V_{ст} = 4,22 + 6,35 + 17,57 = 28,14 \text{ дм}^3;$$

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{CT} = 28,14 \times (7 - 2) = 282 \text{ кг.}$$

$$P_{\text{боб}} = \pi d^2 / 4 \times \gamma \times h = 0,7^2 \times 3,14 \times 1,2 / 4 = 2 \text{ кг.}$$

$$P = P_{\text{отл}} \times n + P_{CT} \times n + P_{\text{боб}} \times n;$$

$$P = 382 \times 1 + 282 \times 1 + 2 \times 2 = 668 \text{ кг.}$$

Для обліку гідродинамічного удару в момент закінчення заливки знайдену підйомну силу збільшуємо на 40%, тоді:

$$P_{\text{мф}} = P \times 1,4 = 668 \times 1,4 = 935 \text{ кг;}$$

Визначаємо масу верхньої напівформи: $P_{\text{пф}} = P_{\text{оп}} + P_{\text{см}}$; [5], де

$P_{\text{оп}}$ - маса порожньої опоки, кг; $P_{\text{см}}$ - маса ущільненої суміші в полуформе, кг;

Для визначення маси порожньої опоки приймаємо середню товщину стінки опок рівній 40 мм. [10], тоді:

$$P_{\text{оп}} = (V_{\text{нар}} - V_{\text{вн}}) \times \gamma \text{ де } V_{\text{нар}} - \text{зовнішній обсяг опоки, дм}^3;$$

$V_{\text{вн}}$ - внутрішній обсяг опоки (в світлі); γ - щільність сплаву (СТ45Л),
кг / дм³;

$$P_{\text{оп}} = (10,8 \times 8,8 - 10,0 \times 8,0) \times 3,5 \times 7,8 = 411 \text{ кг;}$$

Визначаємо масу суміші: $P_{\text{см}} = (V_{\text{оп}} - 1/2 \times V_{\text{отл}} \times n) \times \gamma$; [10], де

$V_{\text{оп}}$ - обсяг опоки в світлі, дм³; $V_{\text{отл}}$ - обсяг виливки, дм³; n - кількість виливків; γ - формувальної суміші кг / см³

$$V_{\text{отл}} = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5) \times 1/2;$$

$$V_{\text{отл}} = 3,14 / 4 \times 0,5 (3,91^2 \times \times + 0,12 + 1,81^2 \times \times 0,38 + \times 3,69^2 \times \times 0,6 + 3,43^2 \times \times 0,2 + 2,26^2 \times 2,36) = 16 \text{ дм}^3,$$

$$P_{\text{см}} = (10,0 \times 8,0 \times 3,5 - 1/2 \times 16 \times 1) \times 2 = 544 \text{ кг;}$$

$$P_{\text{пф}} = 411 + 544 = 955 \text{ кг.}$$

Висновок: так як маса верхньої напівформи більше ніж величина підйомної сили в формі, то форму навантажувати вантажем не потрібно.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Рецептúra стрижневих ХТС

Склад (компоненти)	Щільність, г/см ³	Масова частка компо- нентів, %	Рекомендований витрата матеріалів на заміс, л		
пісок кварцовий 2K ₂ O ₂ O ₂ , 2K ₂ O ₃ O ₃₁₅ ГОСТ 2138-91	1,5	97,8	30	20	10
Смола ФСМ-А	1,22	1,8	0,66	0,44	0,22
Затверджувач К-	1,1	0,4	0,17	0,11	0,06

Таблиця 2.3 - Властивості сумішей при 20 ° С

Властивості	Отвержувач К-ЗБ (швидкий)
Живучість, хв.	4
Міцність на стиск, МПа:	
- Через 1 годину	1,9
- Через 2 години	2,4
- Через 24 години	3,2

Процес на основі лужної смоли (ФСМ-А) і рідкого ефіру (К-ЗБ) альфа-сетпроцес. Суміш має легку вибіваємость і механічну придатним для регенерації, низьку шкідливість газовиділень. Процес підходить для всіх видів ливникових сплавів

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технічні умови на виливок

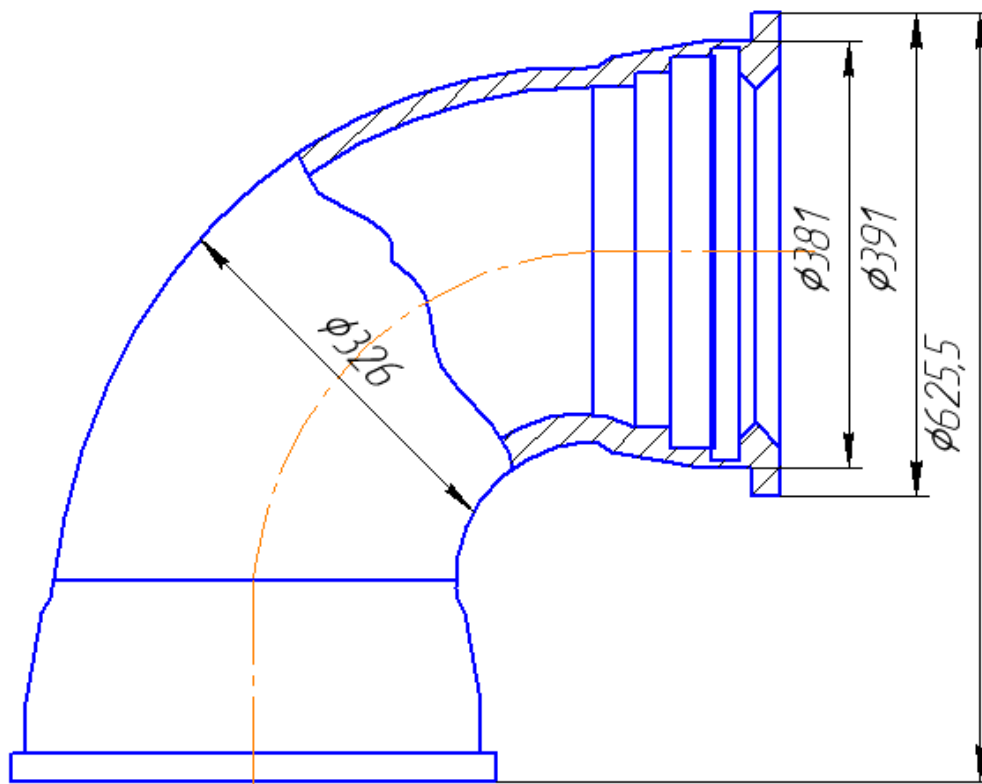


Рисунок 2.11 – Виливок

Таблиця 2.4 - Хімічний склад і механічні властивості сплаву

Марк а сплав у	ГО СТ	Маса, кг		Масова, частка компонентів %					Механічні показники			
		Вили вок	Виливок з ливниково ї системою	C	Si	Mn	S	P	σ _В	δ	ω	НВ
									мПа	%		МП а
ВЧ35	26645-85	61,6	81,3	3,3-3,8	1,9-2,9	0,2-0,6	≤0,1	≤0,02	350	22	— —	1400-1700

КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 2.5 - Модельні плити, опоки

Модель	Модельна плита	Опока				Маса опоки, кг
		Матеріал	Розміри в світлі, мм			
			Довжина	Ширина	Висота	
Матеріал	Матеріал					
АЛ7В	СЧ25	Сталь20Л	1000	800	350	411

3. Ливникова система

Таблиця 2.6 - Елементи лісної системи

Елементи	Кількість	Перетин, см ²	
		Одного	Всіх
Стояк	1	8,4	8,4
Живильник	4	1,5	6
Шлакоуловитель	2	3,6	7,2
Надлив	2	1,1	2,2

4. Формування

Таблиця 2.7 – Характеристика формування

Кількість виливків у формі	Рід формування	Спосіб формування	Єдина суміш	
			Обсяг, дм ²	Маса, кг
1	Автоматична	Пресування	272,0	544,0

5. Формувальна суміш

Таблиця 2.8 – Склад і властивості формувальної суміші

Суміш	Товщина стінки виливки, мм	Зерновий склад	Вміст глинистої складової, %	Газопроникність, од	Межа міцності при стисненні у вологому стані, кПа	Вологість, %	Масова частка складових суміші, %			
							Суміш була у використанні	кварцовий пісок	Глина	сульфітна барда
Єдина для формовки по сирому	9,1	016 А, 02Б, 02А	8-10	80-100	29,4-49	3,4-4,4	90-92	6,5-8	— — —	1,5-2

6. Виготовлення стрижня

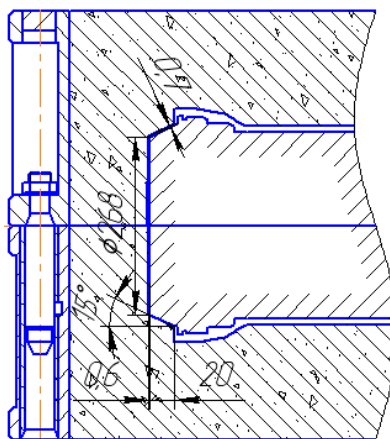


Рисунок 2.12 – Стрижень

Таблиця 2.9 - Характеристика обладнання для виготовлення стержня

Кількість стрижнів на відливання, шт	Маса стержня, кг	Спосіб виготовлення	Устаткування	Продуктивність, з'їм / год.
1	56,28	Вібропресування	Лінія Л16Х	60

7. Стрижнева суміш

Таблиця 2.10 – Склад і властивості стрижневий суміші

Клас складності стрижня	Масова частка компонентів, %		Властивості суміші			
	Сполучні	Каталізатор	Межа міцності при розтягуванні, кПа, після витримки, ч.			
			1	2	3	4
4	Смола БС-40 2,8	Ортофосфорна кислота 1,8	294-392	490-588	685-785	980-1270

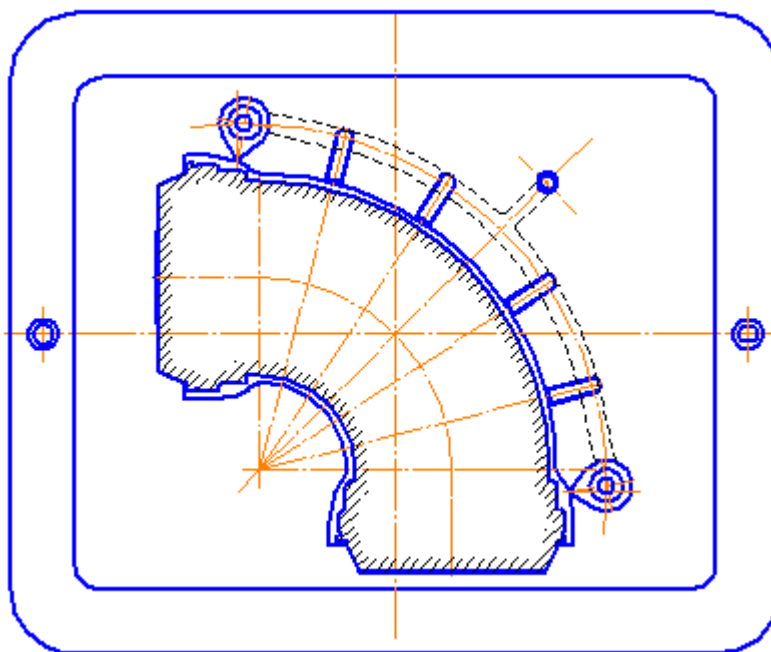


Рисунок 2.13 – Форма в зборі

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Збірка форм

Таблиця 2.11– Збірка і кріплення форм

Місце збірки	Маса зібраної форми, кг	Спосіб кріплення форм	Маса вантажу, кг
Лінія ІФЛ 70-С	1448,0	_____	_____

9. Заливка форм

Таблиця 2.12– Характеристика технологічних параметрів заливки форм

Температура, °С		Час заливки, с	Металоемність форми, кг	Ємність ковша, кг	Кількість заливаються форм з одного ковша, шт	Маса залитої форми, кг	Маса літнікової системи, кг
На жолобі	При заливці						
1360	1320	20	81,3	_____	_____	1529,2	26,02

10. Вибивання, обрубка, очищення

Таблиця 2.13 – Характеристика обладнання для обрубки і очищення лиття

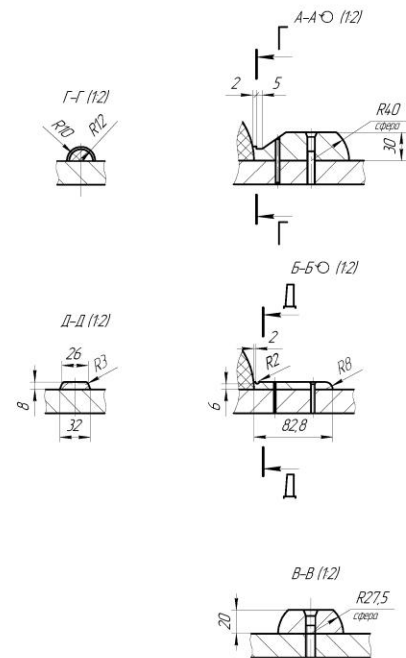
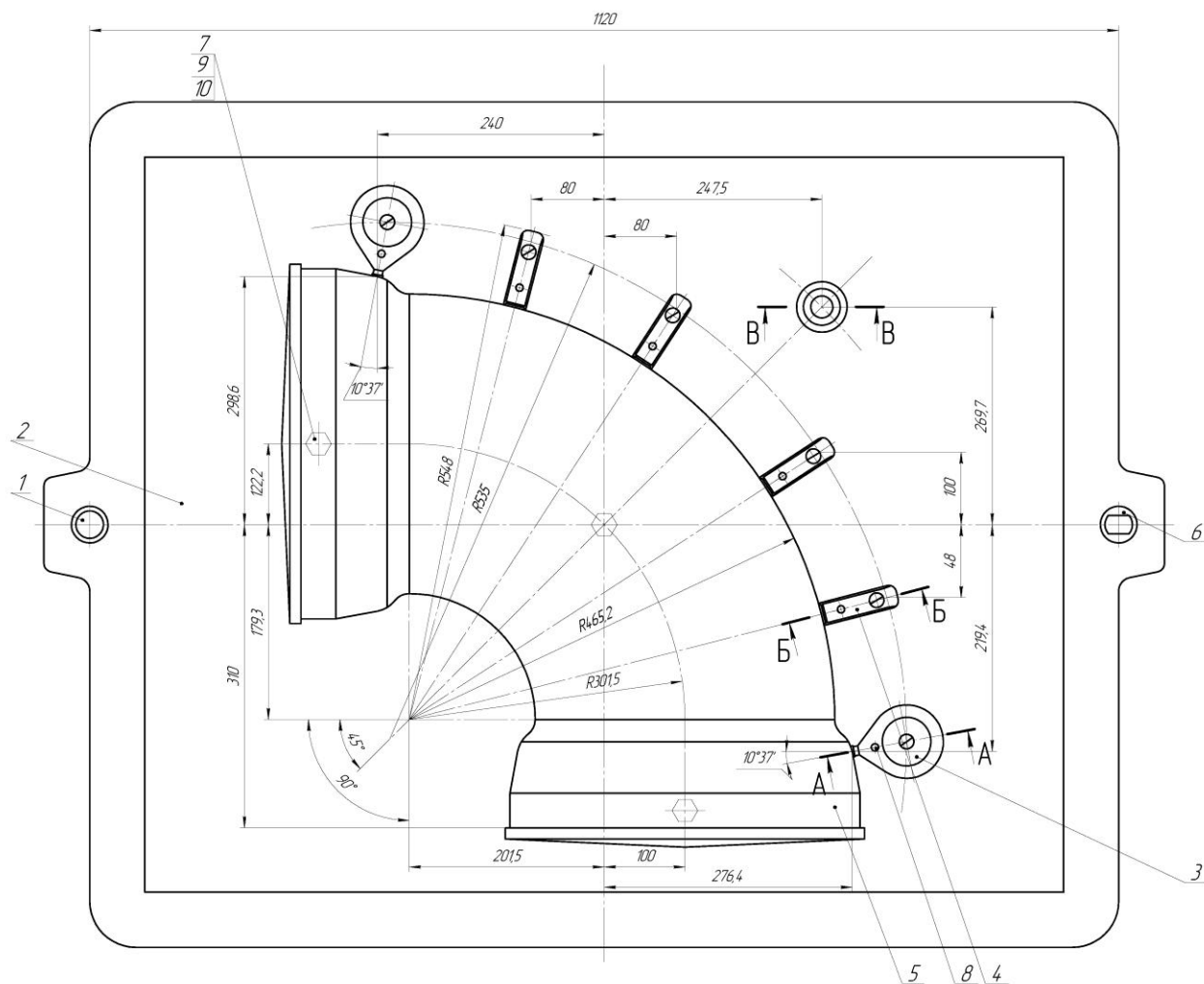
Місце вибивання	Спосіб вибивання	Спосіб обрубки	Устаткування для обрубки	Спосіб очищення	Устаткування для очищення
ІФЛ 70-С	Прошивний прес, вибивні решітка	Галтовка	Галтувальний барабан	Галтувальний барабан	41212

11. Технічний контроль якості

Таблиця 2.14 – Контроль якості виливків

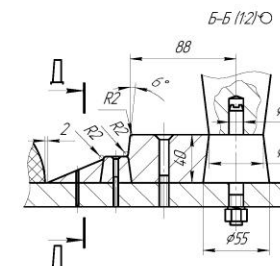
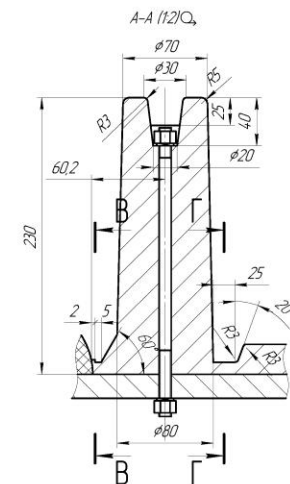
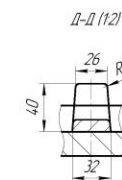
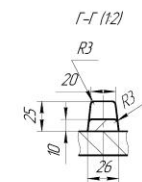
Найменування операцій і елементів перевірки	Відповідальні за якість	Періодичність перевірки
1.Контроль виливки: Контроль за зовнішнім оглядом Перевірка розмірів і маси	В.Т.К. В.Т.К.	Від кожної партії
2. Контроль у формувальному відділенні: Контроль моделей і опок Контроль вихідних формувальних матеріалів контроль сумішей Контроль збірки форм	В.Т.К. Лаборант Лаборант Майстер	щозміни Кожну годину кожен заміс кожну форму
3 Контроль в плавильному відділенні: Контроль шихтових матеріалів по хімічним складом За величиною шматків Контроль ходу плавки Контроль температури металу	Лаборант Майстер Майстер Пірометрiст	кожну партію кожну партію кожну плавку кожну плавку

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



				КНУРБ.136.25.150с-11			
				Схема монтажа модели из набора деталей УР 300 Складывающийся крестяник			
№ детали	№ сборки	Наим.	Знач.	Лит	Акс	Масштаб	
Рисован	Составлен	Дет.		Д		1:25	
Утверд	Собран						
Г. комп.	Сотворен	Лит		Акс	Акс	Г	
Рисован					КНБ		
И комп.					МНЧ-В		
Завод	Собран	Г			до 11-22-33		
Копия				Формат А1			

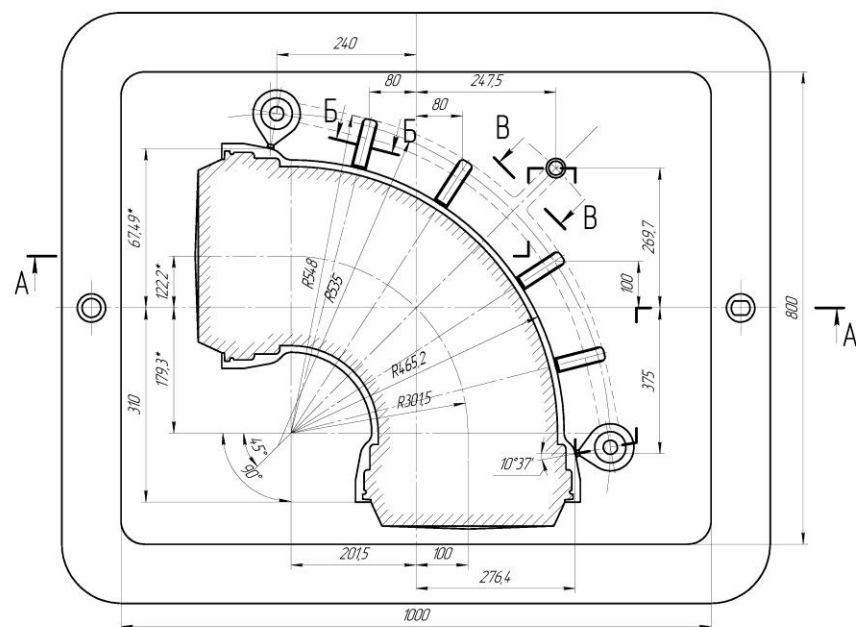
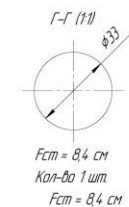
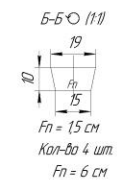
1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579	1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657	1658	1659	1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757	1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849</
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------



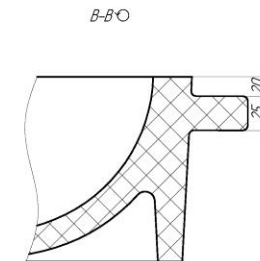
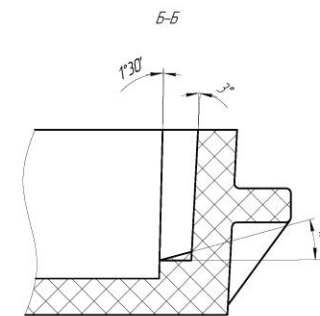
				КНУ.РБ.136.25.150С-11		
№ док.	№ докум.	Лист	Штук	Схема монтажа		
Горюха	Степанов А.Р.			модели верха детали УР 300		
Г. комп.	Сидор Г.			Складчатый кресления		
Рисунки	Савосьяков П.			Акт	Доклад	12.3
Н. комп.				КНУ		
Зам.	Савосьяков П.			ИМ/В		
				30.11-22-1х		
				Кресло		

Konrad

Program A1



				КНУРБ.136.25.150С-11			
				Форма в зорі			
				складальне креслення			
				Лист		Всього	
				1		14	
				Док.		Архивний	
				105		1441/В	
				20.02.2013		Формат А1	
				Копія			



						КНЧРБ.136.25.150С-11			
№ докум.	№ докум.	№ докум.	№ докум.	№ докум.	№ докум.	Стриженёвой ЯЮЮ для выгрузки УР 3000			
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Дат.	Веса	Максимум	
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Д		125	
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Адрес	Адрес	Т	
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	КНЧ ИПЧ/ВБ по ИТ-22-5х			
Комплект						Формат А1			

Пер. вик.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Спроб. №		A1			КНУ.РБ.136.25.150с-11	Складальне креслення		
						Деталі		
				1	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка центрувальна	1	
				2	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Плита модельна	1	
				3	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель бобишки	2	
				4	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель живильника	4	
				5	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель виливки	1	
Підп. та дата				6	КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка напрямна	1	
						Стандартні вироби		
				7		Болт М12-8х100.66.05		
						ГОСТ 7798-70	3	
				8		Гвинт М8-8х45.66.05		
						ГОСТ 17475-80	6	
				9		Гайка М12		
Взам. інв. №						ГОСТ 5915-81	3	
				10		Шайба 12.65Г.05		
						ГОСТ 6402-70	3	
				11		Штифт 8т6х90		
						ГОСТ 3128-70	6	
Підп. та дата		КНУ.РБ.136.25.150с-11						
		Змі.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
		Розроб.		Стогній О.М.			Арк.	Арк.
		Перевір.		Скідін І.Е.			Д	
		Реценз.		Сайтгареев Л.Н.			Арк. 1	
		Н. контр.					КНУ	
		Затверд.		Савельєв С.Г.			МЧМ/ВБ	
Інв. поділ.		Схема монтажу моделей низу деталі УР 300 Складальний креслення					зр. МТ-22-1ск	
							Формат А4	

Копіював

Пер. вук.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Справ. №	A1			КНУ.РБ.136.25.150с-11	Складальне креслення		
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка центрувальна	1	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Плита модельна	1	
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель бобишки	2	
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель стояка	1	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель шлаковловлювача	2	
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Модель виливки	1	
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка напрямна	1	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Стандартні вироби		
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Болт М12-8х100.66.05	3	
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	ГОСТ 7798-70	7	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Гвинт М8-8х5.66.05	3	
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	ГОСТ 174 75-80	3	
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Гайка М12	4	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	ГОСТ 5915-81	1	
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Шайба 12.65Г.05	3	
Підп. та дата				КНУ.РБ.136.25.150с-11	ГОСТ 602-70	4	
Взам. інв. №				КНУ.РБ.136.25.150с-11	Штифт 8т6х90	1	
Інв. № дцкл.				КНУ.РБ.136.25.150с-11	ГОСТ 3128-70	1	

Змі. Арк. № докум. Підп. Дата

Розроб. Стагній О.М.

Перевір. Скідін І.Е.

Реценз. Саїтгареев Л.Н.

Н. контр.

Затверд. Савельєв С.Г.

КНУ.РБ.136.25.150с-11

Схема монтажу

моделей верха деталі УР 300

Складальний креслення

Арк. Д Арк. Аркцш. 1

КНУ

МЧМ /В

гр. МТ-22-1ск

Формат А4

Пер. вик.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
Справ. №	A1			КНУ.РБ.136.25.150с-11	Складальне креслення			
					Документація			
					Деталі			
		1		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Опока низу	1		
		2		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Опока верху	1		
		3		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Пробка	2		
		4		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Штир направляючий	1		
		5		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка направляюча	1		
		6		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Штир центрувальний	1		
		7		КНУ.РБ.136.25.150с-11	Втулка центрувальна	1		
Підп. та дата			8		Стандартні вироби			
			9		Гайка 124-25H ГОСТ 5918-73			
			10		Шайба 24.65Г ГОСТ 6202-70			
					Шпонка 12x8x50 ГОСТ 23360-78			
Підп. та дата	КНУ.РБ.136.25.150с-11							
	Змі.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата			
Інв. поділ.	Розроб.	Стажній О.М.			Форма в зборі складальне креслення	Арк.	Арк.	Арк.ш.
	Перевір.	Скідін І.Е.				Д		1
	Реценз.	Світзарєєв Л.Н.				КНУ МЧМ ЛВ гр. МТ-22-1ск		
	Н. контр.					Формат А4		
	Затверд.	Савельєв С.Г.						

Копіював

3. СПЕЦІЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Гіпотези про механізм і кінетику сфероїдизації графіту в чавуні

За період існування високоміцного чавуну багато металургів, металознавців та ливарників висунули біля двох десятків гіпотез про механізм і кінетику формоутворення кулястого графіту під час первинної кристалізації або термічної обробки магнієвого чи церієвого чавуну. Нажаль, жодна з цих гіпотез не перетворилась у загальновизнану теорію. Нижче наведено деякі з цих гіпотез.

Гіпотеза про твердофазну графітизацію чавуні. Магній відбілює чавун. Карбіди ледебуриту під час або після евтектичної кристалізації одразу ж “самовідпалюються” на залізо і атомарний вуглець, подібно високотемпературному термічному відпалу звичайного вибіленого чавуну на ковкий, але значно скоріше. Магній розкислює чавун і пов’язує сірку у сульфіді, що підвищує швидкість дифузії вуглецю у твердих кристалах первинного і евтектичного аустеніту і вирівнює її у всіх напрямках. Графіт кристалізується у центрі твердого аустенітного зерна у формі кульок, а не у формі пластівців.

Гіпотеза про геометричну подібність між кристалами і їх зародками. Включення, які кристалізуються з зародків, що мають кубічну кристалічну ґратку, близьку за геометрією до кулястої, наприклад (MgO , MgS , Mg_2Si), зростають у вигляді сфероїдальних включень кулястого графіту, а з зародків з іншою будовою кристалічної ґратки, наприклад гексагональною (SiO_2 , SiO , SiC), зростають включення пластинчастого графіту.

Гіпотеза про адсорбцію елементів на поверхні зародку графіту.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Стогній О. М.			Спеціальна частина	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Скідін І. Е						
Рецензент		Сайтгарєєв Л.Н						
Н.контроль		Скідін І. Е				Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Затвердив		Савельєв С.Г.						

На межі поверхонь графіту і металевої матриці адсорбуються елементи-модифікатори, які вирівнюють швидкість зростання графіту у всіх напрямках і він кристалізується у формі кульок.

Гіпотеза про розпад пересиченого вуглецем аустеніту. Кульки графіту виникають у вже твердому чавуні, або у розплавленому чавуні з пересиченого вуглецем твердого або рідкого аустеніту, завдяки видаленню з розчину “професійного зародка пластинчастого графіту – двоокису кремнію” і зсуву рівновагових концентрацій під впливом сфероїдизуючих модифікаторів.

Гіпотеза про рафінування чавуну від домішок. На межі поверхонь графіту і металевої матриці адсорбуються плівки поверхово-активних домішок (кисню, сірки), які заважають рівномірній дифузії вуглецю до зародка з усіх напрямків і графіт кристалізується у формі пластинчастих коралів, зірок, їжаків і т.і. Модифікатори, пов’язуючи кисень, сірку та інші шкідливі домішки у самостійні стійкі хімічні з’єднання, нейтралізують можливість адсорбції таких плівок на зародку графіту і він зростає рівномірно в усіх напрямках, набуваючи кулясту форму.

Гіпотеза про переохолодження магнієвого чавуну. Завдяки глибокому переохолодженню магнієм на S-подібній кінетичній кривій типово евтектичного чавуну повинне бути місце не тільки для пластинчастого, краплинкового, гніздоподібного графіту, але й для кулястого.

Гіпотеза про силіцидну оболонку. Магній не розчинюється у залізі, а утворює сполуки з вуглецем і кремнієм. Зародок графіту зростає у карбідомагнієвій або силікомагнієвій оболонці з високих поверхневим натягом, яка не розривається до кінця кристалізації і графіт набуває кулястої форми.

Гіпотеза про “скочування” сажі.

Магній утворює карбіди MgC_2 , які згодом розкладаються з утворенням карбідів типу Mg_2C_3 , а також сажу. Ця перша порція сажі а також сажа, що утворюється при розкладанні Mg_2C_3 на магній та вуглець під дією рідкого металу “скочується” у кульки, що згодом виявляються в твердому чавуні.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гіпотеза про самодифузію атомів заліза.

Під час евтектичної кристалізації у монокристалічному аустенітному зерні відбувається повільна самодифузія атомів заліза. В утворену мікропору з значно більшою швидкістю дифундують атоми вуглецю. Завдяки магнію ця швидкість вирівнюється в усіх напрямках і графіт, зростаючи у аустенітній оболонці, набуває кулясту форму.

Гіпотеза про поверховий натяг.

У сірому чавуні графіт зростає у напрямку базисної осі, майже без опору з боку рідини з низьким поверхневим натягом. Магній зв'язує кисень і сірку у стійки сполуки. Поверхневий натяг чавуну значно зростає і він гальмує зростання графіту у напрямку базису. Швидкості зростання графіту у всіх напрямках вирівнюються і він набуває кулясту форму.

Гіпотеза про розщеплення графітових голок.

Після появи зародка у сірому чавуні графіт зростає рівномірно-радіально у всі сторони у формі голок, між якими розташовуються тверді інородні включення, які розщеплюють ці голки. Відсутність таких включень у магнієвому чавуні не призводить до розщеплення голок і графіт набуває кулясту форму.

Гіпотеза про бульбошки.

Магній у чавуні швидко плавиться і випаровується. У бульбочки магнію дифундує водень. На поверхню розділу мікроскопічних бульбочок дифундують атоми вуглецю, створюючи графітні оболонки, які зростають від периферії до центру у формі кульок.

На користь тієї чи іншої гіпотези можуть свідчити наступні практично встановлені факти. Для потенційної сфероїдизації графіту в чавуні під час кристалізації необхідно попередньо забезпечити барботацію рідкого базового чавуну бульбочками магнію з глибини ванни.

Модифікування магнієм супроводжується глибокою десульфурою і розкисленням рідкого сплаву. При цьому на утворення MgS та MgO витрачається значна частка магнію, що додається.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після оброблення самим лише металевим магнієм чавун кристалізується за метастабільною системою з наскрізним вибіленням. При цьому його евтектична температура знижується до 1050...1100°C, тобто він кристалізується з переохолодженням на 50...100°C відносно рівновагової температури метастабільної евтектики 1147°C.

Вибілений магнієвий чавун у виливках піддається графітизуючому відпалу на кулястий графіт за високотемпературним режимом відпалу ковкого чавуну, але у два-три рази швидше, на практиці за 6...8 годин.

Модифікований магнієм чавун кристалізується з кулястим графітом у литому стані без вибілення, або з частковим вибіленням, якщо разом з магнієм чи після магнію у сплав додавати графітизуючий кремній у складі феросиліцію.

Після 15...20 - хвилинної і більшої витримки рідкого модифікованого магнієм і кремнієм чавуну він кристалізується з графітом гіршою, ніж куляста, формою: неправильною кулястою, потім компактною, потім вермикулярною і так до звичайної пластинчастої чи з комбінацією графіту різної форми. За такий же період підвищується схильність чавуну до вибілення. Відбувається явище, яке має назву демодифікація чавуну.

Наявність у базовому розплаві навіть у сотих частках відсотка вісмуту, свинцю, сурми, миш'яку, олова, алюмінію, титану та деяких інших так званих елементів-демодифікаторів може привезти до суттєвого погіршення кулястої форми графіту в чавуні виливків. Негативний вплив цих елементів можна нейтралізувати елементами-ремодифікаторами: церієм, ітрієм, лантаном та лантанідами.

Без магнію або мішметалу, отримати повністю кулясту форму графіту за допомогою інших елементів, фізичних або хімічних засобів впливу на рідкий чавун вдалося лише окремим експериментаторам у лабораторних умовах, про що вони сповіщали у засобах технічної інформації.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Виливки із чавуну з вермікулярним графітом. Властивості, область Застосування

В даний час все частіше застосовують чавун з вермікулярним (червоподібним) графітом (ЧВГ), що має переважно феритну основу.

Вермикулярна форма графіту займає як би проміжне положення між пластинчастою і кулястою, тому чавун з вермікулярним графітом має вищі міцнісні властивості, ніж чавун з графітом пластинчастої форми, але нижчі, ніж високоміцний чавун з кулястим графітом. Чавун з вермікулярним графітом виплавляють із особливо чистих шихтових матеріалів, що містять невелику кількість сірки. Спочатку чавун з вермікулярною формою графіту вважався шлюбом при виготовленні виливків із високоміцного чавуну. Однак пізніше з'ясувалося, що такий чавун має ряд специфічних властивостей, які висувають його в число нових перспективних конструкційних матеріалів виливків різного призначення. Цей матеріал може бути використаний замість сірого чавуну для низки відповідальних деталей загального машинобудування, до матеріалу яких за умов їх роботи пред'являються підвищені вимоги щодо міцнісних та пластичних характеристик. Вермікулярний графіт (ВГ) подібно до пластинчастого графіту (ПГ) має форму взаємопов'язаних графітових пелюсток.

Однак пелюстки вермікулярного графіту відрізняються від пластинчастого меншим ступенем нерівномірності, тобто відношення довжини пелюстки ВГ до товщини одно: $l / b = 2-5$, а у ПГ понад 10.

ВГ має більш округлу форму кромek. У структурі чавуну з вермікулярним графітом завжди є деяка кількість кулястого графіту, решта графіту округлої довгастої форми, особливо на кінцях включень, тому концентрація напруг у таких включень менша, ніж у сірого чавуну, з чим і пов'язана поява пластичних властивостей (відносне подовження 2-5%). Чавун з вермікулярним графітом поєднує в собі хороші ливарні властивості сірого чавуну та високі механічні властивості високоміцних чавунів, таке поєднання властивостей досягається, коли у структурі чавуну містяться 80-90% ВГ, а решта ПГ, при цьому не допускається пластинчастий графіт.

За міцністю чавун із вермікулярним графітом знаходиться на рівні високоміцних чавунів, але пластичність, в'язкість, модуль пружності, термостійкість, опір корозії вищий, ніж у сірих чавунів високих марок.

Чавун з вермікулярним графітом технологічніший, ніж сірий чавун високих марок і високоміцний з кулястим графітом.

Усадка чавуну з вермікулярним графітом менше, ніж у чавуну із пластинчастим графітом.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схильність до відбілу у чавуну з вермікулярним графітом нижче, ніж у сірого та високоміцного з кулястим графітом, менша в порівнянні з сірим чавуном чутливість до товщини стінок, тому з чавуну з вермікулярним графітом можна отримувати тонкостінніші виливки без відбілу.

Слід зазначити, що оброблюваність різанням у чавуну з вермікулярним графітом значно краще, ніж у сталі та високоміцного чавуну з кулястим графітом. Особливо ефективно використання чавуну з вермікулярним графітом для виливків великої маси та деталей складної конфігурації (блоки двигунів, головки циліндрів та ін.). При цьому чавун з вермікулярним графітом на 20–25 % дешевше, ніж виливки з ковкого чавуну та високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Проте виробництво такого чавуну потребує дуже жорсткого металургійного контролю, т.к. Вермікулярний графіт виходить у вузькому інтервалі модифікуючих добавок.

У промисловості цей чавун почав використовуватися з 1968 року. Відповідно до ГОСТ 28394-89, чавун з вермікулярним графітом має такі марки: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45 з вмістом вуглецю 3,1-3,8%, кремнію 2-3%, марганцю 0,2-1,2%, фосфору до 0,05% і сірки до 0,025%.

Хімічний склад чавуну з вермікулярним графітом, відповідно до ГОСТу 28394-89, наведено в табл. 5.

Умовне позначення марки включає:

- літеру Ч – чавун;
- Букви ВГ - форма графіту (вермікулярний графіт).

3.3 Особливості технології отримання чавуну з вермікулярним графітом

З відомих способів отримання чавуну з вермікулярним графітом найбільш перспективним з технологічної точки зору, що забезпечує стабільне отримання вермікулярного графіту, є обробка розплаву рідкісноземельними металами - РЗМ (Се, Y та ін), що вводяться в чистому вигляді або у вигляді лігатури. Доцільніше використовувати РЗМ у вигляді багатокомпонентних лігатур, що дозволяють знизити вартість модифікаторів, підвищити рівень засвоєння елементів, а також повністю виключити піроефект і димовиділення при обробці чавуну. Модифікація Се та Y в невеликих кількостях (0,03–0,1 %) сприяє графітизації, а кількості 0,15-0,25% призводить до отримання вермікулярного графіту та різкого підвищення міцності та пластичності чавуну [1].

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5 Хімічний склад чавуну з вермікулярним графітом

Марка чавуну	Масова частка елементів, % (решта – залізо)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	магній ΣРЗМ
ЧВГ30	3,5-3,8	2,2-3,0	0,2-0,6	До 0,08	До 0,025	До 0,15	-	$\frac{0,015 - 0,028^*}{0,10 - 0,20}$
ЧВГ35	3,5-3,8	2,2-2,8	0,2-0,6	До 0,08	До 0,025	До 0,15	-	$\frac{0,02 - 0,028}{0,10 - 0,20}$
ЧВГ40	3,1-3,5	2,0-2,5	0,4-1,0	До 0,08	До 0,025	До 0,25	0,4-0,6	$\frac{0,02 - 0,028}{0,10 - 0,20}$
ЧВГ45 **	3,1-3,5	2,0-2,5	0,8-1,2	До 0,05	До 0,025	До 0,30	0,8-1,0	$\frac{0,02 - 0,028}{0,10 - 0,20}$

**Цифри в чисельнику відповідають вмісту залишкового магнію в чавуні, у знаменнику - залишковому змісту суми рідкісноземельних елементів (РЗМ).

** Для отримання зносостійкого та теплостійкого перлітного чавуну з вермікулярним графітом допускається легування чавуну марки ЧВГ45 0,8–1,2 % нікелю та 0,2–0,4 % молібдену.

Особливий інтерес представляє ітрії, який постачається у вигляді різних сплавів: YFe, YSiCa та ін. Хороші результати виходять при застосуванні лігатури, що містить 30% РЗМ, у тому числі 4,5% Y та 40–45% Si.

У цьому випадку вермікулярний графіт виходить у низькосірчистому чавуні. при введенні 0,5-0,7% лігатури; але для усунення відбілу, як і у високоміцному чавуні з кулястим графітом, необхідне вторинне модифікування.

Ступінь засвоєння РЗМ підвищується зі зниженням температури обробки та зменшенням вмісту сірки в металі та коливається у великих межах (від 30 до 90%). У всіх випадках слід мати на увазі, що при високому вмісті кальцію лігатура погано засвоюється чавуном при низькій температурі; лігатури ж із високим вмістом РЗМ не лише дороги, а й часто відбілюють чавун.

Залежно від умов виробництва лігатуру можна вводити безпосередньо в тигель печі при 1350-1400 оС, на дно розливного ковша або в струмінь металу при 1430-1450 оС з розрахунку отримання залишкового вмісту РЗМ у межах 0,10-0,15%, у тому числі 0,02-0,06% Се.

При цьому величина присадки лігатури визначається кількістю РЗМ в ній і залежить від змісту сірки у вихідному чавуні (рис. 8) [1].

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

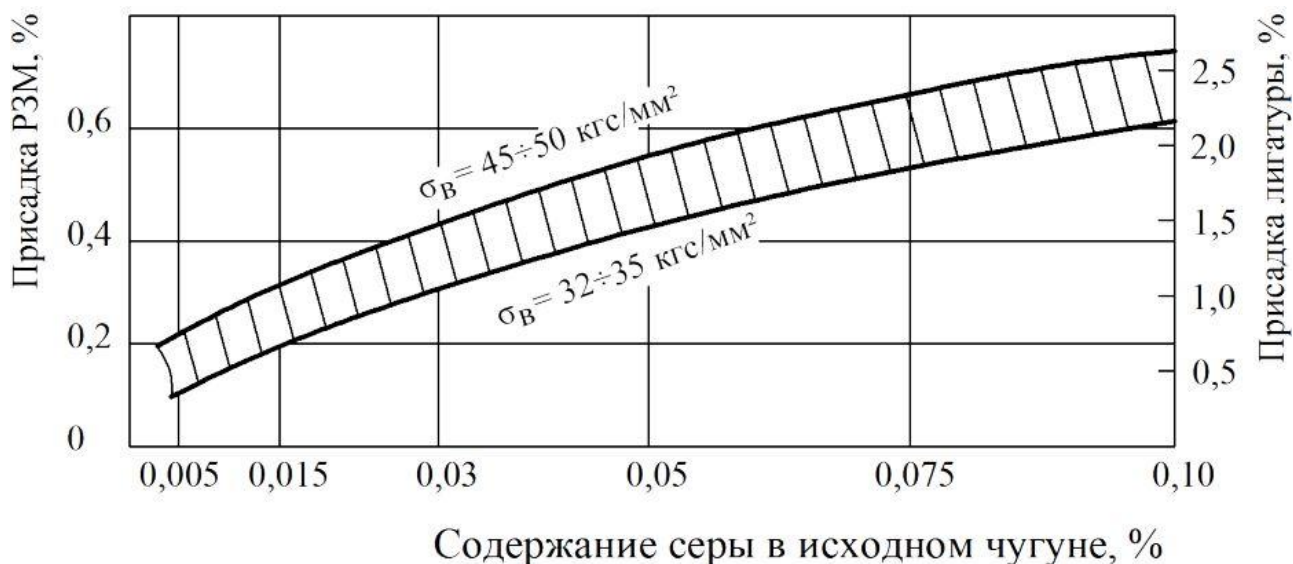


Рис. 8. Вплив вмісту сірки на величину присадки РЗМ або лігатури при отриманні чавуну з вермікулярним графітом

Оптимальна кількість присадки лігатури при вмісті сірки від 0,01% до 0,03% становить 0,6–0,8%.

При обробці лігатурою потрібно додаткове вторинне модифікування чавуну графітізуючими присадками, щоб придушити утворення у виливках ледебуриту або структурно-вільного цементиту. При використанні для цієї мети феросиліція (ФС75) присадка в залежності від евтектичності чавуну становить 0,3–0,8 % маси металу.

Механічні, фізичні (особливо теплопровідність) та ливарні властивості чавуну з вермікулярним графітом істотно залежать від кількості кулястого графіту, що утворюється одночасно з вермікулярним графітом. При цьому, чим більше кулястого графіту, тим вище тимчасовий опір при розтягуванні, нижча теплопровідність, вища пластичність і більше обсяг усадкових раковин.

Таблица 6

Залежність механічних властивостей та об'єму усадкових раковин у чавуні з вермікулярним графітом від вмісту кулястого графіту (ШГ)

ШГ, %	Тимчасовий опір розтягуванню σ_b , Мпа*10 ⁻¹	Відносне подовження δ , %	Об'єм усадкових раковин V_p , %
10-20	32-38	2-5	1,8-2,2
20-30	38-45	2-6	2,0-2,6
40-50	45-50	3-6	3,2-4,6

Оптимальну сукупність властивостей міцності та пластичності забезпечує чавун з вермікулярним графітом з 20–30 % кулястого графіту (решта ВГ) при складі: 3,5–3,6 %; 2,4–2,6% Si; 0,6–0,8% Mn; 0,02–0,06% P та 0,10–0,15% РЗМ.

При цьому важливо відзначити, що чавун з вермікулярним графітом зберігає високі показники механічних властивостей і виливках з товстими стінками (табл. 7, рис. 9) [1].

Таблиця 7 Вплив наведеної товщини стінки на механічні властивості чавуну з вермікулярним графітом

Механічні властивості, не менше	Наведена товщина стінки, мм				
	10	20	30	50	100
Тимчасовий розтягуванню σ_s , МПа	450	420	400	380	350
Відносне подовження δ , %	3,8	3,5	3,0	2,8	2,5
Твердість за Бринеллем, НВ	190	180	170	170	160

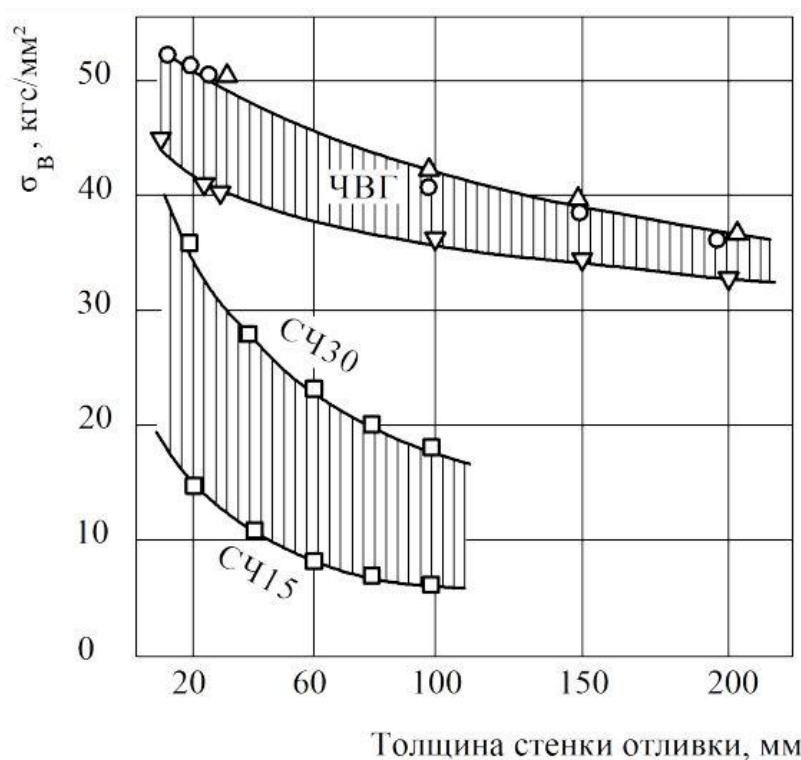


Рис. 9. Вплив товщини стінки виливки на міцність чавуну з вермікулярним та пластинчастим графітом

Слід зазначити, що поєднання високих механічних властивостей (міцності та пластичності) та підвищеного коефіцієнта теплопровідності (за порівнянню з високоміцним чавуном) дозволяє використовувати його замість сірого чавуну для відповідальних деталей загального машинобудування, особливо для деталей, що працюють в умовах теплових та значних перепадів

температур, наприклад, у дизелебудуванні. Крім того, чавун з вермікулярним графітом характеризується лінійною (вільною) усадкою рівною лінійною усадці сірого чавуну (близько 1%). Обсяг усадкових раковин (табл. 6) змінюється залежно від РС не більше 2–4 %, тобто. в 1,5-2 рази менше, ніж у чавуну з кулястим графітом, і лише трохи перевершує сірий. При цьому чавун з вермікулярним графітом допускає у виливках більшу різницю (меншу схильність до зміни механічних властивостей від товщини) стінки).

Переведення виливків із сірого чавуну на чавун із вермікулярним графітом, як правило, можливий без переробки моделей та літниково-живильної системи. Чавуни марок ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40 застосовуються для виготовлення деталей, що працюють при підвищених циклічних та механічних навантаженнях, при змінних підвищених температурах. З них виготовляють деталі верстатів, ковальсько-пресового обладнання, корпусні деталі, кріпильні деталі рам, гальмівні важелі тракторів, сполучні фланці, кришки коробки передач, вихлопні патрубки, маточини коліс, балансири.

Чавун з вермікулярним графітом застосовують при виготовленні головок циліндрів, корпусів турбокомпресорів, корпусів газових турбін, виливниць, кокільного оснащення та ін. ЧВГ45 застосовується для деталей, що працюють при значних термоциклічних та механічних навантаженнях (поршні та гільзи ДВС, корпуси гідроапаратури високого тиску, ексцентрикові зубчасті колеса, корпуси гвинтових передач та ін.).

Стабільна технологія модифікування та хороші ливарні властивості чавуну з вермікулярним графітом дають можливість отримувати з цього матеріалу якісні складні фасонні виливки, як тонкостінні, так і масивні (масою від десятків кілограм до кількох тонн).

3.4 Виливки з чавуну с кулястою формою графіту

Марки, склад та властивості чавуну з кулястою формою графіту

Марки, склад та властивості чавуну з кулястою формою графіту регламентує ГОСТ 7293-85.

Промисловий спосіб отримання високоміцного чавуну було здійснено 1947 р., а метод отримання кулястого графіту магнієм був запропонований в 1949 р. Пізніше було відкрито способи отримання чавуну з кулястим графітом введенням у розплав кальцію, літію, барію. Відомий метод отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом обробкою вуглеводнем, а також плавкою чавуну в глибокому вакуумі.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даний час високоміцний чавун з кулястим графітом широко використовується замість литої та кованої сталі, а також замість ковкого чавуну в багатьох галузях машинобудування. Виробництво чавуну з кулястим графітом складає близько 20 млн.т/г, переважно за номенклатурою відцентрово-литі труби. Вони довговічніші за сталеві в 3–8 разів. Це пов'язано з більш високою корозійною стійкістю виробів із міцного чавуну з кулястою формою графіту. Крім труб з високоміцного чавуну з кулястим графітом виготовляють такі відповідальні виливки, як колінчасті вали автомобільних двигунів, деталі турбін, що працюють в умовах ударних, знакозмінних навантажень, шатуни, прокатні валки та ін. Частина виливків з високоміцного чавуну з кулястим графітом працюють у газових та рідких середовищах (кислотах, солях, лугах). У чорній металургії ВЧ з кулястим графітом використовують для листопрокатних валків, виливниць масою до 10 т.

Відмінною особливістю чавуну з кулястим графітом є вищі показники відношення межі плинності до межі міцності (для ВЧ 0,7-0,8; для сталі 0,5-0,55). Т.к. концентрація напруг біля включень графіту кулястої форми у два і більше разів менше, ніж для графіту пластинчастої форми; то у високоміцного чавуну з кулястим графітом не лише висока міцність, але й помітні пластичні властивості.

Останнє, дозволяє виготовляти з нього виливки - деталі, що працюють при ударних навантаженнях (маточини переднього і заднього колеса, виготовляють з високоміцного чавуну замість ковкого, а колінчастий вал - замість вуглецевої сталі). Обов'язковим при виробництві виливків із високоміцного чавуну є модифікування з метою одержання кулястого графіту, низький вміст сірки (менше 0,012%) за відсутності в хімічному складі демодифікаторів (Bi, Se, Al, Ti, As, Pb) [2].

Низька чутливість до концентраторів напруг та підвищена циклічна в'язкість високоміцного чавуну з кулястим графітом дозволяють знизити переріз і масу виливків з цього сплаву, при цьому дані чавуни можна отримувати з усіма відомими структурами матриці, вибираючи склад металу, в тому числі його належне легування, технологію виробництва і методи термічної обробки. Все це створює можливість отримання дуже високих механічних властивостей, недосяжних у жодному з існуючих видів чавуну. Крім того, деякі марки цього чавуну мають також високу зносостійкість і хороші корозійну стійкість, теплостійкість, жаростійкість, холодостійкість, антифрикційні властивості та оброблюваність і можуть піддаватися зварюванню та автогенному різанню [1]. Слід відзначити, що у високоміцного чавуну з кулястим графітом схильність до утворення усадкових раковин та ливарних напруг вище, ніж у сірого чавуну, і знаходиться на рівні сталі або ковкого чавуну.

Відповідно до ГОСТ 7293-85 встановлено такі марки високоміцного чавуну: ВЧ35; ВЧ40; ВЧ45; ВЧ50; 60; 70; 80 та ВЧ100. Умовне позначення марки включає літери ВЧ – високоміцний чавун та цифрове позначення мінімального значення тимчасового опору при розтягуванні МПа.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендований ГОСТ 7293-85 хімічний склад високоміцних чавунів з кулястою формою графіту наведено в табл. 8.

Як очевидно з табл. 8, по металевій матриці чавуни поділяються на феритні, перлітно-феритні, перлітні та бейнітні. Чавуни перших двох типів виробляють у литому стані без термічної обробки, перлітні чавуни отримують з нормалізацією, а бейнітні – із загартуванням та відпусткою.

Правильна куляста форма графіту залежить від ряду факторів (склад металу, умови модифікування, шихтові матеріали та ін), але й насамперед вона пов'язана із вмістом залишкового модифікатора – магнію, церію чи інших сфероїдизаторів. Значний вплив на форму графіту, що кристалізується, надає також швидкість охолодження виливків: що більше швидкість, то правильніша куляста форма графіту.

Склад металу є одним з основних факторів, що визначають механічні властивості високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Вуглець у високоміцному чавуні з кулястим графітом, на противагу сірому чавуну, не треба підтримувати на низькому рівні для отримання високих механічних властивостей. Навпаки, він зазвичай витримується для високих марок у межах 3,2–3,6 %, що полегшує процес отримання металу у вагранках, підвищує ливарні властивості чавуну і в той же час не впливає негативно на його механічні властивості, як це має місце при пластинчастому графіту.

Таблиця 8 Хімічний склад високоміцного чавуну

Марка чавун у	Структур а матриці	Вміст елементів, %					Вид термообробк и (ТО)
		C	Si	Mn	S	P	
					не більше		
ВЧ35	Ф	3,3-3,8	1,9-2,9	0,2-0,6	0,020	0,1	Без ТО
ВЧ40	Ф	3,3-3,8	1,9-2,9	0,2-0,6	0,020	0,1	Без ТО
ВЧ45	Ф+П	3,3-3,8	1,9-2,9	0,3-0,7	0,020	0,1	Без ТО
ВЧ50	Ф+П	3,2-3,7	1,9-2,9	0,3-0,7	0,020	0,1	Без ТО
ВЧ60	П	3,2-3,6	2,4-2,6	0,3-0,7	0,020	0,1	Нормалізація
ВЧ70	П	3,2-3,6	2,6-2,9	0,4-0,7	0,015	0,1	Нормалізація
ВЧ80	П	3,2-3,6	2,6-2,9	0,4-0,7	0,015	0,1	Нормалізація
ВЧ100	Б	3,2-3,6	3,0-3,8	0,4-0,7	0,015	0,1	Загартування та відпуск

Примітка. Ф – ферит, П – перліт, Б – бейніт

Кремній дуже важливий, т.к. підбором вмісту кремнію у високоміцному чавуні з кулястим графітом регулюють кількість фериту в металевій матриці. При

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вмісті кремнію 3,0-3,3% він сприяє одержання стійкої феритної структури, проте пластичність знижується і при вмісті кремнію вище 3,5% він сприяє появі крихкості.

Тому з погляду пластичності слід приймати зміст кремнію в межах 2,0–2,4 %, а для одержання чистого фериту застосовувати термічну обробку.

Марганець надає на структуру високоміцного чавуну з кулястим графітом вплив, протилежний впливу кремнію, зменшуючи кількість фериту та збільшуючи кількість перліту, тому підвищується міцність та знижується пластичність. Для отримання високої пластичності вміст марганцю має перевищувати 0,4 %.

Фосфор дуже істотно впливає на структуру і властивості високоміцного чавуну з кулястим графітом, утворюючи фосфідну евтектику (ФЕ) та знижуючи пластичність та ударну в'язкість; тому його зміст має перевищувати 0,1 %.

Вміст сірки у вихідному рідкому чавуні до модифікації має бути низький рівень (не вище 0,02 %), т.к. вона ускладнює процес модифікування та отримання кулястого графіту і знижує механічні властивості високоміцного чавуну з кулястим графітом внаслідок утворення сфероїдизаторами сульфідів [1].

3.5 Модифікатори та методи модифікування. Розрахунок кількості модифікатора

Одержання кулястого графіту в чавуні можливе при обробці розплаву добавками, що містять Mg, Ca, Ce, Y, Nd, Pr та інші РЗМ; однак магній практично присутній у всіх застосовуваних модифікаторах. Але є елементи, які подібно до сірки є демодифікаторами, тому їх вміст у ВЧШГ не повинен перевищувати %: 0,009 Pb; 0,003 Bi; 0,026 Sb; 0,08 As; 0,04 Ti. Вплив демодифікаторів усувається добавкою РЗМ.

Технологічний процес виробництва високоміцних чавунів має забезпечити: стабільні результати; безпека та нешкідливість процесу; мінімальні втрати температури рідкого металу; максимальне засвоєння модифікатора та простоту процесу.

Для виплавки ВЧ застосовують різні плавильні агрегати, але найкращі результати були отримані при виплавці чавуну електричних печах. В даний час розроблені наступні методи отримання чавуну з ШГ, залежно від модифікатора, що використовується: магнієвий; церієвий та ітрієвий високоміцний чавун. Найбільшого поширення у промисловості набули магнієві високоміцні чавуни.

Особливості виробництва магнієвих чавунів. Магній має температуру плавлення 651 оС, температуру кипіння 1107 оС та щільність 1,74 г/см³.

Зазначені фізичні властивості свідчать про важку та невисоку ступеня засвоєння магнію рідким чавуном. Крім того, при введенні в чавун металевого магнію відбувається його інтенсивне випаровування, і він згорає з виділення білого диму.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реакція протікає дуже швидко та носить вибуховий характер. У зв'язку з цим, при виробництві магнієвого чавуну необхідно передбачати додаткові заходи щодо безпеки модифікування та гарного засвоєння магнію чавуном.

При введенні в чавун магній активно взаємодіє з O₂, N₂ і S, присутніми в чавуні. Таким чином, магній, що вводиться, витрачається на взаємодія з цими елементами і лише залишковий вміст магнію є модифікуючою добавкою, що змінює процес графітизації при кристалізації чавуну.

Якщо процес кристалізації чавуну не втручатися, то утворюється графіт пластинчастої форми.

Графіт як фаза чавуну має гексагональні ґрати з параметрами: $a = 3,2 \text{ \AA}$, $c = 6,9 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$).

У зв'язку з тим, що гексагональні ґрані ґрат є більш щільно упакованими атомами вуглецю (графіт) слід очікувати, що переважне зростання кристалів відбуватиметься в напрямку цих ґраней.

Тому форма графіту в твердому чавуні має бути витягнутою, тобто. мати пластинчасту форму.

Магній, як модифікатор, адсорбується на зростаючих ґранях кристала, утворюючи так званий адсорбційний шар навколо зародка графіту, і стримує швидкість зростання зародка. При цьому швидкості зростання зародка по різних ґранях вирівнюються, в результаті форма графіту змінюється від пластинчастої більш компактну, тобто. кулясту.

Встановлено, що мінімальна кількість залишкового магнію, необхідна для отримання кулястої форми графіту в чавуні у будь-якому перерізі виливки має бути не менше 0,03%. З урахуванням коефіцієнта засвоєння модифікатора кількість магнію, що вводиться з модифікатором, має бути близько 0,4%. При використанні комплексних сфероїдизуючих модифікаторів сумарний вміст в них магнію, кальцію та рідкісноземельних елементів має бути еквівалентно зазначеному вище вмісту магнію.

Витрата модифікатора залежить від його складу, способу введення в метал, вміст у металі сірки, температури металу та інших факторів і становить від 0,15% для металевого магнію, що вводиться в автоклаві; до 2,5% для лігатур при додаванні в ківш.

Залишковий вміст магнію в чавуні ($M_{\text{гост}}$) має становити 0,04–0,09 % для того, щоб вийшов графіт із ШГ. Якщо $M_{\text{гост}} < 0,04\%$, то графіт може вийти пластинчастий або вермикулярний, або той і інший. Якщо $M_{\text{гост}} > 0,09\%$, то чавун може бути білим. На практиці зазвичай кількість залишкового магнію в чавуні, необхідне отримання кулястого графіту, вважають рівним 0,04%. У роботі [1] кількість магнію запропоновано визначати за такою формулою:

$$[\text{Mg}] = [0,04 + 0,76([\text{C}_{\text{вх}} - 0,02)] * 1/[\text{C}],$$

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $S_{\text{сх}}$ - вміст сірки в чавуні, 0,76 - співвідношення атомних мас Mg і S; n - коефіцієнт засвоєння магнію,

Коефіцієнт засвоєння магнію залежить від методу його введення та зазвичай більше ніж 0,9 ($n < 0,9$).

Коефіцієнт засвоєння магнію залежить від типу модифікатора та методу його введення, температури металу після обробки та ін. Правильне дозування модифікатора визначається дослідним шляхом за перших плавках.

Особливості технології модифікування
Високоміцного чавуну з кулястим графітом

3.6 Особливості підготовки чавуну для модифікування. Способи введення магнієвого модифікатора

Усі сучасні методи введення магнію в чавун можна розділити на дві групи: методи (магній вводиться під надмірним тиском) та методи (магній вводиться при звичайному атмосферному тиску).

Модифікація магнієм під надлишковим тиском. Ці методи ґрунтуються на зміні температури кипіння речовини при зміні тиску.

На практиці встановлено, що при підвищенні тиску вище за атмосферний на величину 0,5–0,6 МПа температура кипіння магнію збільшується з 1107 °С (при $p = 1$ атм) до 1350 °С (при $p = 1,5$ атм).

Надлишковий тиск над рідким чавуном створюється в спеціальних пристроях, а саме в автоклави або герметизовані ковші певної ємності.

При невеликих обсягах виробництва, а також при виконанні лабораторних та дослідницьких робіт кращий метод введення модифікатора під дзвіночком у ковші з важкою металевою кришкою (рис.10 а).

У шамотографітовий або сталевий дзвіночок 1 з отворами в бічних стінках закладають і закріплюють паперовий пакет з наважкою модифікатора, кришку 2 встановлюють на ківш. Дзвіночок опускають у глиб металу [2].

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

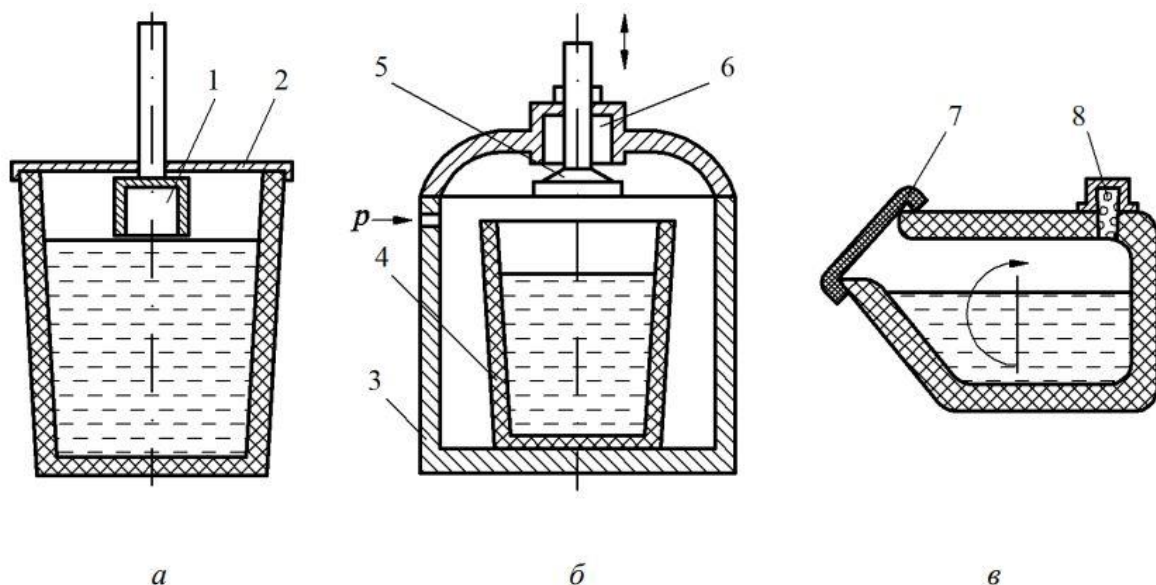


Рис. 10. Способи введення в розплав сфероїдизуючих модифікаторів: а – під дзвіночком; б – в автоклаві; в – у герметизованому ковші-конвертері; 1 – дзвіночок; 2 – кришка; 3 – корпус автоклаву; 4 – ківш із металом; 5 – мішалка; 6 – порожнина для модифікатора; 7 – кришка ковша; 8 – модифікатор

При використанні як модифікатор металевого магнію найкращі результати дає застосування автоклава (рис. 10 б). У сталевий корпус автоклава 3 при знятій кришці встановлюють ківш з металом 4. В порожнину 6 кришки закладають навішування магнію та закривають її мішалкою 5.

Кришку встановлюють на корпус автоклава, стик між ними герметизований. Між кришкою і штоком мішалки також є манжета, що ущільнює. Після подачі повітря в автоклав під тиском p пневматичний циліндр опускає мішалку вниз, при цьому модифікатор падає в метал, який переміщується в процесі зворотно-поступального руху мішалки [2]. Цей метод широко застосовувався у промисловості до розробки методів модифікування за допомогою лігатур. Широкого поширення набули також герметизовані ковші, принцип дії яких показано на рис. 10.

У зарядну камеру закладають розрахункову кількість модифікатора 8. Щільно закривають кришку 7. В ківш через горловину (при відкритій кришці 7) заливають чавун (до визначеного рівня).

Щільно закривають кришку. Ківш повертають на 90° , при цьому камера затоплюється розплавом. Магній нагрівається до температури кипіння, пари магнію утворюють підвищений тиск (до 1,5 атм.), температура кипіння магнію підвищується, його інтенсивне випаровування припиняється. Магній починає розчинятися у розплаві. Тривалість обробки становить 3-4 хв (на 10 т металу).

Модифікація під атмосферним тиском може здійснюватися декількома способами:

- Застосування магнію у вигляді механічної суміші з феросиліцієм. Для цього спочатку готуються порошкоподібний магній та подрібнений феросиліцій. Після

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змішування цих компонентів у певному співвідношенні суміш вводять в розплав чавуну не в піч, а при переливі з печі в ківш або з ковша у форму;

- Модифікація за допомогою коксу, просоченого магнієм. Відповідно до цього способу окремо, за спеціальною технологією готується кокс, просочений 40-45% магнієм. Потім цей кокс укладається на дно порожнього тигля. Тигель заповнюється розплавом і магній, переходячи з коксу в розплав, модифікує його.

Найчастіше з другої групи методів для модифікування застосовуються спеціально приготовані лігатури на основі феросиліцію, нікелю, міді з додаванням в окремих випадках крім магнію: кальцію, барію, церію, ітрію та РЗМ. Часто використовуються лігатури на основі нікелю, магнію і церію, що містять 15 % магнію та 5 % церію (щільність 5–6 кг/дм³); а також лігатури, на основі заліза, кремнію та магнію типу ФСМг5, ФСМг6, що містять 50–60 % кремнію та 3–10 % магнію (щільність такої лігатури 3–3,5кг/дм³). Перша лігатура важча, але й дорожча. Ці лігатури можуть додатково містити трохи кальцію, барію, церію та ряд інших елементів для забезпечення рафінування та десульфурації. Тяжкі лігатури на основі нікелю зазвичай закладають на дно ковша у вигляді шматків, перед заповненням його чавуном. При використанні легших лігатур на основі кремнію необхідні спеціальні технологічні прийоми. Наприклад, випуск чавуну в ківш із лігатурою, поміщеною в кишені ковша. У футеровці днища розливного ковша робиться спеціальна порожнина, що відповідає обсягу модифікатора, що завантажується в неї. Після укладання розрахункової кількості лігатури її зверху прикривають сталеві висіканням товщиною 1,5-8 мм у кількості 1,5-2,0 % від маси металу. Струмін рідкого чавуну прямує в протилежну частину ковша і потім поширюється по прикритій лігатурі. Цей процес називається "Сендвіч-процес". Застосовується цей процес при важких і середніх за густиною лігатурах. Реакція протікає спокійно та триває 20–120 с. При використанні лігатури з розмірами шматків 10-20 мм досягається наступне засвоєння магнію: 41 % з лігатури магній, залізо та кремній, 78 % з лігатури нікель, магній та кремній та 91% з нікеле-магнієвої лігатури. При використанні нікеле-магнієвої лігатури при звичайній завантаженні на дно ковша без прикриття отримано засвоєння магнію, що дорівнює 25%, при використанні способу "Сендвіч" -51%. Незважаючи на заходи, витрата лігатури на основі кремнію набагато більша, ніж витрата лігатури на основі нікелю. У деяких випадках для зменшення витрати лігатури застосовують ківш зі спеціальним пристроєм, кишенею, утвореною перегородкою дна. Перегородка ділить дно ковша на дві нерівні частини. Лігатура укладається в менше за обсягом поглиблення, утворене перегородкою, і прикривається зверху шаром дрібного злегка утрамбованого карбіду кальцію, який запобігає контакту металу з модифікатором спочатку заповнення ковша металом; а потім виконує роль десульфуратора. Витрата модифікатора при цьому способі виходить менше, ніж при способі "Сендвіч". Для поліпшення розчинення магнієвих

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лігатур необхідно розплав у ковші перемішувати (з використанням механічних мішалок або продувають розплав інертним газом). Ступінь засвоєння магнію з лігатур при цьому досягає 50%. З відомих методів модифікування лігатурами найбільший ефект досягається модифікуванням у ливарній формі (inmold process). Тонко подрібнену лігатуру поміщають у розташовану під живильником реакційну камеру. При певному поєднанні температури та швидкості заливки чавуну модифікатор розчиняється рухомим потоком металу мірою заповнення форми. Реакція протікає без прямого контакту з повітрям, піроефект відсутня. Найменша витрата лігатур. Цей спосіб дозволяє підвищити коефіцієнт засвоєння магнію з лігатур до 65-90%. Однак, при використанні цього методу необхідно передбачати, щоб у базовій шихті була мінімальна кількість сірки та лігатура була однорідною за складом, крім того, необхідний суворий контроль температури та швидкості заливки, а також точний та правильний розрахунок литникової системи. Модифікація за допомогою дроту. У розплав із постійною швидкістю подається дріт, отриманий шляхом пресування порошкоподібної лігатури, що містить залізо, кремній та магній. Дріт подається в процесі заливання форми в струмінь у литникової системи. Вплив температури та складу модифікатора на засвоєння магнію може характеризуватись даними табл. 9, зразкове дозування присадок магнію - в табл. 10 [1]. Засвоєння модифікатора нижче, ніж у першій групі.

Печі для плавки високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Техніка безпеки під час модифікації магнієм у практиці ливарного виробництва для виплавки високоміцного модифікованого чавуну з кулястою формою графіту застосовуються такі плавильні агрегати [2, 3]:

Таблиця 9 Вплив температури та складу модифікатора на засвоєння магнію

Модифікатор	Засвоєння магнію, % при температурі, °C		
	1350-1400	1400-1450	1450-1500
14–16 % Mg, 82–85 % Ni	70–60	60–50	50–40
17–20 % Mg, 50–55 % Ni, 25–30 % Si	55–45	45–35	35–30
12–16 % Mg, 12–20 % Fe, решта Si	30–20	20–15	15–10

Таблиця 10 Зразкове дозування магнієвих присадок при отриманні чавуну з кулястою формою графіту

Метод обробки чавуну магнієвими присадками	Температура металу при присадженні магнію, °C	Кількість магнію (% від маси рідкого чавуну) при використанні			
		магнію металевог о	магнієвих лігатур з вмістом магнію, %		
			40-50	15-25	8-10
У барабанних, конвертерних або інших відкритих ковшах ємністю до 1,5 т з обробкою чавуну поза камерами та введенням присадок у колоколах, карманах ковшів або за допомогою простих утримуючих пристроїв	1350-1400	0,35-0,45	до 0,4	0,25-0,30	0,15-0,25
	1410-1450	0,45-0,55	до 0,5	0,30-0,35	0,20-0,25
У ковшах відкритого типу ємністю 2-10 т та більше з обробкою металу в камерах або поза камерами під кришками з витяжкою та у копильниках вагранок при введенні присадок у колоколах	1350-1400	0,40-0,60	до 0,5	0,30-0,35	0,20-0,25
	1410-1450	0,50-0,70	до 0,6	0,25-0,30	0,15-0,20
Під тиском у спеціальних ковшах та автоклавах	1350-1400	0,15-0,30	до 0,25	≈ 0,20	≈ 0,15
	1410-1450	0,20-0,35	до 0,30	≈ 0,25	≈ 0,20

Примітки.

- Дозування дано з урахуванням вмісту сірки у вихідному чавуні близько 0,10 %. При іншому вмісті сірки кількість магнію має бути змінено відповідно.
 - Дозування дано для деталей із товщинами стінок до 120 мм. При більших товщинах кількість магнію треба збільшити. Нижні межі відносяться до менших перерізів та менших температур металу, верхні межі – до більших перерізів та вищих температур металу.
- Вагранка холодного дуття при подальшій десульфурзації та модифікації в ковші;
 - індукційна чавуноплавильна тигельна піч (ІЛД) з кислим футеруванням та десульфурациєю карбідом кальцію;
 - ІЧТ з футеруванням на основі електрокорунду та дистенсилліманіту з основним шлаком;
 - газові вагранки та ін.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак стабільні результати щодо отримання високоякісних ВЧШГ забезпечуються застосуванням дугових електричних печей з основним футеруванням ємністю 50 і більше тонн. Вміст сірки в металі не перевищує 0,012%.

Так як при введенні в чавун металевого магнію реакція випаровування та згоряння магнію протікає дуже швидко і носить вибуховий характер, то у всіх способах плавки ВЧШГ здійснюється введення магнію в ківш на максимальну глибину і рух парів магнію знизу до дзеркала металу. Одночасно повинні бути забезпечені захист обслуговуючого персоналу від світіння і викидів чавуну та ефективне відведення газів, що виділяються.

Ківш треба наповнювати рідким чавуном лише на 70–80 % за висотою. Поверхня рідкого чавуну перед введенням модифікатора має бути очищена від шлаку. Нормальна тривалість реакції 1-5 хв. Про закінчення реакції судять з припинення свічення або виділення білого диму, а також за часом. При повторному графітизуючому модифікуванні ретельно зчищають шлак, що утворився при обробці магнієм, вводять феросиліцій (ФС75) або лігатуру з феросиліцію, алюмінію та кальцію і добре перемішують з металом. Процеси плавки та модифікування повинні суворо контролюватись.

Слід пам'ятати, що з витримці модифікованого чавуну спостерігається демодифікація внаслідок зменшення вмісту магнію, особливо в ківшах і тиглях з кислим футеруванням. Темп зменшення вмісту магнію в розплаві різко знижується при витримці в тиглі з нейтральною або магнезитової футеровкою. Оптимальною для витримки та підігріву рідкого магнієвого чавуну є дистенси́лліманітове футерування, яке за нейтральними властивостями не поступається графіту, а за стійкістю -кварцитової футерування.

З усіх розглянутих способів введення модифікатора найбільшого поширення набули: обробка магнію в автоклаві, у герметизованому ковші, обробка лігатурами та модифікація у формі.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.СЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок показників організаційного плану

4.1.1 Розрахунок чисельності працюючих

Спочатку розраховуємо явочне кількість основних робітників, яке показує, скільки щодня виходить на роботу у всіх змінах:

$Rя = f \times o \times c$ чол, де f - норма обслуговування одного агрегату, чол.;

o - кількість агрегатів, шт;

c - число змін у добі.

Таблиця 4.1 - Розрахунок кількості основних робочих

Робітничі професії	Кількість робочих, чол.
Тарифні ставки:	
- плавильник	6
- шихтувальник	6
- завальник шихти	6
- пультівник у печі	6
Разом по відділенню	24

На підставі встановленого явочного кількості основних робочих розраховується їх списковий склад за формулою:

$Rсп. = Rя. / d$ чол, де d -. Коефіцієнт означає, що 7% спискового складу робочих відсутній з поважних причин, $d = 0,89$.

$Rсп. = 24 / 0,89 = 27$ чол.

Розрахунок чисельності допоміжних робітників проводимо укрупнено, кількість допоміжних робочих встановлюємо в розмірі 60% від $Rсп.$:

$Rвсп. = Rсп. \times 0,6$ чол;

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ОЧ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Організаційна частина	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Стогній О. М.						
Перевірив		Скідін І. Е						
Рецензент		Сайтгареев Л.Н				Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск		
Н.контроль		Скідін І. Е						
Затвердив		Савельев С.Г.						

$$P_{\text{всп.}} = 27 \times 0,6 = 17 \text{ чол.}$$

Кількість майстрів на ділянці визначаємо з розрахунку 25 осіб робочих на одного майстра; 1 старший майстер на 2-3х змінних майстрів. $P_{\text{м.}} = 44/25 \approx 2$ чол.

У дипломному проекті приймаємо 2 змінних майстра.

4.1.2 Планування продуктивності праці

Розраховуємо трудомісткість плавки однієї тонни рідкого металу:

$t_{\text{шт.}} = 24 \times F_{\text{е.}} / Q_{\text{ж.}}$ -годину чол, де $F_{\text{е.}}$ - Ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, год; $Q_{\text{ж.}}$ - Кількість рідкого металу за рік, т;

$$t_{\text{шт.}} = 24 \times 1763 / 59754.716 = 0,7 \text{ чол-годину};$$

Розраховуємо вироблення в натуральному вираженні:

Розрахунок на один людино-годину:

$V_{\text{р1}} = Q_{\text{ж.}} / P \times F_{\text{е.}}$ т, де P - середньооблікова чисельність основних і допоміжних робітників, чол. ;

$$V_{\text{р1}} = 59754,716 / 44 \times 1763 = 0,77 \text{ т.}$$

Розрахунок на одного робітника в рік:

$$V_{\text{р2}} = Q_{\text{ж.}} / P \text{ т.}$$

$$V_{\text{р2}} = 59754.716 / 44 = 1358,06 \text{ т.}$$

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.ОЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті при розробці плавильного відділення для плавки високоміцного чавуну обрано дугові електричні печі ДСП-6 з номінальною ємністю 6 тонн. Ці печі забезпечують високу екологічність металургійних процесів, зокрема, понижений рівень викидів пилу та газів, а також суттєве покращення якості вироблених металів і сплавів без потреби у додатковому обладнанні для підготовки шихти та позапічної обробки, при цьому використовуються дешеві шихтові матеріали.

У проєкті передбачено виготовлення форм і стрижнів на автоматизованих лініях, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці та поліпшити умови праці для робітників.

Зменшення трудомісткості та матеріаломісткості виливок, порівняно з базовим підприємством, досягнуто завдяки підвищенню коефіцієнта завантаження обладнання, що сприяло збільшенню продуктивності праці та зменшенню собівартості продукції. У проєктованому відділенні передбачено поліпшення умов праці для робітників, впровадження мотиваційних заходів, що сприяють підвищенню їх бажання працювати ефективніше.

					КНУ.РБ.136.25.150с-11.В			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Стогній О. М.			ВИСНОВКИ		Літера	Аркуш
Перевірив		Скідін І. Е						
Рецензент		Саїтгареев Л.Н						
Н.контроль		Скідін І. Е					Кафедра МЧМЛВ Група МТ-22-1ск	
Затвердив		Савельєв С.Г.						