

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проєкту сталеливарного цеху потужністю 14500 тонн
виливків на рік з розвісом лиття 200 кг.

Виконав:

студент групи МТ-23-1ск

Ігор МАЗУР

Керівник випускної роботи

Леван САІТГАРЕЄВ

Нормоконтролер

Леван САІТГАРЕЄВ

Т.в.о. завідувача кафедри

Дмитро БАБОШКО

Кривий Ріг
2026 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую

т.в.о. зав. кафедрою

_____ Дмитро БАБОШКО

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до випускної атестаційної роботи бакалавра

МАЗУР ІГОР ІВАНОВИЧ

Тема роботи: Розробка проєкту сталеливарного цеху потужністю 14500 тонн виливків на рік з розвісом лиття 200 кг.

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

затверджено наказом по КНУ від « 19 » 02 _____ 2026 р. № 112с

2. Строк подання роботи студентом « 25 » 05 _____ 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Ігор МАЗУР

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Леван САІТГАРЕЄВ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота викладена на 110 сторінках і містить 5 рисунків, 10 таблиць, 18 джерел літератури, графічну частину у вигляді креслень та презентації.

У роботі розроблено систему організації технологічного процесу виготовлення виливків з вуглецевих сталей з річним випуском 14500 тонн.

Проведено розрахунок основних відділень ливарного цеху та вибір технологічного обладнання для виробництва виливків. Розроблено технологію виготовлення виливка «Дифузор».

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВИЛИВОК, СТАЛЕВЕ ЛИТТЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ВИРОБНИЧА ПОТУЖНІСТЬ, ФОРМОВКА, ППЧ.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.Р			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мазур І.І.						
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.					1	1
Н. Контр.								
Затверд.		Бабощко Д.Ю.				МТ-23-1ск		

ЗМІСТ

ВСТУП		8
1.	ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ.	11
1.1.	Режим роботи цеху	11
1.2.	Виробнича програма	13
2.	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1.	Вибір способу виробництва виливки	15
2.2.	Характеристика литої деталі та умови її експлуатації	19
2.3.	Матеріал виливки та його властивості	20
2.4.	Формовочні, стрижневі суміші та покриття	21
2.4.1.	Формовочні суміші	21
2.4.2.	Стрижнева суміш	24
2.4.3.	Ливарні покриття	28
2.5.	Модельно-ливарне оснащення	31
2.6.	Визначення кількості стрижнів та їх розміри	35
2.7.	Ливарна форма і стрижні	37
2.7.1.	Виготовлення напівформ	39
2.7.2.	Виготовлення стрижнів з ХТС	42
2.8.	Збірка і заливка форми	44
2.8.1.	Визначення розмірів опок	45
2.9.	Розрахунок ливникової системи	49
2.9.1.	Припуски на механічну обробку	49
2.9.2.	Розрахунок ливниково-живлючої системи	51
2.9.3.	Розрахунок коефіцієнтів	54
2.10.	Вибивання, обрубка, очищення	55

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 3					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Мазур І.І.			ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.						1	2	
Н. Контр.								MT-23-1ск		
Затверд.		Бабощко Д.Ю.								

2.11.	Термообробка	57
2.12.	Контроль	59
2.13.	Види браку	60
3.	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ	63
3.1.	Плавильне відділення	63
3.1.1.	Виплавка сталі в дуговій сталеплавильній печі	65
3.1.2.	Розрахунок кількості печей	72
3.1.3.	Розрахунок кількості ковшів	73
3.2.	Відділення для приготування суміші	74
3.2.1.	Розрахунок змішувачів	78
3.3.	Формовочно-заливочно-вибивне відділення	79
3.3.1.	Розрахунок кількості формувальних ліній	89
3.3.2.	Стрижневе відділення	91
3.4.	Термообрубне відділення	91
3.5.	Внутрішньоцеховий транспорт	95
3.6.	Зведена відомість обладнання	96
4.	ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПЕЧЕЙ	97
	ВИСНОВКИ	106
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	108

ВСТУП

Ливарне виробництво є фундаментальною заготівельною базою промисловості, що багато в чому детермінує темпи та можливості розвитку ключових галузей народного господарства. Особливо вагомим є значення ливарних технологій для машинобудівного сектору: середня питома вага литих компонентів у загальній масі готових машин становить близько 40%, а в окремих категоріях складного обладнання цей показник досягає 70–80%.

У структурі світового та вітчизняного виробництва понад 80% загального обсягу виливків виготовляється за технологією лиття в разові піщані форми. Фізико-механічні та реологічні властивості цих форм безпосередньо визначають геометричну точність і якість поверхні заготовок. Через це глибоке вивчення вихідних формувальних матеріалів, а також дослідження теоретичних закономірностей формування міцнісних характеристик сумішей є базовою умовою для коректного проектування ливарної технології та забезпечення стабільно високих експлуатаційних параметрів деталей.

Проектований цех середнього та великого сталевих лиття функціонує в режимі великосерійного виробництва. Спеціалізацією підприємства є випуск сталевих заготовок у ваговому діапазоні від 20 до 200 кг. Основними конструкційними матеріалами, згідно з річною програмою випуску, є ливарні вуглецеві сталі марок 25Л та 35Л за ГОСТ 977-88.

До складу цеху інтегровано замкнутий технологічний комплекс, що охоплює наступні виробничі підрозділи:

- сумішоприготувальне відділення — забезпечення ліній кондиційними формувальними та стрижневими сумішами.
- формувальне відділення — механізоване виготовлення напівформ.
- стрижневе відділення — формування стрижневих систем для відтворення внутрішніх порожнин виливків.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 З			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Лит.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мазур І.І.						
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.					1	2
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.						
Затверд.		Бабощко Д.Ю.						
						МТ-23-1ск		

- заливально-вибивна дільниця — збирання форм, координація процесів заливання розплаву та подальше вилучення заготовок після кристалізації.
- плавильне відділення — підготовка рідкого металу із заданим хімічним складом та температурним потенціалом.
- термообробне (фінішне) відділення — відділення ливникових систем, очищення, видалення пального і дефектів, а також остаточна термічна обробка виливків.

Комплектація та вибір технологічного устаткування цеху базуються на впровадженні автоматичних ліній, роботизованих комплексів та агрегатів, які мінімізують або повністю виключають застосування важкої ручної праці. Такий підхід дозволяє забезпечити високу конкурентоспроможність продукції завдяки прецизійній точності та стабільності технологічних процесів; суворе дотримання чинних нормативів з техніки безпеки, промислової санітарії та охорони праці персоналу; мінімізацію екологічного навантаження на навколишнє середовище шляхом використання замкнутих систем регенерації і сучасних пилогазоочисних фільтрів.

При розробці проекту особлива увага приділена коефіцієнтам завантаження обладнання. Високий рівень капітальних витрат на механізацію та автоматизацію повністю компенсується інтенсивною експлуатацією парку верстатів та агрегатів, що оптимізує собівартість тонни придатного литва та скорочує термін окупності підприємства.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.В	Анк
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лист		2

1. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ

1.1 Режим роботи цеху

Часова та просторова координація окремих технологічних операцій у процесі виготовлення виливків визначає виробничий режим ливарного цеху. Обрана схема організації безпосередньо впливає на логістичну структуру та загальну ефективність інфраструктури підприємства. У практиці проектування ливарних цехів застосовують дві базові схеми організації виробництва: послідовну та паралельну.

Послідовний режим передбачає виконання ключових етапів технологічного процесу дискретно (почергово) в різні періоди робочої доби на одній і тій самій виробничій площі.

Паралельний режим характеризується повною синхронізацією процесів, коли всі основні та допоміжні технологічні операції реалізуються одночасно на різних спеціалізованих ділянках цеху.

Впровадження паралельного режиму має комплекс переваг порівняно з послідовним: оптимізація циклу: забезпечується суттєве скорочення загальної тривалості виробничого циклу отримання заготовок; ефективність площ: підвищуються коефіцієнти інтенсивного використання виробничих площ та основного технологічного устаткування; техніко-економічні показники: стабілізуються якісні параметри литва та знижується собівартість тонни придатного продукту.

Змінність роботи за умови паралельної організації детермінується номенклатурним обсягом, масою та габаритними характеристиками

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лам.</i>	ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аквішів</i>
Розроб.		Мазур І.І.					1	4
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.						
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.						
Затверд.		Бабошко Д.Ю.						
						МТ-23-1ск		

ВИГОТОВЛЮВАНИХ ВИЛИВКІВ.

Для проектного автоматизованого цеху прийнято паралельний режим, що базується на п'ятиденному робочому тижні з тривалістю робочої зміни 8 годин.

Розрахунок потреби в обладнанні та його завантаження здійснюється на основі дійсного (ефективного) фонду часу Фд. Даний показник розраховується шляхом вирахування з номінального часового ресурсу неминучих технологічних втрат, регламентованих нормами планово-попереджувальних ремонтів (ППР) та сервісного обслуговування, що необхідно для забезпечення стабільного й організованого функціонування цеху.

Календарний фонд часу визначається за формулою:

$$Фк = Дк \cdot Тс, \quad (1)$$

де $Дк$ – кількість календарних днів у році; $Тс$ – кількість робочих годин у зміні, год. $Фк = 365 \cdot 8 = 2920$ год.

Номінальний фонд часу визначається за формулою:

$$Фн = (Дк - Дв - Дпр) \cdot Тс \cdot Ксм, \quad (2)$$

де $Дв$ – кількість вихідних днів у році;

$Дпр$ – кількість святкових днів у році;

$Ксм$ – режим змінності.

$$Фн = (365 - 98 - 16) \cdot 8 \cdot 3 = 6024 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу визначається за формулою:

$$Фд = Фн \cdot k, \quad (3)$$

де k – коефіцієнт, що враховує невиходи працівника з поважної причини ($k = 0,9$).

$$Фд = 6024 \cdot 0,9 = 5422 \text{ год.}$$

Розрахунок фонду часу роботи обладнання

Для розрахунку необхідної кількості обладнання необхідно знати дійсний фонд часу роботи обладнання. Дійсний фонд часу визначаємо за формулою:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		2

$$F_{д} = F_{н} \cdot (1 - \alpha / 100), \quad (4)$$

де α – втрати часу на плановий ремонт, %;

$F_{н}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання, год.

Номінальний фонд часу роботи обладнання становить 2008 год на одну зміну, але оскільки в добі 3 зміни, то $F_{н} = 6024$ год.

Таблиця 1.1- Розрахунок дійсного фонду часу роботи обладнання

Відділення	$F_{н}$	α	Розрахунок $F_{д}$	Значення, год
Змішувальне	6024	6,5	6024	5632,5
Стрижневе		4,5	$6024 \cdot (1 - 4,5/100)$	5752,9
Формовочне		5,5	$6024 \cdot (1 - 5,5/100)$	5692,7
Плавильне		5	$6024 \cdot (1 - 5/100)$	5722,8
Термообрубне		6	$6024 \cdot (1 - 6/100)$	5783,1

2.1 Виробнича програма

Виробнича програма є вихідним документом для планування випуску продукції. Вона визначає режим роботи цеху.

На дані виробничої програми ми спираємося при розрахунку основного обладнання цеху, в даному випадку - плавильного відділення.

Для проектування ливарного цеху складаємо виробничу програму. Дані представлені в таблиці 1.2.

Річний випуск лиття з урахуванням ремонтного лиття і поставок запасних частин склав 14500 т. Вага рідкого металу становить 19996,312 для подальших розрахунків приймемо 20000 т рідкого металу.

Таблиця 1.2 - Виробнича програма

Масова група	Найменування виливки	Сплав	Маса деталі, кг	Маса виливки, кг	Маса виливка з Л:С і надливками, кг	Загальна кількість виливків на програму, шт	Брак механічного цеху, шт	Брак лиття, шт	Загальна кількість виливків з урахуванням браку, шт	Маса виливків без ЛПС на річну програму, т	Маса рідкого металу на програму, т	Коефіцієнт виходу придатного, %
0-50	Кришка	25	29,3	34,9	49,9	8000	400	560	8960	312,704	447,104	69,94
	Дифузор	25	33,5	49,2	68,1	8000	400	560	8960	440,832	610,176	72,25
	Букса	25	29,7	33,3	49,3	8000	400	560	8960	298,368	441,728	67,55
	Козирок	25	45,6	57,7	82,4	8000	400	560	8960	516,992	738,304	70,02
	Щит	25	41,7	52,3	71,8	8000	400	560	8960	468,608	643,328	72,84
50	Дифузор	25	42	55,1	74,0	6000	300	420	6720	370,272	497,28	74,46
	Венець	25	92,1	124,6	164,3	6000	300	420	6720	837,312	1104,096	75,84
	Маточина	25	71,5	75,3	112,5	6000	300	420	6720	506,016	756	66,93
	Плита	25	68	79,1	111,5	6000	300	420	6720	531,552	749,28	70,94
	Погон	25	56,7	61,3	89,6	6000	300	420	6720	411,936	602,112	68,42
100	Оголовок	25	111,1	119,55	163,2	5500	275	385	6160	736,428	1005,312	73,25
	Диск	25	146,3	154,4	218,9	5500	275	385	6160	951,104	1348,424	70,53
	Валик	25	102,3	127,5	161,4	5500	275	385	6160	785,4	994,224	79
	Захист	25	137,8	147,6	198,3	5500	275	385	6160	909,216	1221,528	74,43
	Хомут	25	122,9	130,3	184,1	5500	275	385	6160	802,648	1134,056	70,78
150	Кришка	25	150	187	248,5	5000	250	350	5600	1047,2	1391,6	75,25
	Стійка	25	179,3	199,1	281,3	5000	250	350	5600	1114,96	1575,28	70,78
	Упор	25	181,1	210,4	285,6	5000	250	350	5600	1178,24	1599,36	73,67
	Рульова тяга	25	165,2	196,2	271,2	5000	250	350	5600	1098,72	1518,72	72,35
	Тяга	25	177,6	211,1	289	5000	250	350	5600	1182,16	1618,4	73,04
Всього						122500	6125	8575	137200	14500,668	19996,312	-

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								4

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір способу виробництва виливки

Технологічний процес виготовлення виливки повинен відповідати певним технічним вимогам до деталей і литих заготовок. Технічні вимоги регламентуються кресленням деталі, технічними умовами, державними та іншими стандартами, в яких встановлюються вимоги до хімічного складу і механічних властивостей сплавів, до геометричної форми і розмірів виливків, до стану зовнішньої і внутрішньої поверхні, до отримання у виливках відповідних структур, як за крупністю зерна, так і за фазовим складом, вимоги до способів виявлення і виправлення поверхневих і внутрішніх ливарних дефектів. Разом з цим ставиться завдання отримання виливків з мінімальним припуском на механічну обробку і мінімальною їх вартістю.

Сьогодні практично не існує деталей, заготовки під які не можна було б виготовити тим чи іншим способом лиття. Все питання в тому, якими властивостями повинна володіти лита заготовка і в що обходиться її виготовлення. Вимоги до якості виливків є основою розроблюваного технологічного процесу їх виготовлення.

Використання засобів механізації та автоматизації ливарних процесів, що передбачаються при розробці технології, повинно поєднуватися з технічними рішеннями, що відповідають вимогам виготовлення виливків високої якості, що відповідає також високому рівню службових властивостей деталей.

З огляду на різноманіття способів лиття та принципів, на яких вони базуються, можна виділити такі класифікаційні ознаки способів лиття:

- тип форми;
- основу матеріалу форми;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат.</i>	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акцид.</i>
Розроб.		Мазур І.І.					1	47
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.						
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.						
Затверд.		Бабошко Д.Ю.						
						МТ-23-1ск		

- природу сполучних добавок;
- тип оснащення;
- спосіб ущільнення суміші;
- спосіб зміцнення форми;
- спосіб впливу на рідкий розплав;
- спосіб заливки сплаву;
- спосіб силового впливу на розплав у процесі заливки та кристалізації,
- спосіб поверхневого або об'ємного зміцнення сплаву у виливку.

Ознаки 3-6 відносяться до форм, що виготовляються з дисперсних матеріалів. Ознака 4 включає різні види оснащення, що застосовується для виготовлення форми: наявність і тип опок, їх кількість; матеріал і тип моделей (дерев'яна, металева, виплавлена, розчинна, випалювана, газифікована тощо); наявність і тип шаблонів, контрольних перерізів стрижневих ящиків тощо. Для ущільнення суміші (ознака 5) застосовують різноманітні методи, ударні впливи трамбуванням, метання суміші, ущільнення струшуванням, піскоструминне та піскострільне ущільнення, пресування, імпульсний вплив, вибуховий вплив, застосування вакуумування тощо.

Кожен самостійний спосіб лиття відрізняється від інших хоча б за одним із перерахованих вище критеріїв.

В даний час зафіксовано 54 принципово різних способи лиття, які застосовуються на практиці. 64% цих способів засновані на використанні дисперсних формувальних матеріалів. 30% - на застосуванні форм із суцільних матеріалів (металеві, графітові форми тощо) і 6% способів не вимагають ливарних форм.

Шляхом ущільнення форми виливки виготовляються в 59 % способів, в 6 % - без ущільнення, в 29 % способів форми виготовляються шляхом лиття і подальшої механічної обробки. У 75 % способів застосовується вільна заливка форм, в 6 % - безперервна. Кількість способів лиття збільшується з впровадженням нових способів.

Ось перероблений фрагмент у суворому науково-технічному стилі. Текст

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
						2
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		

структуровано для розділу «Обґрунтування та вибір способу виготовлення виливків» вашої бакалаврської роботи.

Обґрунтування методу формування в умовах високосерійного виробництва

Вибір оптимального методу отримання заготовок базується на комплексному аналізі специфікації замовлення та оцінці технологічності конструкції деталі. Ключовим детермінуючим чинником при цьому виступає заданий тип і серійність виробництва. Технічні вимоги, що пред'являються до геометричної точності та шорсткості поверхні виробу, враховуються як сопряжені критерії, оскільки вони безпосередньо впливають на обсяг капітальних витрат на проектування і виготовлення ливарних форм та модельного оснащення.

В умовах великосерійного та масового типів виробництва найбільш раціональним є впровадження спеціальних способів лиття або класичного лиття в разові сирі піщано-глинисті форми. Технологічний процес збирання таких форм реалізується за допомогою високопродуктивних формувальних машин або на комплексних автоматизованих лініях.

Метод виготовлення виливків у сирих піщаних формах є найбільш економічно виправданим інженерним рішенням з огляду на наступні чинники:

- відсутність етапу теплового сушіння напівформ дозволяє повністю виключити зі структури цеху сушильні агрегати, скоротити довжину транспортних конвеєрів та нівелювати потребу в додаткових площах для проміжного складування форм перед термообробкою.
- усунення операції сушіння ліквідує прямі витрати палива та електроенергії на роботу печей.
- порівняно з технологією формування «по-сухому», часовий інтервал виготовлення ливарної форми суттєво скорочується, що гарантує високий та стабільний темп роботи автоматичного потоку.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лат		3

- мінімізація енергетичних, матеріальних та часових витрат безпосередньо забезпечує зниження собівартості тонни придатного литва, що робить формування «по-сирому» пріоритетним варіантом при індустріальному проектуванні.

При масовому виробництві для виготовлення виливки «Дифузор» використовують сирі піщані форми, що виготовляються на автоматичній формувальній лінії, оскільки цей спосіб є найбільш економічним. До переваг лиття в разові форми відносяться наступні фактори:

- можливість отримання виливків з будь-яких сплавів;
- відносно невисокі витрати на оснащення та пристосування;
- можливість отримання виливків будь-якої маси і розмірів;
- відсутність дорогого обладнання;
- застосування доступних формувальних матеріалів;
- забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей (міцність, зносостійкість);
- невисока трудомісткість процесу;
- зниження обсягу механічної обробки.

На підставі завдання визначимо серійність виробництва деталі «Дифузор» масою 42,0 кг – масове або великосерійне виробництво.

Під технологічністю литої деталі будемо розуміти ступінь відповідності її конструкції технологічним вимогам формування виливки у формі, формоутворення, видалення виливки з форми, стрижнів з виливки тощо. Низька технологічність конструкції деталі призводить до підвищеного браку виливків, збільшення витрат на їх отримання і механічну обробку, до зниження їх експлуатаційних властивостей. Очевидно, що технологічність деталі пов'язана з особливостями застосовуваних способів лиття.

Технологічність литої деталі повинна забезпечуватися на стадії її конструювання при співпраці конструкторів і ливарників-технологів. При правильно сконструйованій литій деталі процес побудови креслення виливки істотно спрощується і виливка максимально наближається до деталі. При цьому

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лам		4

не потрібні значні технологічні напуски і конфігураційні відхилення, що призводять до різкого зниження коефіцієнта використання металу і підвищення трудомісткості механічної обробки виливки.

Деталь «Дифузор» має нескладну конфігурацію. Для виготовлення деталі литтям в піщано-глинисті форми необхідно запропонувати технологічну конфігурацію, а також призначити формувальні ухили і радіуси переходів, щоб не було гострих кутів у виливці.

Параметри конструкції виливки, перш за все, товщина і протяжність її найбільш тонкостінних елементів впливають на заповнюваність форми сплавом і появу таких дефектів, як спаї і недоливи. Товщина стінок виливків не повинна бути менше деяких мінімальних значень, що визначаються рідкоплинністю сплаву і технологією виготовлення виливків. Лита стінка виконує певні важливі функції: надає деталі необхідну конфігурацію, забезпечує необхідну міцність і т.д. Товщина стінки виливки залежить від виконуваної нею функції. Товщина стінок рівномірна, що призведе до рівномірної кристалізації, а не буде концентратором напружень.

Правильне розташування виливка у формі, а також правильно підібрана і розрахована ливник система і встановлені живильні надливи, повинні звести до мінімуму виникнення усадочних дефектів. Для даного виливка передбачена механічна обробка, що в свою чергу призведе до збільшення маси виливка і зниження коефіцієнта виходу придатного.

2.2 Характеристика литої деталі та її умови служби

Для розробки представлений ескіз деталі «Дифузор», виливка представляє колесо з бобишками. Розміри деталі $\text{Ø}960 \times 175$ мм. Середня товщина стінки 12 мм, маса 42,0 кг. Виливка відноситься до другої групи серед класифікації сталевих виливків за ДСТ. Точність виливки 11-0-0-11 за ГОСТ 53464-2009, .

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		5

Таблиця 3 - Класифікація виливків за призначенням

Призначення	Характеристика
Відповідальні	Виливки деталей, що випробовуються на міцність, працюють при статичних навантаженнях, а також в умовах тертя ковзання

Це вилівка відповідального призначення, для деталей, що випробовуються на міцність, працюють при статичних навантаженнях, а також в умовах тертя ковзання. Їй відповідає наступний перелік контрольованих показників якості: зовнішній вигляд, розміри, хімічний склад. Матеріал, з якого виготовляється вилівка, повинен мати високий опір термічній втомі.

Деталь «Дифузор» віднесемо до деталей відповідального призначення - 2 група, що працюють при навантаженнях, а в якості матеріалу деталі виберемо сталь 25Л, зазначену в кресленні деталі. За класифікацією складності вилівка відноситься до 3 групи складності.

Частина виливки виконується стрижнями (зовнішні бобишки і поверхня виливки).

2.3 Матеріал виливки та його властивості

Сталеві виливки мають вищі механічні властивості, ніж чавунні, і використовуються для виробництва відповідальних деталей машин. Усадка сталі в середньому дорівнює 2%.

Матеріал, передбачений конструктором для виготовлення даних виливків 25Л, матеріал заміник 35Л.

На зносостійкість деталей впливають мікроструктура і твердість сталі. Дослідження механізму зношування деталей в умовах, що імітують процеси, які протікають при експлуатації верстатів, дозволяють обґрунтувати вимоги до структури і властивостей сталі. Щоб задовольнити цим вимогам, необхідно особливу увагу приділяти процесам отримання рідкої сталі.

Ефективність функціонування ливарного цеху та рівень якісних показників готової продукції значною мірою детермінуються рівнем

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лам		6

технологічності конструкції деталі з позицій ливарної технології. Інженерна практика свідчить, що найбільш раціонально дане завдання вирішується за умови синергетичної взаємодії між інженером-конструктором та технологом-ливарником.

Такий інтегрований підхід дозволяє вийти за межі загальних рекомендацій нормативної документації та врахувати комплекс специфічних чинників, притаманних конкретному виробничому об'єкту:

- адаптація геометрії деталі (наприклад, призначення ливарних ухилів, радіусів заокруглень, товщини стінок) до закономірностей кристалізації та живлення сплаву у формі для запобігання усадочним дефектам.

- узгодження конфігурації заготовки з кінематичними та конструктивними можливостями автоматичних формувальних ліній, формування оптимальної площини роз'єму та умов безперешкодного вилучення моделей із форми.

- врахування номенклатури та габаритів наявного опочного оснащення, характеристик сумішоприготувального обладнання та пропускної здатності внутрішньоцехового транспорту.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 25Л

C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, %
0,22-0,30	0,45-0,90	0,20	0,04	0,04	0,22-0,30

* Не більше Cu 0,03%, Ni 0,03%.

Таблиця 2.2 -Механічні властивості 25Л

Межа плинності, σ , МПа	Тимчасовий опір σ_B , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження шийки зразка ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²	Твердість НВ, НРС _E
не менше					
235	441	19	30	343	146

Таблиця 2.3 – Фізичні та технологічні властивості 25Л

Найменування	Параметр
Температура початку затвердіння	1480 - 1490 ⁰ С
Рідкоплинність	$K_{жт} = 1,0$
Лінійна усадка	$\varepsilon = 2,2 - 2,3\%$
Зварюваність	Обмежено зварювана
Показник стійкості до тріщин	$K_{ту} = 0,2$
Схильність до утворення усадочної раковини	$K_{ур} = 1,2$
Схильність до утворення усадочної пористості	$K_{у.п.} = 1,0$

2.4 Формовочні, стрижневі суміші та покриття

2.4.1 Формовочні суміші

Сумішоприготувальний підрозділ цеху призначений для централізованого приготування кондиційних формувальних і стрижневих сумішей заданого складу. Технологічний контур обробки оборотної (відпрацьованої) суміші передбачає її транспортування з накопичувальних бункерів після обов'язкового очищення від феромагнітних включень та сторонніх домішок за допомогою механізованих полігональних сит. Подача свіжих сировинних компонентів — кварцового піску та ливарної глини — до видаткових бункерів змішувальних бігунів реалізується стаціонарними стрічковими конвеєрами. До кондиційного стану наповнювача (кварцового піску) висуваються жорсткі технологічні вимоги: матеріал повинен пройти попереднє сушіння, а присутність сторонніх включень або механічного засмічення повністю виключається.

Для формоутворення в умовах автоматизованої лінії цеху застосовуються сирі піщано-глинисті (бентонітові) суміші. Початкова міцність такої системи у вільному стані є мінімальною; задані фізико-механічні характеристики та остаточна міцність напівформ досягаються безпосередньо на модельному оснащенні в процесі ущільнення. Дана трансформація реалізується виключно за

рахунок механічного впливу (диференційованого пресування чи струшування) без залучення додаткових хімічних затверджувачів або термічної обробки.

Центральним технологічним вузлом сумішоприготувальної установки є змішувач періодичної або безперервної дії, який координує формування реологічних властивостей формувального матеріалу. Протягом робочого циклу змішувач забезпечує послідовне виконання наступних критичних операцій: прецизійне введення технологічної води та освіжаючих добавок (свіжих пісків, бентоніту, вугілля) відповідно до заданої рецептури для компенсації втрат після вибивання форм; інтенсивне перемішування для досягнення абсолютної однорідності розподілу всіх твердих та рідких складників суміші по всьому робочому об'єму замісу; ефективне диспергування бентонітової глини з метою формування рівномірних адгезійних оболонок навколо зерен кварцового піску. Це є базовою інженерною умовою для досягнення необхідних показників міцності на стиск у вологому стані та оптимальної газопроникності форми.

Формувальна суміш постійно перемішується, одночасно з цим подається повітря для утворення псевдозрідженого шару. Це забезпечує збільшення поверхні теплообміну між повітрям і формувальною сумішшю. На початку циклу подається вода, яка і бере участь в охолодженні і зволоженні. Потім із завантажувального бункера подається збіднена формувальна суміш. Таким чином охолодження починається вже з перших миттєвостей перемішування.

Пара, що утворюється в результаті контакту води з формувальною сумішшю, безперервно видаляється витяжною системою. Видалені пари повинні подаватися в фільтр-осушувач, де вони будуть доводитися до стану, в якому можливий їх випуск в навколишнє середовище відповідно до чинного природоохоронного законодавства.

Єдині суміші застосовують при машинному і автоматичному формуванні в цехах серійного і масового виробництва. При переробці для повторного застосування в них вводять достатню кількість свіжих матеріалів для додання високих технологічних властивостей. Контроль відповідності хімічного складу здійснюється спеціальними датчиками, якими оснащений лопатевий змішувач

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лист		9

P6000, що входить в комплект автоматичної формувальної лінії фірми «Belloi&Romagnoli», (Італія).

Впровадження наведеного технологічного процесу приготування формувальної суміші дозволяє максимально ефективно реалізувати фізико-хімічний потенціал сучасних багатокомпонентних сполучних систем. Це є базовою інженерною умовою для стабільного отримання високоякісних виливків із прецизійними параметрами шорсткості та високою чистотою робочих поверхонь.

Фізико-механічні та реологічні характеристики готової суміші після замісу підлягають обов'язковій верифікації на сувору відповідність нормативним показникам, наведеним у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Норми формувальної суміші

Найменування показника	Норма
Вологість, %	4,0
Газопроникність в одиницях, не менше Міцність на стиск у сирому стані, МПа	12 0,04

Склад суміші повинен відповідати зазначеним у таблиці 2.5.

Відпрацьована суміш становить основу виробничої формувальної суміші. Її температура і залишкова вологість завжди непостійні, тому вона повинна бути попередньо охолоджена, просіяна, очищена від залишків стрижнів, металу, пилу і зволожена не менше ніж до 1,8-2,4%.

Таблиця 2.5 - Склад формувальної суміші

Найменування складових	% за обсягом	Кількість, кг
Суміш оборотна	90,0	900
Пісок кварцовий сухий	5,0	50
Глина	5	50
Вода	4,0	40

2.4.2 Стрижнева суміш

До стрижневої суміші висуваються більш високі вимоги, ніж до

формувальної, щодо міцності, газопроникності, газоутворення, податливості, вибиваності та вогнетривкості, оскільки під час заливки та охолодження металу у формі стрижні більшою мірою стикаються з металом і інтенсивніше прогріваються.

Технологічний комплекс підготовки стрижневих сумішей базується на суворому дотриманні послідовності та параметрів дискретних операцій, що гарантують формування заданого рівня експлуатаційних властивостей. Робочий цикл приготування сумішей охоплює такі етапи: зважування та об'ємне відмірювання вихідних інгредієнтів (вогнетривкої основи, зв'язуючих систем) відповідно до затвердженої рецептури; завантаження компонентів у робочу камеру змішувача у чітко регламентованій послідовності для запобігання передчасній полімеризації смол; інтенсивне перемішування компонентів з метою забезпечення абсолютної однорідності розподілу зв'язуючих плівок на зернах піску та стабілізації фізико-механічних характеристик готової суміші.

У проєктованому ливарному цеху для виготовлення стрижневих систем прийнято прогресивну технологію формування із холоднотвердіючих сумішей із наступним продуванням газоподібним каталізатором (Cold-box-процес).

Компонентний склад, фізико-механічні параметри (міцність, газопроникність, осипність), а також регламент приготування сумішей, протипригарних фарб та розділових складів для оснащення детермінуються внутрішнім стандартом підприємства (СТП) та картами технологічного контролю. Це гарантує стабільність параметрів суміші незалежно від сезонних коливань температури та вологості в цеху.

Застосування Cold-box-процесу для формоутворення стрижнів забезпечує комплекс технологічних та економічних переваг порівняно з класичними методами теплового сушіння:

- затвердіння стрижня безпосередньо в робочій порожнині ящика повністю виключає його деформацію при зніманні та транспортуванні, що забезпечує високу точність розмірів і геометрії. Це безпосередньо транслюється у підвищення точності геометричних параметрів самого

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лам		11

виливка.

- хімічна та термічна стійкість ХТС мінімізує ризики виникнення пригару, утяжин та механічних зазорів, забезпечуючи високу чистоту поверхні внутрішніх порожнин литва.
- досягнення прецизійних розмірів литої заготовки дозволяє суттєво знизити технологічні припуски на подальшу механічну обробку. Це призводить до зменшення обсягів металу, що йде у стружку, знижує енергоємність різання, скорочує знос інструменту та мінімізує сумарну собівартість фінішної обробки деталі.

В якості вихідних компонентів для приготування стрижневих сумішей застосовуються:

Пісок кварцовий основної марки 1К₂ О₂ фракцій 016, 02, 025, 03 за ГОСТ 2138-98;

для стрижнів:

- смола «Резамін А»;
- смола «Резамін Б»;
- сполучна речовина «Резамін К».

У цеху для виготовлення стрижнів для виливання «Дифузор» використовується cold-box-amine процес з використанням сполучних - фенольної смоли і поліізоціанату і газовим каталізатором триетиламіном. Нижче наведено рекомендований склад стрижневої суміші та її технологічні властивості.

Таблиця 2.6 - Склад стрижневої суміші

Суміш	Склад суміші, масова частка			
	Пісок кварцово-вий сухий	Смола «Резамін А»	Смола «Резамін Б»	Затверджувач «Резамін К» триетиламін
Стрижнева	100,0	0, %6 від піску	0,6 % від піску	8% від смоли «Резамін А»

Базовим вогнетривким наповнювачем для приготування стрижневих сумішей виступає сухий кварцовий пісок. До його вхідних кондицій висуваються суворі регламентні вимоги: температурний інтервал матеріалу

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лат		

повинен стабільно перебувати в межах 18–30 °С, а гранично допустима масова частка вологи не повинна перевищувати 0,5%, оскільки надлишкова волога деактивує каталізатор та знижує кінцеву міцність стрижнів.

Приготування холоднотвердіючих сумішей (ХТС) реалізується безпосередньо на стрижневих автоматах за допомогою інтегрованих одновальних високошвидкісних змішувачів безперервної дії серії «АНВ» (модифікації «АНВ-10», «АНВ-20» та «АНВ-40»). Технічна продуктивність зазначених агрегатів становить відповідно 1, 3 та 5 тонн готової ХТС за годину.

Конструктивне виконання змішувачів включає автоматизований дозатор наповнювача, а також прецизійні пристрої нагнітання й дозування рідких хімічних компонентів. В інженерну схему обладнання впроваджено багаторівневу систему захисного блокування: у разі відкриття оглядових чи обслуговуючих люків автоматично зупиняється електропривод лопатевого вала та повністю припиняється подача складників. Абсолютна герметичність робочої зони апарата унеможливорює емісію газоподібного каталізатора, витік рідких зв'язуючих агентів або некондиційної суміші в навколишнє середовище цеху.

Логістика компонентів та автоматичне керування рівнями: подача піску в змішувальну камеру здійснюється гравітаційним способом із видаткового бункера, змонтованого над стрижневим автоматом. З метою виключення аварійних режимів — зокрема неконтрольованого змішування рідких смол (компонентів А і Б) за відсутності твердого наповнювача — бункер оснащений ємнісними датчиками верхнього та нижнього рівнів. Спрацьовування індикатора критично низького рівня автоматично блокує функціонування змішувального вузла.

Транспортування рідких зв'язуючих від централізованого складу до робочих місць реалізується за допомогою підлогових транспортних засобів. Хімічні компоненти первинними насосними агрегатами закачуються в термостатировані технологічні ємності для підігріву та стабілізації в'язкості, після чого за допомогою дозувальних насосів другого ступеня транспортуються

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лам		13

безпосередньо у змішувач. Конструкція термостатированих баків обов'язково передбачає наявність захисних піддонів з уловлювачами для локалізації можливих аварійних розливів хімічних речовин.

Рідкий третинний амін, що виступає каталізатором для Cold-Box-Amine процесу, транспортується живильним насосом у видаткову місткість газогенератора. Фізико-хімічна реакція полімеризації зв'язуючого ініціюється в момент контакту смоляного комплексу з активованим наповнювачем. Кінетика затвердіння характеризується наявністю чітко вираженого індукційного періоду (початкова стадія протікає з низькою швидкістю), після чого реакція набуває автокаталітичного прискорення до повного завершення просторової зшивки полімеру.

Оскільки сформований стрижень після закінчення хімічної реакції володіє високою жорсткістю та мінімальною пружною еластичністю, до стрижневого оснащення висуваються підвищені вимоги: формотворчі поверхні ящиків повинні мати прецизійну чистоту (низьку шорсткість) та оптимально розраховані конструктивні технологічні ухили для забезпечення безперешкодного вилучення готового виробу без руйнування його робочих крайок.

2.4.3 Ливарні покриття

Технологічні ливарні покриття визначаються як спеціалізовані дисперсні шари матеріалів, що наносяться на робочі поверхні ливарних форм та стрижневих систем. Їхнє впровадження спрямоване на формування заданих фізико-хімічних і морфологічних властивостей поверхневого шару заготовки, а також на точне відтворення проектної конфігурації виливка.

У технологічному регламенті виготовлення деталі-представника «Дифузор» передбачено застосування двох функціональних категорій захисних матеріалів:

1. Наносяться на модельне оснащення та робочі порожнини

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		14

стрижневих ящиків. Головною інженерною функцією цих складів є зниження адгезійної взаємодії на межі розділу «модель–суміш», що суттєво полегшує процес вилучення піщано-глинистих напівформ і стрижнів, запобігаючи руйнуванню їхніх робочих крайок. Як базовий розділовий агент у проекті прийнято композиційну суміш гасу та кріпильного зв'язуючого типу УСК.

2. Застосовуються для локальної обробки формотворчих поверхонь. Вони забезпечують інтенсивне зростання поверхневої міцності форм і стрижнів, мінімізують показники їхньої осипаності під час транспортування та складання, а також підвищують термохімічну й ерозійну стійкість проти динамічної дії потоку розплаву. Це гарантує стабільне отримання чистих виливків без механічного та хімічного пригару.

Для поверхневого фарбування стрижневих систем регламентовано використання швидковисихаючих протипригарних композицій на спиртовій основі (із застосуванням етилового спирту або летких органічних розчинників). Висока швидкість випаровування рідкої фази дозволяє відмовитися від додаткового тривалого теплового сушіння оснащення, що оптимізує загальний час тривалості виробничого циклу.

Таблиця 2.7 - Склад розділового покриття

Найменування показника	Норма
Гас освітлювальний, %	85 - 89
Сполучна ливарна УСК-1, %	15

Ефективність захисної дії ливарних покриттів та стабільність геометричних параметрів виливків детермінуються суворим дотриманням технологічної гігієни та нормативних вимог на етапі підготовки складів.

Загальнотехнічні вимоги до захисних матеріалів:

– вхідні сировинні матеріали, що використовуються для приготування протипригарних суспензій, розділових мастил та адгезійних клейових композицій, повинні повністю відповідати фізико-хімічним параметрам, зафіксованим у регламенті СТП АДК 155-2001.

- приготування фарб реалізується виключно в попередньо очищених та дезінфікованих технологічних місткостях. Змішування залишків відпрацьованої фарби попередніх замів із новоприготованою промисловою партією категорично заборонено задля запобігання коагуляції зв'язуючого та деградації реологічних властивостей суспензії.

- оперативний контроль густини (щільності) є обов'язковим для кожної виготовленої партії захисного покриття і здійснюється за допомогою денситометрів або ареометрів відповідно до методики чинного СТП.

- готові протипригарні фарби повинні володіти високою покривною (кроючою) здатністю, забезпечуючи формування рівномірного бездефектного шару, а також гарантувати високу адгезійну міцність зчеплення з дисперсною поверхнею піщаної форми або стрижня для запобігання змиванню чи злущуванню покриття під дією динамічного потоку розплаву.

Для захисту формотворчих елементів у проекті регламентовано застосування швидковисихаючої протипригарної фарби, де як високотривкий вогнетривкий наповнювач виступає дистенсиліманітовий дистилат.

Вибір даного матеріалу зумовлений його високою термічною стійкістю та низьким коефіцієнтом термічного розширення, що мінімізує ризики утворення напружень на межі розділу «метал–форма». Спиртова основа (носій суспензії) забезпечує інтенсивне випаровування рідкої фази безпосередньо після нанесення, що виключає потребу в додатковому тривалому тепловому сушінні форми. Рецептурний компонентний склад та кількісне співвідношення інгредієнтів даної фарби повинні суворо відповідати картам стандарту підприємства.

Дані представлені в таблиці 2.8.

Склад водного розчину лігносульфанатів технічних залежно від щільності повинен відповідати СТП .

Таблиця 2.8 - Склад протипригарної спиртової фарби на основі ЕС-1,2

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		16

Показник	Кількість за об'ємом, %	Кількість, л
Покриття марок ЕС1, ЕС-2	До щільності 1,4-1,8 г/см ³	-
Полівінілбутераль	4	0,4-0,6
Етиловий спирт або розчинник 646	100	10

Процес підготовки та синтезу протипригарної фарби реалізується в чіткій послідовності дискретних операцій із дотриманням часових та температурних параметрів інтервалів розчинення полімерних компонентів.

Етапи приготування композиції:

1. До етилового спирту, який попередньо пройшов верифікацію на відповідність нормативній концентрації (градусності), порційно завантажують плівкоутворююче зв'язуюче — полівінілбутираль (ПВБ). Процес супроводжується безперервним механічним перемішуванням для запобігання агрегуванню частинок полімеру.

2. Отриману первинну суміш витримують протягом 4 діб (96 годин). Цей часовий інтервал є необхідним для повного гомогенного набухання та абсолютного розчинення макромолекул ПВБ у спиртовому середовищі.

3. Протягом усього періоду розчинення (4 доби) здійснюється періодичне гідродинамічне перемішування розчину з кратністю 3–4 рази за робочу зміну задля забезпечення однорідності концентрації по всьому об'єму місткості.

4. У підготовлений стабільний полімерний розчин засипають протипригарний порошкоподібний наповнювач марки ЕС-1 або ЕС-2 (дистенсиліманітовий дистилат).

5. Суспензію піддають інтенсивному фінішному перемішуванню до утворення стабільної, седиментаційно стійкої однорідної маси. Процес завершується при досягненні сумішшю заданих метрологічних показників умовної густини (щільності), що контролюється інструментальними методами за СТП.

2.5 Модельно-ливарне оснащення

Ефективність, стабільність та точність реалізації формотворчих операцій у ливарному виробництві забезпечується застосуванням розгалуженої

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис.	Лат		

номенклатури спеціалізованих технічних засобів, що класифікуються як ливарне оснащення.

Функціональний підкомплекс ливарного оснащення, безпосередньо залучений до процесів геометричного відтворення заготовки і заснований на формуванні стійкого відбитка в піщаній матриці, визначається як модельний комплект.

Компонентна структура модельного комплекту:

- модель виливка: базовий елемент оснащення, призначений для відтворення зовнішньої конфігурації майбутнього виробу в об'ємі ливарної форми з урахуванням технологічних припусків та лінійної усадки сплаву.
- елементи ливниково-живильної системи: моделі каналів (стояків, шлаковловлювачів, живильників), необхідні для формування гідродинамічного тракту підведення розплаву в робочу порожнину форми та забезпечення живлення заготовки під час кристалізації.
- стрижневі ящики: формотворчі пристосування, що використовуються для виготовлення стрижнів, які забезпечують оформлення внутрішніх порожнин, наскрізних та непроливних отворів виливка.
- модельні плити: координатно-технологічні основи, на яких жорстко фіксуються елементи моделі виливка та ливникової системи для їхнього точного позиціонування та закріплення на пресових вузлах формувальних машин або автоматичних ліній.
- сушильні плити (драйвери): спеціалізоване технологічне оснащення, призначене для фіксації, транспортування та збереження геометричної точності стрижнів у процесах їхнього теплового або хімічного затвердіння.
- контрольно- верифікаційні пристосування: комплекси шаблонів, калібрів та кондукторів, що використовуються для фінішного оброблення, точного складання та метрологічного контролю геометричних параметрів готових напівформ і стрижневих систем.

Стрижневий ящик є пристосуванням для отримання стрижнів з піщаних сумішей. Стрижневі ящики служать не тільки для отримання стрижнів, що забезпечують утворення внутрішніх порожнин у виливку, але і для отримання стрижнів, що задають зовнішні контури виливку (при формуванні в стрижнях).

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		

Холодильники – металеві пристосування, що встановлюються при формуванні на модель або після формування в порожнину ливарної форми, які служать для прискорення охолодження масивних частин вилівки і її більш рівномірної кристалізації.

Для проектування модельних комплектів необхідно знати вихідні технологічні дані: усадку сплаву, формувальні ухили, розміри стрижневих знаків, зазори між ними і формою, припуски на обробку виливків, допуски на розміри виливків і моделей.

Експлуатаційна надійність, точність та якість виготовлення модельних комплектів безпосередньо детермінують геометричну точність виливків та загальну техніко-економічну ефективність ливарного виробництва. Конструктивне виконання та матеріали елементів модельного оснащення повинні задовольняти наступним базовим критеріям:

- забезпечення стабільного отримання литої заготовки із прецизійним відтворенням заданих просторових форм, лінійних розмірів та контурів з урахуванням розрахованих припусків на механічну обробку та технологічної усадки сплаву.
- високий опір статичним і динамічним навантаженням, абразивному зношуванню та циклічним напруженням, що виникають у процесах інтенсивного ущільнення формувальних сумішей на автоматичних лініях.
- адаптація конструкції оснащення до прогресивних і високоточних методів механічної обробки (на верстатах із ЧПК) або адитивних технологій під час його первинного виготовлення та подальшої реновації.
- забезпечення мінімально можливої конструктивної маси комплекту для зниження інерційних навантажень на приводи формувальних агрегатів і маніпуляторів, а також для спрощення логістичних операцій у межах цеху.
- раціональна конструкція вузлів кріплення, центрування та позиціонування на модельних плитах, що гарантує швидку заміну оснащення, простоту обслуговування та безперешкодне вилучення моделей із піщаної матриці без пошкодження крайок форми.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лист		18

- досягнення мінімальної первинної собівартості проектування та виготовлення модельного комплекту при оптимізації подальших експлуатаційних витрат на його технічне обслуговування, поточний ремонт та планове відновлення.

- тривале збереження вихідних фізико-механічних характеристик, жорсткості та геометрії робочих поверхонь протягом усього нормативного терміну експлуатації, визначеного заданим обсягом річної виробничої програми.

Для визначення конструктивних розмірів модельних комплектів необхідно встановити припуски на механічну обробку і формувальні ухили.

Формовочні ухили в модельних комплектах за ДСТ. При застосуванні піщано-глинистих сумішей ухили призначають залежно від діаметра або мінімальної ширини, поглиблення або висоти формують поверхні. Для виготовлення піщаних форм застосовують різні моделі, що відтворюють геометрію виливки, а також моделі надливів, ливничної системи, випорів. Формування здійснюється в спеціальних литих або зварних рамках, званих опоками.

Стрижні виготовляють у стрижневих ящиках. Все це разом називають модельно-стрижневим оснащенням або засобами технологічного оснащення, що доповнюють ливарне технологічне обладнання для виконання певної частини технологічного процесу отримання виливків.

Опока - пристосування для утримання формувальної суміші при виготовленні ливарної форми, транспортуванні її і при заливці рідким металом. Габарити опок для формувальної лінії 1200×1200×350 мм. Опоки зазвичай виготовляють з сірого чавуну, сталі, алюмінієвого і магнієвого сплавів. Сталеві опоки найбільш міцні і довговічні. На конструкції опок є відповідні стандарти або технічні умови, в яких вказуються відповідні стандартні розміри і конструкції, матеріал для виготовлення опок, відхилення розмірів, маси і припуски на механічну обробку.

Форми в ливарному виробництві виготовляють в основному в опоках.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лист		20

Опоками називають жорсткі рамки з чавуну, сталі, алюмінієвих сплавів, що захищають піщану форму від руйнування як під час складання, так і при транспортуванні та заливці. Модельні плити і стрижневі ящики застосовують металеві, з алюмінію, марки АК7ч.. Для зменшення зношування по роз'єму до ящика прикріплюють гвинтами сталевий лист - броню.

Одноразові піщані форми в ливарному виробництві виготовляють в основному в опоках. Опоки для виготовлення своєї виливки застосовують сталеві, марки 30Л. Важливим елементом, що визначає точність складання форм, є штирі і втулки в опоках.

Стрижневий ящик є пристосуванням для отримання стрижнів з піщаних сумішей. Стрижневі ящики служать не тільки для отримання стрижнів, що забезпечують утворення внутрішніх порожнин у виливку, але і для отримання стрижнів, що задають зовнішні контури виливки (при формуванні в стрижнях).

У модельний комплект входить:

- монтаж моделей верху, матеріал АК7ч, ГОСТ 1583-93, ;
- монтаж моделей низу, матеріал АК7ч;
- стрижневий ящик №1,2 АК7ч;
- плита модельна сталь 35Л.

2.6 Визначення кількості стрижнів та їх розміри

Процес збирання ливарної форми передбачає послідовне позиціонування стрижневих елементів у порожнині матриці згідно з затвердженим технологічним маршрутом. Статична стійкість, точність базування та опір динамічним потокам розплаву забезпечуються конфігурацією їхніх знакових частин. У випадках протяжних архітектурних прольотів, консольного закріплення або інтенсивної дії виштовхувальних (архімедових) сил технологічним регламентом передбачено застосування додаткових механічних опор одноразового використання — жеребейок.

Критерії проектування та функціональні особливості елементів системи:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лам		21

Захист від помилок позиціонування (Рока-Уоке): Для унеможливлення позапроектного (неправильного) встановлення несиметричних стрижнів у процесі складання форми застосовується геометрична диференціація: розміри, а в окремих випадках і просторова форма протилежних опорних знаків, виконуються різними.

Евакуація екзогенних газів: Стрижні, які піддаються всебічному термічному впливу рідкого металу (за винятком зон опорних знаків), потребують обов'язкового облаштування внутрішніх газовідвідних каналів. Ці канали акумулюють газоподібні продукти деструкції зв'язуючих смол і спрямовують їх до знакових частин, звідки гази дифундують крізь товщу форми, що володіє вищим коефіцієнтом газопроникності порівняно зі стрижнем, і евакуюються в навколишнє середовище.

Конструкційне армування: Інтенсифікація міцнісних та жорсткісних характеристик, а також запобігання руйнуванню стрижнів під дією власної ваги та гідродинамічного напору розплаву, досягається впровадженням металеві арматури — каркасів. Конструктивний тип (литі, зварні, штамповані), конфігурація та габарити каркаса вибираються адаптивно до маси стрижня, його просторової орієнтації у формі, а також реологічних властивостей ХТС.

Оптимізація топології форми та розрахунок вертикальних знаків

При виборі положення вилівка у формі та визначенні лінії роз'єму першочерговою інженерною задачею є мінімізація кількості застосовуваних стрижнів. Скорочення номенклатури стрижневого оснащення реалізується шляхом об'єднання суміжних стрижневих блоків або їх повної заміни елементами форми — піщаними болванами, що суттєво знижує собівартість виготовлення модельного комплекту.

За умови прийняття вертикального просторового розташування стрижня, його нижня знакова частина повністю дублює контур деталі в нижній напівформі. Геометричні параметри вертикальних знакових частин регламентуються вимогами ГОСТ 3212-92.

Висота нижнього вертикального знака ($h_{\text{н}}$) детермінується

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн	Анк	№ док.им	Підпис	Лам		22

залежно від габаритної довжини стрижня L та його діаметра D (для циліндричних поверхонь) або середнього арифметичного значення лінійних розмірів прямокутного перерізу:

$$(a + b)/2$$

Висота верхнього центрального знака ($h_{\text{в}}$) виконує переважно фіксує функцію, піддається меншим статичним навантаженням і розраховується у співвідношенні до параметрів нижнього знака з дотриманням нормативного обмеження:

$$h_{\text{в}} \leq h_{\text{н}}$$

Таке конструктивне співвідношення забезпечує безперешкодне закриття форми без ризику зрізання або кришення напівформ і гарантує високу точність формування внутрішньої порожнини виливка.

Таблиця 2.9 - Висота нижніх вертикальних знаків стрижнів

Розмір стрижня ($a+b$)/2 або D , мм	Висота знака $h_{\text{н}}$ при довжині стрижня l , мм							
	До 50	50	80	120	180	250	315	400-500
До	20	30	30	-	-	-	-	-
30-50	20	35	35	35	50	50	60	70
50-80	25	35	35	35	40	60	60	70
80-120	25	35	35	35	40	50	60	70
120-180	30	35	35	35	35	40	50	60
180-250	30	35	35	35	35	40	50	60
250-315	35	35	35	35	35	40	50	60
315-400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблиця 2.10 - Формовочні ухили на знакових частинах стрижня

$h_{\text{н}}$, мм	α , °	β , °
До	10	15
30	7	10
50	6	8

2.7 Ливарна форма і стрижні

Вибір оптимального методу виробництва литих деталей для проектного цеху базується на комплексному аналізі номенклатури заготовок та мінімізації приведених витрат. Впровадження прогресивних технологій отримання виливків детермінується наступною сукупністю взаємопов'язаних інженерних та економічних чинників:

- виробнича потужність: заданий обсяг річної програми та характер серійності випуску (великосерійне виробництво).
- конструкційні параметри: масогабаритні характеристики, вага та конфігураційна складність виливків.
- ресурсозабезпечення: наявність та логістика стабільної сировинної бази цеху.
- метрологічні вимоги: регламентовані допуски на геометричну точність розмірів та коливання маси згідно з вимогами нормативної документації.
- економічна доцільність: гранична собівартість технологічного процесу та терміни окупності капітальних інвестицій.

Найбільш універсальним та промислово апробованим методом у світовій ливарній практиці залишається лиття в разові піщані форми. Дана технологія дозволяє виготовляти деталі практично будь-яких типорозмірів та масових груп незалежно від обсягів випуску. З огляду на високу надійність та адаптивність, для проектного цеху прийнято базовий спосіб формування в разові піщано-глинисті форми.

Проектування планувальних рішень та просторове розміщення агрегатів формувального комплексу реалізовано за класичною технологічною схемою. Обрана автоматизована лінія фірми «Belloi & Romagnoli» забезпечує високу щільність компоновання та оптимально інтегрується в наявні виробничі площі цеху. Інженерне рішення дозволяє повністю сумістити нове обладнання з існуючими підземними комунікаціями, зокрема із системами:

- автоматизованого збирання та регенерації просипів формувальної суміші;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лист		24

- транспортування гарячої зворотної (горілої) суміші до сумішоприготувального відділення;

- евакуації гарячих виливків після вибивання на ділянку охолодження та термообрубки.

Центральним виконавчим вузлом лінії є високопродуктивний карусельний формувальний автомат. Його кінематична схема, що включає спеціалізовані механізми координатного переміщення та розпірки опок, а також автоматизований вузол завантаження оснащення, забезпечує високу швидкість виконання операцій та стабільність ущільнення суміші.

Важливою інженерно-експлуатаційною перевагою даного автомата є можливість оперативної заміни модельних комплектів. В умовах динамічного виробництва це дозволяє легко адаптувати лінію до випуску малих партій виливків розширеної номенклатури без тривалих зупинок головного конвеєра, забезпечуючи високу мобільність, гнучкість та рентабельність ливарного цеху.

Як показала практика, при застосуванні автоматичних формувальних ліній:

- збільшується продуктивність праці,
- вивільняється до 50 робітників,
- зменшується брак при виливанні деталей,
- знижується вага литих заготовок,
- зменшується трудомісткість виготовлення 1 т придатного лиття,
- полегшується праця формувальників, підвищується культура

виробництва.

Розглянувши технічні характеристики найбільш відомих у світі фірм, вважаю, що найнадійнішими в роботі, найбільш універсальними за компоновочними рішеннями є автоматичні формувальні лінії фірми «Belloi&Romagnoli». Застосовуваний на цих лініях спосіб ущільнення форм класичним пресуванням дозволяє отримувати ливарні форми високої якості.

2.7.1 Виготовлення напівформ

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк
						25
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лист		

Способом «Multipress» виробляються високоякісні виливки однаково високої якості в серії, з прекрасною поверхнею, точні за розмірами і майже повною відсутністю дефектів поверхні, задирок і т.д. Ущільнення форми здійснюється за допомогою багатоплунжерної головки. Багатоплунжерна головка являє собою безліч незалежних пресових циліндрів (гідравлічних або пневматичних) з невеликими пресовими колодками (башмаками).

Така технологія дозволяє забезпечувати високе і рівномірне ущільнення формувальної суміші. У перших формувальних машинах такого типу використовувалися активні багатоплунжерні головки – ущільнення формувальної суміші здійснювалося багатоплунжерною головкою на нерухомому робочому столі.

Такий метод ущільнення має назву пасивний процес. Після того, як сумішню заповнюється модельна плита з опокою, відбувається їх переміщення під пасивну ущільнювальну головку. У цей момент ущільнюється область форми, що знаходиться в контакті з ущільнювальною головкою, з'єднаною трубами і каналами. Цей метод працює за принципом сполучених посудин.

Для забезпечення прецизійної точності складання напівформ та запобігання виникненню таких дефектів литва, як перекіс або розкіс, повернене з вибивної дільниці опочне оснащення підлягає обов'язковій механічній підготовці перед повторним подаванням на формування.

Етапи та об'єкти очищення оснащення:

- очищення внутрішніх робочих поверхонь опок від залишків прилиплої горілої суміші реалізується на початковій стадії за допомогою спеціалізованого очисного пристрою (агрегату).
- безпосередньо перед транспортуванням опоки до пресових або струшувальних вузлів формувального автомата здійснюється ретельне очищення її горизонтальних площин роз'єму.
- окремій фінішній обробці піддаються центруючі та фіксуючі

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лат		

елементи оснащення — штифти та втулки, що гарантує прецизійність їхнього взаємного суміщення під час складання.

Контроль якості та захисне блокування: У технологічний контур лінії інтегровано спеціалізований контрольно-діагностичний пристрій. Головною інженерною функцією цього вузла є автоматична верифікація поверхонь опочного оснащення на відсутність настилів, пригару та застиглих бризок металу (корольків). При виявленні металевих включень, які можуть порушити щільність закриття форми, викликати пролив розплаву або пошкодити модельну плиту, автомат блокує подачу даної опоки на лінію до повного усунення зауважень.

Опока транспортується над формовочною машиною, що знаходиться в позиції готовності, модельним пристроєм. Перед формовочною машиною на поворотному столі стоять нижня і верхня опоки. Вони послідовно всуваються в позицію формування. Модельний пристрій разом з опокою піднімається до наповнювальної рами.

Формовочна суміш подається навалом і формовочний вузол подається вгору. Формовочна суміш ущільнюється гідропресом і багатоплунжерною пресою головою. Модель витягується з форми.

Внутрішня зміна моделі відбувається протягом такту за допомогою поворотної хрестовини в формувальному агрегаті. Зовнішня зміна моделі відбувається за допомогою підйомного столу і приводної ділянки роликового конвеєра також протягом такту.

Напівформи повертаються за допомогою пристосування каткування на 180⁰ таким чином, щоб верх форми виявився нагорі. Задня стінка форми вирівнюється сумішзрізним ножом, який пересувається в поперечному напрямку. Розпилювальне пристосування автоматично впорскує протипригарний розчин в нижню і верхню опоки.

За допомогою передавального пристосування нижня опока укладається на візок у транспортній лінії, а верхня опока транспортується до гілки верхніх опор транспортної лінії.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лам		27

Після завершення операції ущільнення формувальної суміші верхня опока транспортується конвеєром до дільниці механічної доводки елементів ливникової системи та інтенсифікації газодинамічних властивостей форми.

Регламент виконуваних технологічних операцій:

– оформлення точної геометрії ливної воронки, а також полірування (загладжування мікронерівностей) робочих поверхонь ливної чаші у верхній опоці здійснюється за допомогою автоматизованого фрезерного пристрою. Це дозволяє мінімізувати гідравлічний опір при заливанні та запобігає ерозійному змиванню частинок піску динамічним потоком розплаву.

– на спеціалізованій позиції лінії верхніх опок виконується автоматичне свердління системи вентиляційних каналів. Ця операція є критично важливою для забезпечення безперешкодної евакуації повітря та екзогенних газів із робочої порожнини форми під час її заповнення рідким металом, що нівелює ризики утворення газових раковин у виливку.

– для проведення остаточного контролю, очищення від просипів та підготовки до безпосереднього збирання форми, верхня опока подається в механізм кантувача. У цьому пристрої реалізується поворот (розворот) опоки на 180° навколо горизонтальної осі, що забезпечує орієнтацію її площини роз'єму догори.

Нижні опоки проходять лінію установки стрижнів з позиціями ручної установки стрижнів. Нижня опока, що знаходиться на візку, досягає пристосування для складання опор. Візок і нижня опока знаходяться в нерухомому стані. Верхня опока знаходиться в плаваючому стані і при допомозі попередньої центрування і підйомного механізму накладається на нижню опору і автоматично скріплюється. Остаточне центрування здійснюється штифтами і втулками в опоках.

2.7.1 Виготовлення стрижнів з ХТС

Технологічна послідовність Cold-Box-процесу та організація робочих

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лист		28

місце ділянки виготовлення стрижнів

Зберігання, систематизація та планово-попереджувальний ремонт формотворчого оснащення (стрижневих ящиків) здійснюється в спеціалізованому відділенні модельної майстерні цеху з дотриманням регламентованих параметрів мікроклімату.

Фізико-хімічний базис Cold-box-процесу ґрунтується на високошвидкісній поліконденсації реакційних смоляних сполучних під дією газоподібних каталізаторів або хімічних затверджувачів. Технологічний маршрут автоматизованого циклу формування стрижнів охоплює наступну послідовність дискретних операцій:

- Координаційне збирання: замикання та фіксація рухомих частин стрижневого ящика на позиції формування стрижневого автомата.
- Пневматична підготовка: автоматичний обдув робочої порожнини оснащення стисненим повітрям для видалення залишків суміші попереднього замісу.
- Аплікація розділового агента: автоматичне нанесення (розпилення) дисперсного розділового покриття на формотворчі поверхні ящика для зниження адгезії.
- Інжекція суміші: заповнення робочого об'єму ящика стрижневою ХТС піскострільним або піскодувним методом із наступним ущільненням.
- Хімічне затвердіння: газодинамічна продувка піщаного масиву в замкненому об'ємі ящика газоподібним каталізатором (третинним аміном) для ініціації миттєвої просторової зшивки полімеру.
- Дегазація та нейтралізація: циклічна продувка затверділого стрижня осушеним повітрям з метою повної евакуації та утилізації залишків токсичних летких хімічних агентів.
- Демонтаж оснащення: автоматичне розкриття частин стрижневого ящика за допомогою кінематичних вузлів автомата.
- Евакуація виробу: вилучення готового стрижня з робочої зони оснащення механічними маніпуляторами або системою виштовхувачів.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лист		29

– Первинна доводка: зачищення облою та задилок по лінії роз'єму оснащення на первинній стадії.

Фінішна обробка, логістика та санітарно-технічні вимоги

Остаточне механічне очищення, калібрування та доводка геометричних параметрів стрижнів реалізується вручну на спеціалізованих столах для зачищення, інтегрованих у локальну систему пиловловлювання. Після проходження верифікації стрижні транспортуються на дільницю зберігання, консервації та комплектації.

З огляду на триваючу залишкову емісію продуктів деструкції хімічних зв'язуючих, стелажі та місця тимчасового складування стрижнів в обов'язковому порядку обладнуються зонтами місцевої витяжної вентиляції (МВВ) для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у цеху.

Стрижні відповідального призначення, що формують внутрішні функціональні порожнини виливків із підвищеними вимогами до макроструктурної чистоти та мінімальної шорсткості поверхні, піддаються обов'язковому поверхневому фарбуванню спиртовими протипригарними суспензіями (на основі дистенсиліманіту) з наступним самовисушуванням захисного шару.

2.8 Збірка і заливка форми

Якість складання форм значною мірою визначає точність геометричних розмірів виливки, утворення заливів і трудомісткість обробки. Складання форм – відповідальний процес, що вимагає уваги і акуратності. Збірка включає операції: підготовка напівформ і стрижнів до збірки, установка стрижнів, контроль положення стрижнів, накриття нижньої напівформи верхньою.

Опоки, що поставляються для автоматичної формувальної лінії фірми, мають спеціальні захопи, які використовуються в якості запобігання від виштовхуючої сили металу. Це пристосування змонтовано таким чином, щоб захват проходив між подвійними стінками опок і зачіпав верхню опоку зверху, з поперелнім натягом опок, а потім входив у

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		30

зачеплення зі спеціальним пристосуванням у нижній опоці. Перед виштовхуванням грудки захоплення автоматично роз'єднуються.

З'єднання верхньої і нижньої опоки відбувається по точно позиціонованих направляючих штифтах і втулках. Крім того, на машині монтується система попереднього центрування. Вона складається з двох додаткових гідравлічних циліндрів. Вони центрують верхню і нижню опоку через додаткові розжарені направляючі втулки.

Стрижні встановлюють у форму в послідовності, зазначеній на складальному кресленні або в технічній карті. При цьому необхідно стежити за тим, щоб знаки стрижнів точно ставали у відбитки знаків моделі. Стійке розташування стрижнів забезпечується знаками. Правильність установки стрижнів перевіряють спеціальними шаблонами.

Після заливки і витримки виливки у формі опоки надходять на вибивання. Після заливки і витримки виливки у формі опоки надходять на вибивання. У автоматичної формувальної лінії фірми

«Belloi&Romagnoli» (Італія) передбачена система виштовхування грудки. Цей пристрій називається стріпер. Опока, яка була піднята з палети, рухається до вибивного грохоту. Досягнувши грохоту, вона починає рухатися, підніматися вгору проти покривної плити, яка утримується на грудці за допомогою гідравліки, і лише коли опоку відтягнуть вгору, грудка падає на грохот. Це максимально коротка відстань до розділового жолоба, за рахунок цього виключається ризик пошкодження виливків. Відпрацьована суміш подається в піддонах на візках з ходовими і напрямними роликками на дільницю приготування суміші для подальшого використання. Відділення ливників і надливів на дільниці вибивання проводиться за допомогою різаків, кувалд, пневматичних молотків і т.д.

2.8.1 Визначення розмірів опок

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		31

Селекція геометричних параметрів та конструктивних типів опок здійснюється в суворій відповідності до технічних характеристик та кінематичних можливостей формувального устаткування. Оптимальний вибір розмірів опок у світлі (у плані) забезпечує максимальний коефіцієнт завантаження та ефективне використання потужності автоматизованих формувальних агрегатів.

Експлуатація дрібногабаритного опочного оснащення на потужних пресових або струшувальних машинах є технологічно неефективною. Натомість застосування надмірних за об'ємом опок призводить до невиправданого зростання питомих витрат праці на ущільнення формосуміші, перевитрати матеріальних ресурсів (бентоніту, піску) та штучного збільшення масогабаритних показників ливарної форми.

Параметри просторового позиціонування вилівка:

– з метою зниження загальної трудомісткості формоутворення, стабілізації процесів живлення та кристалізації сплаву, прийнято рішення про горизонтальне розташування вилівка у формі.

– лінію роз'єму напівформ призначено по поздовжній осьовій лінії симетрії заготовки. Таке технологічне рішення забезпечує безперешкодне й легке вилучення елементів модельного комплекту з піщаної матриці без ризику руйнування або сколювання робочих крайок форми.

Стандартизація та конструктивні особливості ливарних опок

Ливарна опока визначається як жорстке технологічне пристосування, призначене для утримання ущільненої формувальної суміші під час виготовлення напівформ, їхнього конвеєрного транспортування, складання, а також у процесі заливання розплаву та подальшої кристалізації металу. Залежно від умов експлуатації та ступеня механізації дільниці, опоки виготовляються із сірого чавуну, конструкційних сталей, а також легких алюмінієвих або магнієвих сплавів.

Геометричні розміри, конструктивні елементи та технічні вимоги до опочного оснащення регламентуються чинними державними стандартами

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Друк.
Змн	Друк	№ док.им	Підпис	Лам		32

(зокрема ГОСТ 2133-75) або технічними умовами (ТУ) підприємства.

Нормативна документація чітко детермінує:

- граничні відхилення лінійних розмірів та маси оснащення;
- припуски на механічну обробку спряжувальних поверхонь фланців;
- вимоги до конструкційної жорсткості стінок для протидії зусиллям

пресування та гідростатичному тиску розплаву.

Оскільки параметри опок є повністю уніфікованими, їхній підбір здійснюється за рядами стандартних розмірів у світлі, що дорівнюють або перевищують мінімально необхідні габарити форми з урахуванням нормативної товщини піщаної набивки навколо моделі. Після визначення оптимальних лінійних розмірів у плані здійснюється вибір стандартної висоти напівформ. Виходячи з конфігурації верхньої та нижньої частин вилівка, висота верхньої (h_v) та нижньої (h_n) опок може прийматися асиметричною (неоднаковою), що дозволяє мінімізувати сумарний об'єм завалки формувальної суміш.

Таблиця 2.11 - Залежність товщини формувальної суміші від маси вилівки

Маса вилівка, кг	Мінімально допустима товщина шару, мм				
	Від верху моделі до верху опоки	Від низу моделі до низу опоки	Від моделі до стінки опоки	Між моделями	Між моделлю і ливниковим ходом
51 – 100	100	120	60	70	50

Розрахуємо розмір опоки для вилівання.

Загальна мінімальна довжина (в опоці 1 вилів).

$$L_{\min} = 60 + 960 + 70 + 50 + 70 = 1200 \text{ мм.}$$

Загальна мінімальна ширина (в опоці 1 вилів).

$$S_{\min} = 60 + 960 + 70 + 50 + 60 = 1200 \text{ мм.}$$

Загальна мінімальна висота верхньої опоки.

$$H_{\min} = 120 + 185 = 305 (300) \text{ мм.}$$

Загальна мінімальна висота нижньої опоки.

$$H_{\min} = 100 (350) \text{ мм.}$$

У проєкті передбачаються опоки розмірами 1200×1200×350×3500 мм. В опоці розміщена 1 виливка. У цеху застосовуються стандартні опоки з розмірами 1200×1200×350×350, тому застосуємо ці опоки для виробництва виливки «Дифузор».

2.9 Розрахунок ливникової системи

2.9.1 Припуски на механічну обробку

Проектування та визначення конструктивних розмірів елементів модельних комплектів базується на послідовному розрахунку і призначенні технологічних припусків на механічну обробку, коефіцієнтів лінійної усадки сплаву та формувальних (ливарних) ухилів.

Регламентация допусків на лінійні розміри, геометричні відхилення, масу, а також значень припусків на механічну обробку для виливків із чорних і кольорових металів здійснюється відповідно до нормативних положень ГОСТ Р 53464-2009. Технологічні припуски на різання призначаються диференційовано для кожної номінальної оброблюваної поверхні заготовки, виходячи з її просторової орієнтації при заливанні.

Алгоритм визначення ступеня точності виливка

Для встановлення числових значень загального припуску на механічну обробку реалізовано наступний інженерний алгоритм:

1. Аналіз технологічних умов та параметрів сплаву: Ступінь точності поверхонь виливка детермінується на основі прийнятого способу формування, класу залитого сплаву та максимального габаритного розміру виробу. Систематизація вихідних даних проєкту: Для досліджуваного виробничого процесу зафіксовано такі константи:

○ спосіб формування: лиття в сирі піщано-глинисті форми. Характеристики формувальної суміші: масова частка вологи — 3,5–4,5%, міцність на стиск у вологому стані — 60–120 кПа; технологічний рівень

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		34

уцільнення забезпечує умовну твердість форми не нижче 70 одиниць.

- о конструкційний матеріал: термооброблений чорний сплав — ливарна вуглецева сталь марки 25Л.

- о габаритні параметри заготовки: найбільший лінійний розмір вилівки становить 960 мм.

2. За ступенем точності поверхні визначаємо ряд припусків вилівки. Вибираємо ряд припусків.

3. На підставі прийнятого технологічного процесу отримання вилівки, найбільшого габаритного розміру і типу сплаву вибираємо клас розмірної точності вилівки 11 клас.

4. Відносно найменшого розміру елемента вилівки до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента вилівки), типу форми (разові або багаторазові), запланованої термообробки, визначається ступінь викривлення елементів вилівки.

Ст. кор. = $12 / 960 = 0,0125$. Вибираємо ступінь викривлення 7.

5. За інтервалом номінальних розмірів і класом розмірної точності деталі визначаємо допуск розмірів вилівки. Розмір 960 - допуск розміру 10,0 мм.

6. За номінальним розміром нормованої ділянки вилівки і ступенем викривлення елементів вилівки вибираємо допуск форми і розташування елементів вилівки рівний 4,0 мм;

7. На підставі допуску розмірів вилівки і допуску форми і розташування поверхні, визначаємо загальний допуск елемента вилівки вибираємо загальний допуск елемента як 12,0 мм.

8. За загальним допуском, видом остаточної механічної обробки і рядом припуску визначаємо загальний припуск на сторону рівний 11,0 мм (оскільки із співвідношення допусків розміру обробленої деталі до допуску розташування елементів вилівки, вибираємо вид остаточної механічної обробки як отримастова).

Припуск на механічну обробку не повинен перевищувати даного значення.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
						35
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лат		

Вибираємо розмір припуску 10,0 мм.

Вага припусків на механічну обробку розраховуємо за формулою:

$$m = V \cdot \rho , \quad (5)$$

де V – об'єм припуску, дм^3 ;

ρ – щільність рідкого металу, кг/м^3 .

Припуск 20 мм по діаметру 796 мм по внутрішній поверхні виливки:

$$m_1 = 3,14 \cdot (0,815^2 - 0,796^2) : 4 \cdot 0,02 \cdot 7800 = 3,75 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по верхній поверхні виливки

$$m_2 = 3,14 \cdot (0,835^2 - 0,815^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 2,05 \text{ кг.}$$

Заглушаємо 3 отвори діаметром 30 мм.

$$m_3 = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 0,15 \text{ кг.}$$

Припуск 10 мм по діаметру 960 мм по нижній поверхні виливки.

$$m_4 = 3,14 \cdot (0,960^2 - 0,930^2) : 4 \cdot 0,01 \cdot 7800 = 3,45 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{пр}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 , \quad (6)$$

$$m_{\text{пр}} = 3,75 + 2,05 + 0,15 + 3,45 = 9,4 \text{ кг.}$$

$$m_{\text{відл}} = m_{\text{літ}} + m_{\text{пр}} = 42 + 9,4 = 51,4 \text{ кг.}$$

Чиста вага (вага деталі) – 42 кг. Вага припусків 9,4 кг. Разом орієнтовно вага литої заготовки – 51,4 кг. Для подальших розрахунків вагу виливки приймемо 55,0 кг.

2.9.2 Розрахунок ливниково-живлючої системи

Для забезпечення нормального заповнення форми металом при заливці в о необхідно ,провести розрахунок ливникової системи (живильник, шлакоуловлювач, стояк). Підведення металу в виливок буде здійснюватися по стрижню .

Для розрахунку площі поперечних перерізів елементів ливної системи необхідно розрахувати оптимальний час заповнення форми.

Розрахуємо оптимальний час заповнення форми

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{\text{ж}}} , \quad (10)$$

де S коефіцієнт, що враховує рідкоплинність сплаву і тип ливникової

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис.	Лист		36

системи;

δ - середня товщина стінки виливка, мм;

$G_{ж}$ – загальна маса виливків, ливників і надливів, кг.

$$G_{ж} = N \cdot (G_{відл} + G_{пр} + G_{лс}), \quad (11)$$

$$G_{л.с.} = 0.3 \cdot 55 = 16,5 \text{ кг};$$

$$G_{ж} = 1 \cdot (55,0 + 2,5 + 16,5) = 74 \text{ кг.}$$

$$\tau_{олит} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 74} = 12,5 \text{ с.}$$

Розраховану тривалість заповнення форми треба уточнити шляхом перевірки на допустиму лінійну швидкість підйому рівня розплаву. Тому лінійна швидкість підйому рівня розплаву $v_{лр}$ повинна бути не менше допустимої швидкості $v_{кр}$. Поворотний ківш обумовлений тим, що рідка сталь з відкритої поверхні активно взаємодіє з атмосферою ливарної форми, що призводить до окислення і утворення оксидних плівок, а також інтенсивного охолодження за рахунок теплових втрат випромінюванням; можливе затвердіння в період заповнення форми і виникнення дефектів у вигляді незлитків, спаїв і плівок.

Значення знаходять за простим співвідношенням:

$$v = H : \tau, \quad (12)$$

де H – висота виливка, мм; τ - час заповнення, с.

$$v = 185 : 12,5 = 14,8 \text{ мм/с.}$$

Після обґрунтування конструктивного типу ливниково-живильної системи (ЛЖС) та визначення оптимальних зон підведення розплаву до виливка виконується розрахунок площ поперечних перерізів та лінійних розмірів її функціональних елементів.

Розрахунок сумарної площі перерізу живильників детермінується металостатичним напором, масою металозаправки та загальним часом заповнення форми. Гідродинамічний режим ливникового тракту безпосередньо залежить від способу заливання металу та типу заливочного пристрою.

При використанні поворотних (барабанних або чайникових) ковшів ливникова система проектується за класичним принципом затисненого

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
						37
Змн	Анк	№ док.м.	Підпис	Дат		

(дросельованого) типу.

За такої схеми організації потоку найвужчим елементом («вузьким місцем») системи виступає саме сумарний переріз живильників Це інженерне рішення є критично важливим, оскільки воно забезпечує: швидке і повне заповнення всього гідродинамічного тракту ЛЖС розплавом з перших секунд заливання; ефективне уловлювання та затримання шлакових включень і неметалевих домішок у каналах шлаковловлювача завдяки створенню стабільного надлишкового тиску; регульоване, ламінарне надходження металу в робочу порожнину фор/ми, що мінімізує ризики розмивання піщаної матриці та вторинного окиснення сплаву:

$$F_{жит} = \frac{G_{жж}}{\rho_p \cdot \mu \cdot \tau_{мин} \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}$$

Де ρ_p - щільність рідкого сплаву, г/см³

μ - коефіцієнт витрати ливникової системи;

H_{cp} - діючий напір, см;

g - прискорення вільного падіння, 981 см/с².

При заливці по роз'єму H_{cp} - діючий напір, розраховується за формулою:

$$H_{cp} = H_{ст} - h_o / 8, \quad (14)$$

де $H_{ст}$ - висота стояка від рівня воронки до живильника, 35,0 см;

h_o - загальна висота виливки, 18,5 см.

$$H_{cp} = 35 - \frac{18,5}{8} = 32,68 \text{ см.}$$

$$F_{жит} = \frac{74000}{7,8 \cdot 0,32 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 32,68}} = 9,36 \text{ см}^2.$$

Оскільки на форму 1 виливка, а на виливку 5 живильників, то отримуємо

5

живильників з площею $F_{жит} = 1,87 \text{ см}^2$.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Дрк.
Змн	Дрк	№ док.им	Підпис	Лам		38

Визначення площ інших елементів ливникової системи здійснюється за емпіричними співвідношеннями, що залежать від сплаву і положення вузького місця системи. Для середніх і великих сталевих виливків вибираємо наступне співвідношення:

$$\Sigma F_{\text{пит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,2 : 1,4.$$

$\Sigma F_{\text{шл}} = 11,2 \text{ см}^2$, так як у формі знаходиться 2 шлакоуловлювача, то площа кожного шлакоуловлювача становить:

$$F_{\text{шл}} = 5,6 \text{ см}^2 ; F_{\text{ст}} = 13,1 \text{ см}^2.$$

За площами поперечного перерізу елементів ливникової системи і типом формування сконструюємо живильник, шлакоуловлювач, стояк, ливникову чашу або воронку. Розмір ливникової воронки визначимо за формулою:

$$D_{\text{в}} = H_{\text{в}} = (2,7 \dots 3,0) \cdot D_{\text{ст}}.$$

За даними таблиці знайдемо діаметр верху і низу стояка

$$D_{\text{ст н}} = 2 \sqrt{S/\pi} = 2 \cdot \sqrt{13,1/3,14} = 4,0 \text{ см.}$$

$$D_{\text{ст в}} = D_{\text{ст н}} + 0,3 = 4,0 + 0,3 = 4,3 \text{ см.}$$

$$D_{\text{в}} = 3 \cdot 4,3 = 12,9 \text{ см.}$$

На практиці найчастіше застосовують трапецієподібні живильники і шлакоуловлювачі, для виливання «Дифузор» приймемо трапецієподібні шлакоуловлювач і живильник.

$$F_{\text{пит}} = 1,87 \text{ см}^2 = \frac{(a+b) \cdot h}{2} = \frac{(a+0,8a) \cdot 1,3a}{2} = 1,17 a^2,$$

$$a = \sqrt{1,87/1,17} = 1,3 \text{ см} = 13 \text{ мм};$$

$$b = 0,8a = 1,0 \text{ см} = 10 \text{ мм}; h = 1,3a = 1,7 \text{ см} = 17 \text{ мм.}$$

Розрахуємо розміри аналогічно для шлакоуловлювача:

$$h = 3,0 \text{ см} = 30 \text{ мм}, b = 1,8 \text{ см} = 1,8 \text{ мм}, a = 2,3 \text{ см} = 23 \text{ мм.}$$

2.9.1 Розрахунок коефіцієнтів

Коефіцієнт виходу придатного виливка «Дифузор»:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лист		39

$$КВГ = Q_{отл} \cdot 100 \% (Q_{отл} + Q_{лпс} + Q_{пр}), \quad (15)$$

де $Q_{отл}$ – маса виливки, 55,0 кг;

$Q_{лпс}$ – маса ливникової системи, 16,5 кг;

$Q_{пр}$ – маса надливу, випорів 2,5 кг;

$$КВГ = 55,0 \cdot 100\% / (55,0 + 16,5 + 2,5) = 74,3\%.$$

Коефіцієнт використання металу – маса припуску:

$$КИМ = \frac{m_{факт.}}{m_{теор.}} \cdot 100\%,$$

$$КИМ = \frac{42}{55} \cdot 100\% = 76,3\%.$$

Коефіцієнт використання рідкого металу

$$КИМЖ = \frac{m_0}{m} \cdot 100\%,$$

де m_0 – маса деталі, кг;

$m_{жимсотл}$ – маса рідкого металу на вилив, кг.

$$КИМЖ = \frac{42}{74} \cdot 100\% = 56,7\%.$$

2.10 Вибивання, обрубка, очищення

Після завершення етапів заливання розплаву та регламентованого технологічного охолодження (витримки) в опоках, ливарні форми транспортуються на дільницю вибивання. Процес деструкції піщано-глинистих матриць та звільнення заготовок реалізується на високопродуктивних вібраційних або інерційних вибивних решітках.

Транспортування та позиціонування опочного оснащення на вибивних агрегатах здійснюється за допомогою цехових мостових кранів або автоматизованих маніпуляторів. Дисперсна оборотна (відпрацьована) формувальна суміш, що утворюється внаслідок руйнування форм, збирається в підрешітних бункерах і за допомогою системи стрічкових конвеєрів переміщується до сумішоприготувального відділення для подальшої регенерації та повторного циклічного використання.

Первинне відокремлення елементів ливниково-живильної системи

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис.	Лист		

(ЛЖС), випорів та прибутків (надливів) від тіла виливка безпосередньо на ділянці вибивання виконується за допомогою газових різаків.

Очищення та фінішна доводка виливків є комплексним процесом, спрямованим на видалення з поверхонь заготовок залишків формувальних і стрижневих сумішей, ліквідацію термічного чи хімічного пригару, а також зрізання заливів, задирок та слідів, що залишилися після відбивання або вогневого відрізання ЛЖС.

Заготовки надходять в очисне відділення цеху, де всі операції реалізуються в суворій технологічній послідовності, детермінованій конструкційними особливостями та масою виливка:

1. Декорування: механізоване або автоматизоване видалення стрижневих масивів із внутрішніх порожнин виливка.
2. Абляція ЛЖС: остаточне відділення стояків, живильників, випорів та масивних прибутків.
3. Первинне очищення: очищення зовнішніх і внутрішніх поверхонь від конгломератів формувальної суміші та механічного пригару.
4. Попереднє зачищення: видалення великих заливів, швів по лінії роз'єму форми та місцевих дефектів.
5. Термічна обробка: проведення нормалізації сталевих виливків для зняття внутрішніх напружень та гомогенізації структури металу.
6. Фінішна декарбонізація: видалення окалини, що утворилася після термічної обробки, та остаточне шліфування.

Для сталевих литва (марок 25Л, 35Л) широко застосовується киснево-флюсове та газополум'яне очищення. З огляду на схильність сталей до утворення гарячих тріщин та структурних напружень, вогневе очищення поверхні виливків доцільно проводити у два етапи — як до, так і після проведення операції нормалізації.

Для забезпечення високої продуктивності та автоматизації фінішних операцій на ділянці обробки інтегровано комплекс верстатного та ручного пневматичного обладнання:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
						41
Змн	Анк	№ док.м	Підпис	Дат		

– обрубка та грубе шліфування відкритих поверхонь реалізується за допомогою потужних односторонніх обдирочно-шліфувальних верстатів та спеціалізованих зачисних машин моделі 0Л9968-205.

– видалення залишків живильників та підчищення підварочних швів виконується за допомогою високошвидкісних відрізних верстатів із армованими абразивними кругами.

– для видалення задирок, тонких заливів металу та інших геометричних нерівностей у важкодоступних зонах, внутрішніх кишнях та порожнинах вилівка застосовуються ергономічні пневматичні рубальні молотки та ручні пневматичні машинки, оснащені змінними твердосплавними борфрезами різної конфігурації.

2.11 Термообробка

Зазвичай після затвердіння вилівки мають грубозернисту структуру і великі ливарні напруги, а також нерівномірні в різних частинах вилівки або низькі механічні властивості. При термообробці шляхом нагрівання до певної температури, деякої витримки при цій температурі і подальшого охолодження змінюють структуру сталевих вилівок і отримують необхідні міцність, пластичність, зносостійкість, оброблюваність і особливі фізичні властивості. Сталеві вилівки можуть піддаватися наступним видам термообробки: відпал, нормалізація, гартування, відпуск і хіміко-термічна обробка. Термообробка середньовуглецевих сталей залежить від марки сталі і необхідних механічних властивостей, а режим обумовлюється технологічною інструкцією або зазначеним при розробці технології вилівки в технічних умовах.

Зміцнення конструкційних ливарних сталей реалізується шляхом проведення циклу термічної обробки, базовою операцією якого є гартування — високошвидкісне охолодження заготовок від температур аустенітизації у селективних охолоджувальних середовищах (воді, оливі або на повітрі залежно від показників прогартуваності сплаву). Надкритична швидкість відведення

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Друк.
Змн	Друк	№ док.им	Підпис	Лам		42

тепла обумовлює бездифузійне перетворення аустеніту з формуванням термодинамічно нерівноважної мартенситної структури.

Ливарні напівфабрикати безпосередньо після завершення стадії гартування характеризуються екстремально високими показниками твердості (понад 50 HRC) за одночасного виникнення значного градієнта залишкових термічних та структурних макронапружень. Даний структурний стан супроводжується критичним падінням коефіцієнтів пластичності та ударної в'язкості. Через високу схильність до крихкого руйнування та низьку тріщиностійкість матеріалу, експлуатація або подальша механічна обробка деталей у свіжозагартованому стані є технологічно неприпустимою.

Задля стабілізації метастабільної фазової структури, мінімізації ризиків тріщиноутворення та формування оптимального комплексу експлуатаційних властивостей, заготовки піддають технологічній операції високого відпуску. Регламент термічної обробки передбачає нагрівання металу до температурного інтервалу 450–500 °C з наступною тривалою ізотермічною витримкою.

Впровадження даного температурного режиму забезпечує протікання наступних внутрішньоструктурних процесів:

- інтенсивне зниження рівня внутрішніх залишкових макро- та мікронапружень у кристалічній матриці.
- частковий розпад мартенситу гартування та редукція ступеня тетрагональності його кристалічної ґратки внаслідок дифузійного виділення надлишкового вуглецю у формі дисперсних карбідів.
- перехід структури до стану відпущеного мартенситу (або сорбіту відпуску), що має більш зрівноважений термодинамічний потенціал.
 - o Внаслідок структурної перебудови макротвердість сталі контрольовано знижується до меж 45–48 HRC, що компенсується істотним зростанням пластичних та в'язких характеристик матеріалу.

Зазначений комплекс термічного оброблення (гартування з наступним високим відпуском) визначається як термічне поліпшення. Дана технологія є базовою та найбільш ефективною для середньовуглецевих конструкційних

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дат		

сталей із масовою часткою вуглецю 0,3–0,6% С (зокрема, для деталей-представників із сталі марки 35Л, передбачених програмою проектного цеху).

Сталь 25Л піддається нормалізації. Виливки нагрівають до температури 920-960⁰ С і охолоджують 2-3 години на повітрі. При нормалізації відбуваються структурні зміни у виливку. В результаті повної фазової перекристалізації форми і розмірів зерна, збільшення дисперсності фаз і структурних складових і отримання більш однорідної дрібнозернистої структури. Після нормалізації структура металу – феритно-перлітна.

2.12 Контроль

Якість готового виливка залежить від точності виконання технологічних вимог на кожному етапі виготовлення.

На якість виливки впливає якість металу, що заливається, яка залежить від складу шихти. Шихтові матеріали повинні відповідати сертифікату.

Хімічний склад сталі повинен відповідати нормативній документації, що діє на підприємстві.

Температура металу, що заливається, 1560-1600⁰С. Час охолодження виливки у формі не менше 4 годин.

Після вилучення виливки з форми, обрубки ливникової системи виливку піддають кінцевому контролю. До неї висувають такі вимоги:

- виливка не повинна мати тріщин;
- виливка не повинна мати дефектів, що перевищують за площею зазначені в нормативно-технічній і нормативно-технологічній документації, що існує на підприємстві;
- геометричні розміри повинні відповідати кресленню виливки, згідно з допусками на розміри за ДСТ.

Після перевірки деталей на відповідність всіх перерахованих вище параметрів її пред'являють контролерам БТК. На придатних виливках ставиться клеймо БТК, і відправляють в механічний цех для проведення обробки.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Анк
						44
Змн	Анк	№ док-м	Підпис	Лам		

2.13 Види браку

Невідповідність розмірів виливки кресленню. Виникає в основному через погане складання форми (погано досаджений стрижень). Цей вид браку найчастіше виникає через неуважність робітників-складальників форм. Для запобігання виникненню цього виду браку застосовують шаблони, які дозволяють точно встановити стрижні у формі.

Перекіс. Найчастіше виникає в результаті відсутності штирів на опоках або зносу втулок, або через неточний набір моделей на модельні плити. Цей вид браку виникає в основному з вини модельників або майстрів на дільниці.

Усадочні раковини. Виникають внаслідок недостатнього живлення масивних вузлів виливки, нетехнологічної конструкції виливків, неправильної установки ливників і надлив, заливки надмірно перегрітим металом. Для зниження браку застосовують: внутрішні і зовнішні холодильники, зміну конструкції і розмірів надлив, підвищення швидкості заливки.

Газові раковини. Виникають в основному через погану вентиляцію форми (низька газопроникність, відсутність наколів - газовідводів). Газові раковини мають гладку поверхню і являють собою округлі поверхні (кульки). Застосовують для зниження браку: поліпшення вентиляції форм і стрижнів, зменшення площі перетину живильників, зміну температури заливки, дотримання технології фарбування, зниження вологості формувальної суміші.

Невідповідність розмірів виливки кресленню може бути наслідком неправильно призначеної усадки при виготовленні модельного комплекту, а також неточного складання форми. Цей дефект може бути усунутий доведенням модельного комплекту, підвищенням точності складання форми.

Невідповідність маси виливки заданій кресленням виникає найчастіше з тих же причин, що і невідповідність розмірів. Крім того, збільшення маси можливе внаслідок деформації форми при заливці її рідким металом.

Спай і недолив у виливках утворюється від нерозлитих потоків металу,

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лам		

які втратили рідкоплинність до заповнення всієї форми. Такі потоки утворюються при заливці форми недостатньо перегрітим металом через живильники малого перетину, при надмірно вологій формувальній суміші або недостатній газопроникності формувальної суміші.

Заливи на вилівку виникають зазвичай по роз'єму форми внаслідок зношеності опок, їх короблення, а також через погане кріплення форми.

Перекіс у виливках утворюється при недбалому складанні форми в результаті зміщення напівформи або неправильного центрування опок, через знос втулок і штирів, невідповідності знакових частин стрижня на моделі і в стрижневому ящику.

Пригар – міцне з'єднання поверхні виливків з формувальною або стрижневою сумішшю, утворюється внаслідок недостатньої вогнетривкості формувальних матеріалів, їх засміченості шкідливими домішками, поганої якості ливарних фарб, недостатнього ущільнення форми.

Гарячі тріщини виникають у виливках при високій температурі заливного металу, підвищеній усадці виливка, неправильній конструкції ливниково-живильної системи і надливу, при поганій податливості стрижня, форми, неправильній конструкції виливків, нерівномірному охолодженні. Гарячі тріщини мають темну окислену поверхню.

Холодні тріщини можуть бути наслідком як нерівномірної усадки окремих частин виливки, так і просто механічних пошкоджень при вибиванні та очищенні. Для усунення холодних тріщин необхідно забезпечувати рівномірне охолодження виливки в тонких і потовщених місцях.

Газові раковини – порожнечі в тілі виливки. Вони бувають відкриті або закриті і виникають при надмірній газотворності або недостатній газопроникності формувальної суміші, поганій вентиляції форми і стрижня або неправильній її конструкції, низькій температурі заливаного металу. Усунення цих причин призводить до зниження газових раковин.

Усадочні раковини виникають внаслідок недостатнього живлення масивних вузлів виливки, технологічної конструкції виливків, неправильної

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Дрк.
Змн.	Дрк.	№ док.им.	Підпис.	Лам.		46

установки ливників і надливів, підвищеної усадки.

Невідповідність хімічного складу металу виливків заданому, може статися внаслідок неправильного зважування шихтових матеріалів, змішування різних сортів металу, неправильного процесу ведення плавки. Щоб усунути брак за хімічним складом, необхідно контролювати вихідні шихтові матеріали, суворо дотримуватися порядку їх зважування, стежити за ходом плавки, контролювати хімічний склад металу по ходу плавки.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лат</i>		

3. РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ

3.1 Плавильне відділення

Переваги дугових сталеплавильних печей постійного струму Robotами вітчизняних фахівців доведена доцільність застосування ДППТ будь-якої місткості. Відпрацьовані технології, показана економічна і технічна ефективність їх застосування для плавки сплавів на основі алюмінію, міді, різних марок сталі, чавуну, включаючи синтетичний. Це дозволяє істотно розширити область застосування і розглядати ДППТ як конкурентоспроможний агрегат не тільки на металургійних підприємствах, але і в ливарному виробництві замість малих і середніх ДСП і індукційних печей різних типів.

Накопичений на даний час досвід експлуатації показав, що ДППТ мають наступні переваги при виплавці сталі та чавуну;

- зниження пилогазовикидів у 7-15 разів;
- зменшення випалу легуючих елементів при переплавці сталей і сплавів на 35-85%;
- зниження випалу шихти на 0,5-1,5% і за рахунок цього додатковий злив металу 20-40 кг/т;
- зниження рівня шуму у всі періоди плавлення на 15 дБ;
- можливість виплавки сталі із заданими властивостями з будь-якої металошихти, включаючи сталеву стружку (сірий, високоміцний, легований чавуни).

У порівнянні з полум'яними, індукційними печами та печами опору визначені такі переваги:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лам.</i>	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ	<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивний</i>
Розроб.		Мазур І.І.					1	34
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.						
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.						
Затверд.		Бабошко Д.Ю.						
						МТ-23-1ск		

– збільшена питома введена потужність і продуктивність по розплавленню в 3-4 рази;

– знижена питома витрата електроенергії на 20-35%;

– випаровування металу становить менше 0,5-1,5%;

– збільшена стійкість футеровки (до двох років), гранично прості умови її експлуатації;

– висока якість металу за рахунок істотного зменшення кількості неметалевих включень;

– брак виливків знижений в 2 рази;

– висока мобільність печі, можливість вкл/викл в будь-який момент часу, отримання розплаву на холодній печі через 10-30 хв;

– разова механізована закладка шихти, можливість плавлення при 20-100% номінальної місткості за масою металу.

Відмінною особливістю дугових печей постійного струму (ДПСТ) є наявність тільки одного верхнього графітованого електрода (катода), розташованого вздовж вертикальної осі печі, і підлогових електродів (анодів) в підлозі печі.

Основні передумови впровадження цих печей:

- нижча витрата електродів 1,5-2,0 кг/т;

- економія електроенергії 3-5%;

- ефективний, більш рівномірний розподіл тепла;

- зниження витрати вогнетривких матеріалів;

- природне перемішування розплаву;

- простіший догляд за піччю;

- зменшення негативного впливу на мережу живлення, можливість підключення до мережі з меншою потужністю короткого замикання.

Відсутність водоохолоджуваних елементів і нагрівачів під металом і масивна футеровка підлоги збільшують надійність і вибухобезпеку печей, особливо в порівнянні з індукційними.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дат		

ДППТ не бояться відключень електроживлення в будь-який період плавки, можуть працювати з повним і частковим зливом розплаву, допускають тривалі простой між плавками. Відсутність обмежень за рівнем питомої введеної потужності дозволяє проектувати високопродуктивні печі. Для футеровки ДППТ можна використовувати широку гаму вогнетривких матеріалів, не пред'являючи до них підвищених вимог. Переплав в ДППТ не вимагає спеціальної підготовки шихтових матеріалів, а їх попередній нагрів дозволяє додатково знизити витрату електроенергії.

Піддон печі виготовляють з декількох шарів: перший, що стикається з рідким металом, - набивний з вогнетривкого порошку, який може бути виконаний з кварцового піску (кислий процес) або магнезитового порошку (основний процес), другий шар виконують з динасової або шамотної цегли, а наступні шари - з шамотної цегли, діатоміту та азбесту. Стіни печі багатошарові.

Футеровку для виплавки сталі 25Л застосовуємо основну. Перед плавкою електродугову піч футурують. Склепіння викладають за шаблоном магнезитовою цеглою, а потім футурують сумішшю, що складається з вогнетривкої маси: 52% кварцового піску, 26% вогнетривкої глини, 22% води. Під і укуси печі футурують магнезитовою цеглою. При цьому залишають зазор між кожухом печі і футеровкою 50-60 мм, який засипають порошком магнезитової цегли. Кладку печі виконують в суху перев'язку. Перед набиванням цегляну кладку пода просушують газом протягом 3-5 годин, після чого футеровку змащують рідким склом для кращого з'єднання шарів пода, набивають укуси. Після набивання укусів пода піч накривають склепінням і сушать протягом 3-4 год, потім закидають кокс і підсилюють горіння вдуванням стисненого повітря.

3.1.1. Виплавка сталі в дуговій сталеплавильній печі

Процес плавлення розділений на три періоди, які проводять при постійній

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доким.	Підпис	Лист		3

потужності дуги. Період 1 - підготовчий, його проводять на високій напрузі і невеликому струмі дуги. Режим дуги дозволяє вести розплавлення шихти без прив'язки анодного плями на розплав. Довга дуга забезпечує стабільний електричний режим, інтенсивний нагрів пічних газів, плавний нагрів всього обсягу шихти. Локальне перегрівання металу не виникає, оскільки краплі металу, нагріваючись, долають сили поверхневого натягу і негайно стікають вниз.

У періоді 1 відганяються органічні забруднення шихти, пари яких виходять з отвору в склепінні і догорають до завершених оксидів. У всіх періодах плавки коливання активної потужності в порівнянні із середнім значенням не перевищують $\pm 10\%$. Коливання тиску в печі за рахунок стабілізації електричного режиму пригнічені, і підсмоктування повітря в піч не спостерігається. Протягом періоду 1 в шихті утворюється розширюється вгору воронка, яка в періоді 2 виключає обрушення шихти на склепінчастий електрод і заморожування металу на підлозі.

Період 2 - енергетичний. Забезпечується стабільний електричний режим при коливанні потужності не більше $\pm 5\%$. Цей режим сприяє швидкому розплавленню шихти і не призводить до помітного локального перегріву металу. Струм дуги подвоюють, а напругу в 2 рази знижують. На початку періоду 2 анодна пляма дуги розташовується на розплаві. Основна потужність дуги випромінюванням і конвекцією пічних газів передається на шихту, яка продовжує плавитися, і близько 20% потужності дуги передається через анодну пляму в розплав. Перегрів розплаву під дугою в періодах 2 і 3 запобігається розміщенням підових електродів, що формують тороїдальне обертання металу у вертикальній площині, при якому потік металу з великою швидкістю підтікає під дугу і йде вглиб розплаву.

У цих умовах температурне поле розплаву вирівнюється через інтенсивну конвективну теплопередачу через розплав, а висока швидкість руху металу під дугою не допускає його локального перегріву.

Зниженню питомого теплового потоку через анодне пляма дуги сприяє

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		4

низька щільність струму в ньому і наявність шлакового покриву. У всіх періодах плавки відбувається мінімальний угар металу, не утворюється первинний шлак. У цих умовах склад шлаку і його активність можна регулювати подачею шлакоутворюючих елементів.

Утворений шлак є рідкорухливим і внаслідок інтенсивного перемішування металу ефективно взаємодіє з розплавом.

Період 3 - технологічний. Третій режим у порівнянні з першим проводиться при короткій дузі з напругою, зниженою в чотири рази, і силою струму, в чотири рази збільшеною. При цьому відбувається доплавлення шихти, нагрівання розплаву, рафінування і перемішування розплаву і шлаку.

У процесі рафінування нагрівання металу ведеться на повній потужності при коротких включеннях дуги. Частка енергії, що передається в цей період безпосередньо від дуги до розплаву, перевищує 80% підведеної. Інтенсивна теплопередача від дуги до розплаву реалізується під впливом поля електромагнітних сил в розплаві. Цьому сприяє спеціальна схема розміщення підових електродів і струмопідводів до них.

Відповідні режими регулювання сили струму дуги забезпечують стійке кероване перемішування розплаву у вертикальній і горизонтальній площинах з максимальною швидкістю руху розплаву з-під дуги вглиб ванни.

Це запобігає локальному перегріванню, оскільки нагрітий під дугою метал швидко заміщується набігаючим «холодним» розплавом.

Перемішування також перешкоджає виникненню локальних вихорів над підвальними електродами, запобігаючи їх руйнуванню. Швидкість теплопередачі від дуги до розплаву збільшується пропорційно зростанню сили струму. Це дозволяє підтримувати зазначений механізм плавлення в широкому інтервалі підведеної питомої потужності (від 0,3 до 8,0 кВт/кг шихти) в печах малої, середньої і великої (до 100 т) місткості, забезпечуючи їх високу продуктивність.

Швидкість розплавлення в ДППТ нового покоління великої місткості обмежується тільки теплопровідністю масивних шматків шихти і допустимою

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
						5
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лист		

потужністю джерел електроживлення. У печах місткістю 30 т тривалість розплавлення шихти може становити 30-40 хвилин.

У всі періоди плавки окислення і випаровування металу зведені до мінімуму (навіть при плавленні стружки), що забезпечує малий пиловікид з печі.

Для формування шлаку на поверхні розплаву в піч вводять шлакоутворюючі матеріали, які можна подавати в будь-який період плавки, в тому числі і разом із завантажуваною шихтою. Через низький випал легуючих елементів їх також можна завантажувати разом із шихтою.

При подачі легуючих елементів в розплав, завдяки перемішуванню металу, вони швидко розчиняються і рівномірно розподіляються по всьому об'єму. Засвоєння феросплавів при плавці сталі становить 98-100%, засвоєння вуглецю при плавці синтетичного чавуну - 80%. Угар вуглецю при тривалій витримці чавуну не перевищує угар в індукційних печах, а при наведенні карбідного шлаку - відсутній. Угар легуючих елементів при тривалій (більше 8 годин) витримці високолегованої сталі практично відсутній. У ДППТ можна вести обробку металу активними шлаками, киснем.

Аналіз результатів промислової експлуатації дугових печей постійного струму (ДППТ) дозволяє рекомендувати дані агрегати для широкого впровадження в металургійних та ливарних цехах. Завдяки високій універсальності, стабільності електричної дуги та гнучкому керуванню тепловим контуром, ДППТ доцільно застосовувати не лише як плавильні агрегати для первинного отримання сталі, чавуну, а також сплавів на основі алюмінію та міді, але й як високоефективне обладнання для міксерів-накопичувачів, печей витримки та комплексів позапічного рафінування розплавів.

Футерування робочого простору ДППТ реалізується з використанням високоякісних вогнетривких матеріалів, аналогічних тим, що застосовуються в класичних дугових сталеплавильних печах (ДСП) змінного струму (зокрема магнетитових, хромомагнетитових або периклазоуглецевих цегл та мас).

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		6

Технологічні та експлуатаційні характеристики вогнетривкого комплексу печі визначаються наступними показниками:

- експлуатаційний ресурс подини печі за умови проведення регулярних планово-попереджувальних гарячих ремонтів (торкретування) становить від 3 до 5 років, що еквівалентно забезпеченню від 5000 до 7000 теплових циклів (плавок).
- технологічний регламент обслуговування агрегату передбачає можливість оперативного наварювання та відновлення робочого шару подини після локальних ерозійних руйнувань або механічних пошкоджень («зривів» вогнетривкого масиву).
- проведення проміжних і поточних ремонтів футерування подини реалізується без демонтажу або заміни подових електродів. Конструктивне виконання та водяне або повітряне охолодження цих вузлів забезпечують їх високу живучість, стійкість до струмових навантажень та допускають багаторазове циклічне використання, що суттєво знижує питомі витрати на обслуговування плавильного комплексу.

Наявність одного верхнього електрода, розташованого в центральній частині печі, зумовлює деякі відмінності в умовах служби вогнетривкої футеровки дугових печей постійного струму і ДСП: збільшується відстань від дуги до стін печі, теплове випромінювання дуги поширюється рівномірно на стіни печі, істотно знижується утворення пилу, зменшується теплове навантаження на футеровку стін.

Таким чином, умови експлуатації футеровки склепіння і стін дугових печей постійного струму, за інших рівних умов, повинні бути вищими, ніж у ДСП змінного струму.

При роботі футеровки підлоги дугових печей постійного струму є два фактори, які слід враховувати: інтенсивне перемішування розплаву в районі підлоги і порушення цілісності підлоги за рахунок підлогових електродів. Тому набивання маси або бетону навколо електрода слід виконувати особливо ретельно (як і футерування всієї підлоги) щоб уникнути розмивання футеровки

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		

інтенсивно рухомих металом.

При розробці ДППТ використано досвід створення дугових печей змінного струму і плазмових печей з керамічним тиглем постійного струму, розроблених раніше. ДППТ складається з частин і механізмів, однотипних з ДСП і однакової ємності ванни. Ось перероблений фрагмент у суворому науково-технічному стилі, адаптований для підрозділу «Конструктивні особливості та елементи архітектури плавильних агрегатів» вашої бакалаврської роботи.

Конструктивна схема дугової печі постійного струму (ДППТ) являє собою комплекс взаємопов'язаних механічних, теплотехнічних та електродинамічних вузлів, що забезпечують високу інтенсивність плавки, енергоефективність та експлуатаційну надійність агрегату.

До базових конструктивних елементів печі належать:

- сталевий футерований кожух: тримальний каркас плавильного агрегату, внутрішня робоча поверхня якого захищена багат шаровою вогнетривкою футеровкою.
- звід печі: верхнє перекриття робочого простору, яке для підвищення експлуатаційної стійкості в умовах високих термічних навантажень виконується у водоохолоджуваному варіанті.
- стіни робочого простору (ванни): бічні зони корпусу, які безпосередньо контактують або знаходяться в зоні випромінювання дуги; з метою інтенсифікації тепловідведення вони компонується з водоохолоджуваних панелей.
- механізм нахилу печі: гідравлічний або електромеханічний привід секторного типу, призначений для контрольованого повороту корпусу агрегату з метою випуску готової розплаву та скачування шлаку.
- механізм переміщення електрода: координатна система автоматичного регулювання положення графітованого електрода за вертикальною віссю для підтримки стабільних параметрів електричної дуги.
- механізм розкриття робочого простору: система підйому та

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лист		

повороту зводу або механізм викочування ванни (корпусу), що забезпечує безперешкодну та швидку верхню завалку (завантаження) шихтових матеріалів за допомогою кранових бадей.

– робоче вікно: технологічний отвір у кожусі, обладнаний механізованою заслінкою, призначений для візуального моніторингу процесу, відбору проб металу та наведення реакційного шлаку.

Специфіка електромагнітного контуру та відмінні риси ДППТ

Фундаментальною конструктивною та технологічною відмінністю ДППТ від класичних дугових сталеплавильних печей (ДСП) змінного струму є топологія її електродної системи та характер протікання струму.

Замість стандартної трифазної системи з трьома рухомими елементами, в архітектурі ДППТ реалізовано однофазну схему:

– у конструкції передбачено наявність тільки одного верхнього графітованого електрода, розташованого суворо вздовж вертикальної геометричної осі печі. За потреби проведення профілактичного огляду чи завалки, механізм кантувача забезпечує розворот верхнього зводу разом із електродом на кут 180° .

– замикання електричного контуру здійснюється через систему спеціалізованих подових електродів, інтегрованих безпосередньо у вогнетривкий масив подини (нижньої частини ванни) печі.

Таке просторове орієнтування електродів забезпечує проходження електричного струму вертикально через усю товщу рідкої металеві ванни. Це викликає потужний ефект магнітогідродинамічного перемішування розплаву, що гарантує абсолютну гомогенізацію хімічного складу сталі, вирівнює температурне поле за об'ємом ванни, прискорює дифузійні процеси взаємодії з металургійним шлаком та знижує питомі витрати графітованих електродів на тону придатного литва.

У ДППТ нового покоління забезпечується спрямоване перемішування розплаву, зниження ваги і габаритів трансформаторного обладнання, підвищення надійності енергетичного обладнання.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис.	Лист		9

Підові електроди виконуються за особливою технологією, безпечні в роботі і являють собою металеві стрижні, що охолоджуються водою. Для безпеки експлуатації канали охолодження винесені за кожух печі, а в тілі підових електродів встановлені датчики контролю їх стану. При плавці в ДППТ використовуються відомі технологічні прийоми: кип ванни, обробка шлаком, продувка металу киснем або інертним газом, легування.

Кероване перемішування розплаву без застосування спеціальних пристроїв для його здійснення полегшує і прискорює технологічні процеси. Поєднання заданого напрямку і швидкості руху металу з тепловим потоком від дуги дозволило утримувати локальний нагрів розплаву на рівні температури, що не перевищує 5-7% від середньої температури розплаву у всі періоди плавлення. Це забезпечило, зокрема, можливість виплавки в ДППТ високоякісних алюмінієвих сплавів.

Конструкція печі постійного струму дозволяє проводити реконструкцію діючих печей змінного струму з зупинкою печі для реконструкції на 2-3 тижні. При створенні агрегату з одного джерела електроживлення і двох тиглів футеровка обох тиглів може бути основною, кислою або один тигель може бути виконаний з основною футеровкою, а другий з кислою

3.1.2. Розрахунок кількості печей

Таблиця 3.1- Характеристики ДППТ

Типи печей	Номінальна місткість, т/продуктивність т/год	Потужність джерела живлення, МВА	Орієнтовний час розплавлення під струмом хв		Випаровування шихтових матеріалів, %	Випаровування графітованих електродів, кг/т	Діаметр графітованих електродів, мм
			Сталь, чавун,	Сплави на основі Al, Cu			
ДППТ-6	6,0	4,73/4,3	40-45/55-60	25-30/35-40	0,2	До 1,5	30

Вибираємо піч ДППТ-6. Кількість печей визначимо нижче.

Кількість печей для приготування рідкого металу визначаємо за формулою

2138-84

60

глина вогнетривка ТУ 14-8-262-78

40

вода

від 15 до 20

Для набивної футеровки застосовувати формувальну суміш (ковшова).

Склад формувальної суміші:

суміш оборотна

80

глина вогнетривка ТУ 14-8-262-78

вода

від 15 до 20

Кількість ковшів, необхідних для забезпечення роботи ділянки, визначаємо за формулою:

$$n_k = T_p + T_v + T_f + T_c / T_p + n_z, \quad (20)$$

де T_p - час роботи ковша, год;

T_v - час охолодження і вибивання ковша, год; T_f - час на футерування і ремонт ковша, год; T_c - час сушіння ковша, год;

n_z - кількість запасних ковшів, шт.

Кількість кранових поворотних ковшів, необхідних для забезпечення роботи цеху:

$$n_k = (1,5 + 6 + 8 + 6) / (6 + 1) = 3 \text{ шт.}$$

Для забезпечення роботи печі необхідно 3 ковші ємністю 6 т на одну піч.

Один ковш знаходиться в роботі, один ковш знаходиться на ремонті і один ковш в резерві. Так як на сталеплавильному відділенні 3 печі, то необхідно 9 ковшів в зміну, 27 ковшів на добу.

3.2 Відділення для приготування суміші

Сумішеприготувальний підрозділ цеху призначений для централізованого виготовлення кондиційних формувальних і стрижневих сумішей із заданими технологічними властивостями.

Технологічний контур обробки та підготовки сировинних матеріалів охоплює такі етапи:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
						12
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		

- очищення оборотної суміші: Відпрацьована (горіла) суміш транспортується з накопичувальних бункерів на позицію сепарації, де за допомогою механізованих полігональних сит реалізується її ретельне очищення від феромагнітних (металевих) включень, конгломератів та сторонніх домішок.

- транспортування наповнювачів: Подача свіжих компонентів — кварцового піску та ливарної глини (бентоніту) — до видаткових бункерів змішувальних бігунів здійснюється за допомогою системи стаціонарних стрічкових конвеєрів.

- вимоги до вогнетривкої основи: До кондиційного стану кварцового піску висуваються жорсткі регламентні вимоги. Наповнювач повинен пройти попереднє теплове сушіння; присутність сторонніх включень, глинистих домішок понад норму або механічного засмічення повністю виключається задля стабільності реологічних властивостей майбутньої суміші.

Для виготовлення ливарних форм в умовах високопродуктивної автоматизованої лінії цеху застосовуються сирі піщано-глинисті суміші. Особливості їхнього стану та трансформації полягають у наступному:

- початковий стан: у вільному (насипному) стані приготовлена робоча суміш володіє мінімальною початковою міцністю, що забезпечує її високу текучість та рівномірність заповнення зазору між моделлю й опокою.

- кінетика зміцнення: остаточних фізико-механічних характеристик та проектної міцності напівформи набувають безпосередньо на модельному оснащенні в процесі формування.

- характер ущільнення: перехід суміші у стійкий макроструктурний стан реалізується виключно за рахунок зовнішнього механічного впливу (пресування під високим тиском, струшування або імпульсного навантаження). При цьому повністю виключається потреба в додатковому тепловому сушінні (термічному впливі) або введенні рідких хімічних затверджувачів, що суттєво знижує енергоємність та собівартість

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн	Анк	№ док.им	Підпис	Дат		13

виробництва.

Необхідним вимогам відповідає суміш-готувальне обладнання фірми «Belloi&Romagnoli», зокрема змішувач типу Р6000 продуктивністю 60 т/год, який входить в комплект автоматичної формувальної лінії фірми «Belloi&Romagnoli» (Італія).

Пропоновані компанією сучасні бігуни серії Р продуктивністю від 10 до 150 т/год оснащені потужними і надійними поршневыми гідромоторами. Енергії, що передається гідромотором, достатньо для приводу всіх механізмів бігунів. В результаті конструкція вийшла досить компактною.

Перемішувальний блок включає в себе два обертових вузли, які, крім обертання навколо своєї осі, переміщуються, перекиваючи всю поверхню ванни. Встановлені в перемішувальному блоці високошвидкісні ротори забезпечують швидку активізацію добавок.

Завдяки використанню на кожному обертовому вузлі планетарного редуктора процес перемішування здійснюється з високою швидкістю. Кожен обертовий вузол складається з трьох перемішуваних лопатей з полотнами – скребками, що підчищають поверхню дна ванни. Всі вузли забезпечені зносостійкими накладками. Чистота стінок змішувальної ванни підтримується завдяки двом скребкам, які також оснащені гострими накладками із зносостійкого матеріалу.

Збіднена формувальна суміш подається в бігуни через дозуючу воронку, встановлену у верхній частині кришки. Подача піску здійснюється через отвір із заслінкою-регулятором, оснащеною гідроприводом. Комбінована дія обертових вузлів визначається сумою швидкостей, що створюються у ванні планетарним пристроєм, бігунами інтенсивного перемішування і лопатями – скребками. В результаті за обмежений час циклу перемішування формувальної суміші надаються оптимальні властивості.

Описані бігуни відрізняються низьким споживанням енергії і забезпечують ретельне перемішування компонентів.

Розвантаження регенованої формувальної суміші здійснюється через

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн	Анк	№ док.м	Підпис	Дат		14

отвір, розташований в днищі ванни. Кришка розвантажувального люка повертається гідравлічним циліндром в горизонтальній площині.

Основні переваги гідравлічного приводу по відношенню до традиційного редукторного електродвигуна:

- висока надійність і міцність при однакових технічних характеристиках;
- можливість підбору оптимальної швидкості перемішування шляхом зміни частоти обертання вала гідравлічного двигуна;
- поглинання інерції, що виникає при незапланованих зупинках (відключеннях електроживлення), за допомогою розвантажувального клапана;
- повторний пуск при повному завантаженні бігунів з максимально можливим моментом;
- мінімальна кількість деталей і вузлів, що потребують обслуговування;
- можливість розміщення гідравлічної установки в чистому і захищеному приміщенні.

Також в комплект поставки входить машина охолодження формувальної суміші. Фізичний принцип, який використовується в даній машині – видалення тепла, що утворюється при випаровуванні води, яка вступає в контакт з формувальною сумішшю, за рахунок примусової витяжки пари, що утворюється у ванні. Формувальна суміш постійно перемішується, одночасно з цим подається повітря для утворення псевдозрідженого шару. Це забезпечує збільшення поверхні теплообміну між повітрям і формувальною сумішшю. На початку циклу подається вода, яка і бере участь в охолодженні і зволоженні. Потім із завантажувального бункера подається збіднена формувальна суміш. Таким чином охолодження починається вже з перших миттєвостей перемішування.

Пара, що утворюється в результаті контакту води з формувальною сумішшю, безперервно видаляється витяжною системою. Видалені пари повинні подаватися в фільтр-осушувач, де вони будуть доводитися до стану, в

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
						15
Змн.	Анк.	№ док.	Підпис	Лист		

якому можливий їх випуск в навколишнє середовище відповідно до чинного природоохоронного законодавства.

Контроль відповідності хімічного складу здійснюється спеціальними датчиками, якими оснащений лопатевий змішувач Р6000, що входить в комплект автоматичної формувальної лінії фірми «Belloi&Romagnoli», (Італія).

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика змішувальної установки Р6000

Характеристика	Величина
Продуктивність змішувальної установки, т/год	
Зарядка, кг	1200
Потужність, кВт/год	60
Цикл, сек.	110

Таблиця 3.3 – Розрахунок кількості формувальної та стрижневої суміші

Параметри	Показники
Витрата єдиної суміші на тонну придатного, м ³	8,23
Витрата єдиної суміші на програму з урахуванням просипання 5% (14500 т), м ³	115 220 м ³
Витрата стрижневої суміші на тонну придатного, м ³	0,48
Витрата стрижневої суміші на виробничу програму (14500 т), м ³	6790 м ³

3.2.1 Розрахунок змішувачів

Кількість бігунів знаходимо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot K_{\text{П}}}{F_{\text{Д}} \cdot q}$$

де N – витрата суміші на виробничу програму, м³ ;

K_П – коефіцієнт, що враховує втрати на програму;

F_Д – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

q – продуктивність змішувального агрегату, м³ /год.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
						16
Змн	Анк	№ док.м	Підпис	Дат		

Продуктивність змішувачів для формувальної та стержневих сумішей відповідно дорівнюють

Річна продуктивність змішувача:

$$115220 \cdot 1,1$$

$$n = \frac{115220 \cdot 1,1}{5632,5 \cdot 30} = 0,75 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо одного змішувача моделі Р6000.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначимо за формулою:

$$K = \frac{N_{\text{розрахункове}}}{N_{\text{прийняте}}} \cdot 100\% , \quad (22)$$

Коефіцієнт завантаження повинен задовольняти нерівності:

$$60\% \leq K_z \leq 90\% ,$$

$$K_z = \frac{0,75}{1} \cdot 100\% = 75\% .$$

3

3.3.Формовочно-заливочно-вибивне відділення

Вибір оптимального технологічного процесу виготовлення литих деталей для проєктованого цеху базується на впровадженні прогресивних методів заготовки, що забезпечують високу техніко-економічну ефективність виробництва. Селекція конкретного способу отримання виливків детермінується комплексом взаємопов'язаних інженерних, металургійних та економічних чинників:

- виробнича програма та серійність: заданий річний обсяг випуску продукції, що визначає рівень механізації та автоматизації діляниць.
- масогабаритні характеристики: номінальна маса, габаритні розміри та конфігураційна складність деталей-представників.
- технологічні вимоги: регламентовані допуски на розмірну точність,

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Друк.
Змн	Друк	№ док.им	Підпис	Лист		17

шорсткість поверхні та коливання маси заготовки.

- ресурсозабезпечення: наявність, доступність та вартість локальної сировинної бази матеріалів.
- економічні критерії: гранична собівартість технологічного процесу, капіталомісткість оснащення та терміни окупності проекту.
- технологічні переваги формування в разові піщані матриці

Найбільш універсальним, надійним та промислово апробованим методом у світовій ливарній практиці є лиття в разові піщані (піщано-глинисті) форми. Дана технологія володіє високою гнучкістю та дозволяє виготовляти деталі практично будь-яких типорозмірів, конфігурацій та вагових груп незалежно від характеру серійності випуску.

З огляду на великосерійний характер проектного виробництва, стабільність сировинної бази та необхідність мінімізації приведених витрат на модельне оснащення, для проектного цеху як базовий метод прийнято лиття в разові піщані форми, що виготовляються на сучасних високопродуктивних автоматизованих лініях. Це рішення гарантує отримання конкурентоспроможних виливків із заданим рівнем конструкційної точності та оптимальною собівартістю тонни придатного литва.

Компанія «Belloi&Romagnoli» була заснована в Модені в 1950 році і з самого початку своєї діяльності займається виготовленням технологічного обладнання для ливарного виробництва. У 70-ті і 80-ті роки як в Італії, так і за кордоном ливарне виробництво зазнало серйозних змін - на зміну ливарнику прийшла сучасна технологія.

Сьогодні «Belloi&Romagnoli» — це не тільки реальність, на яку можна покластися, але й майже 50 років досвіду роботи в галузі обладнання для ливарного виробництва. Загальною відмінною рисою обладнання «Belloi&Romagnoli» останнього покоління є його якість. Крім того, «Belloi&Romagnoli» гарантує покупцеві комплексне обслуговування як на етапі проектування обладнання, так і після його продажу. Метод ущільнення форм пресуванням використовується з 1983 року на лініях виготовлення сирих

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лист		18

піщано-глинистих форм. Переваги пресування при експлуатації всіх формувальних ліній «Belloi&Romagnoli» наступні:

Пресування – це єдиний спосіб формування, що забезпечує рівномірне і щільне набивання по всьому об'єму форми. Крім того, пресування забезпечує хороші умови праці формувальників і високу продуктивність обладнання. Але представлена епюра ущільнення – для форми без моделі. При установці в форму моделі при пресуванні досягається різний ступінь ущільнення – над моделлю щільність набивання вище, а в кишнях вона нижче. Визначальним фактором для щільності набивання кишень є співвідношення висоти моделі і опоки. Використання високих моделей призводить до різних дефектів внаслідок низької щільності формувальної суміші в кишнях моделі.

Для забезпечення рівномірності ущільнення при пресуванні необхідно, щоб глибина проникнення пресової колодки відповідала висоті моделі. Це завдання вирішується двома способами: використання профільних пресових колодок. Вони виготовляються спільно з модельною оснасткою, однак така технологія істотно збільшує вартість модельного комплекту;

- поділ пресової колодки на дискретні ділянки. Такий підхід збільшує вартість обладнання, але дозволяє заощадити на оснащенні.

- зменшення формувального ухилу. Витрата металу і витрати на механічну обробку виливків зменшуються через зменшення формувальних ухилів до $0,5^{\circ}$ і менше.

- краще використання площини роз'єму виливками. Більш щільне розташування моделей на підмодельній плиті можливе, оскільки допускаються менші відстані між моделями і опокою. Це означає: більше виливків в одній формі.

- Зменшення витрат на очищення виливків. Значною мірою зменшуються витрати на очищення і остаточну обробку виливків. Це обумовлено тим, що способом «Multipress» виробляються високоякісні виливки однаково високої якості в серії, з прекрасною поверхнею, точні за розмірами і майже повною відсутністю дефектів поверхні, задирок і т.д.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		18

Ущільнення форми здійснюється за допомогою багатоплунжерної головки. Багатоплунжерна головка являє собою безліч незалежних пресових циліндрів (гідравлічних або пневматичних) з невеликими пресовими колодками (башмаками).

Така технологія дозволяє забезпечувати високе і рівномірне ущільнення формувальної суміші. У перших формувальних машинах такого типу використовувалися активні багатоплунжерні головки – ущільнення формувальної суміші здійснювалося багатоплунжерною головкою на нерухомому робочому столі.

Технологія виготовлення форм багатоплунжерною головкою представлена в таблиці 20.

У сучасних формувальних машинах встановлюється пасивна багатоплунжерна головка, тобто ущільнення здійснюється підйомом робочого столу формувальної машини.

Подальша дискретизація пресових колодок була запропонована фірмою в формувальних машинах з гнучкою діафрагмою. Пресування на цьому обладнанні здійснювалося імпульсом стисненого повітря з тиском до 0,6 МПа. Як виявилось згодом, у використанні гнучкої діафрагми як буфера, що передає імпульс від стисненого повітря формувальної суміші, немає великої необхідності. Тому випуск формувальних машин з гнучкою діафрагмою був згорнутий.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн	Анк	№ док.м.	Підпис	Лист		20

Таблиця 20 - Операції виготовлення форм багатоплунжерною ГОЛОВКОЮ

№	Операція	Схема
1	Заповнення формувальною сумішшю дозатора формувальної машини. Для рівномірності заповнення опоки дозатор оснащений заслінками. Установка опоки з наповнювальною рамкою на модель	
2	Заповнення опоки з наповнювальною рамкою формувальною сумішшю з дозатора формувальної машини	
3	Підйом робочого столу формувальної машини. Ущільнення формувальної суміші багатоплунжерною головкою пасивного типу	
4	Протягування моделі. Зняття готової форми з формувальної машини	

В імпульсних формувальних машинах фірм «HWS» і «Savelli» пресування проводиться безпосередньо стисненим повітрям з ресивера, що подається на формувальну суміш. Повітря накачується в ресивер від компресора. Через високий початковий тиск повітря не встигає розвинути процес фільтрації, тому об'єм стисненого повітря виступає практично як нестислива пластина, що передає імпульс високого тиску (до 2 МПа) на формувальну суміш.

Імпульсним ущільненням реалізована гранична дискретність пресової

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лист		21

колодки – на рівні молекул. Але для отримання якісних вилиwkів навіть такого ступеня ущільнення недостатньо. Ступінь ущільнення на контрладі напівформи досягає всього 20-40 од., тобто необхідно проводити доущільнення, так само, як на струшувальних формувальних машинах.

У формувальній лінії практично на всьому обладнанні використовується гідропривід. Основні переваги гідравлічного приводу по відношенню до традиційного редукторного електродвигуна:

- висока надійність і міцність при однакових технічних характеристиках;
- можливість підбору оптимальної швидкості перемішування шляхом зміни частоти обертання валу гідравлічного двигуна;
- поглинання інерції, що виникає при незапланованих зупинках (відключеннях електроживлення), за допомогою розвантажувального клапана;
- мінімальна кількість деталей і вузлів, що потребують обслуговування;
- можливість розміщення гідравлічної установки в чистому і захищеному приміщенні.

На формувальній лінії використовується комп'ютерне централізоване управління всіма параметрами лінії, яке є надійним засобом контролю в реальному часі всієї лінії. Це необхідно для забезпечення та підвищення коефіцієнта використання обладнання. Для визначення часу такту всієї лінії та кожного приводу комп'ютер встановлює момент старту та тривалість окремих рухів.

Такий метод ущільнення має назву пасивний процес. Після того, як сумішшю заповнюється модельна плита з опокою, відбувається їх переміщення під пасивну ущільнювальну головку. У цей момент ущільнюється область форми, що знаходиться в контакті з ущільнювальною головкою, з'єднаною трубами і каналами. Цей метод працює за принципом сполучених посудин.

Для забезпечення прецизійної точності складання напівформ, запобігання

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис.	Лам.		22

виникненню геометричних дефектів (перекосів, розкосів виливків) та захисту модельного оснащення від механічних пошкоджень, оборотні ливарні опоки підлягають обов'язковій технологічній підготовці перед кожним наступним циклом формування.

Етапи та об'єкти очищення оснащення

– очищення внутрішніх робочих поверхонь опок від конгломератів горілої формувальної суміші реалізується на початковій стадії за допомогою спеціалізованого механізованого очисного агрегату.

– до моменту транспортування опоки в робочу зону формувального автомата здійснюється ретельне зачищення її горизонтальних контактних площин роз'єму (фланців).

– окремій фінішній обробці піддаються centruючі штифти та фіксуючі втулки опок, що мінімізує похибки просторового суміщення під час остаточного збирання форми.

У технологічній контур лінії інтегровано спеціалізований контрольно-діагностичний пристрій. Головною інженерною функцією цього вузла є автоматична верифікація поверхонь опочного оснащення на відсутність застиглих бризок металу (корольків), настилів або випадкових металевих включень.

У разі виявлення зазначених дефектів, які можуть порушити щільність закриття форми, викликати пролив розплаву під час заливання або пошкодити пресову плиту автомата, система автоматично блокує подачу даної опоки на формування до моменту повного очищення її елементів.

Опока транспортується над формовочною машиною, що знаходиться в позиції готовності, модельним пристроєм. Перед формовочною машиною на поворотному столі стоять нижня і верхня опоки. Вони послідовно всуваються в позицію формування. Модельний пристрій разом з опокою піднімається до наповнювальної рами. Формовочна суміш подається навалом і формовочний вузол подається вгору. Формовочна суміш ущільнюється гідропресом і багатоплунжерною пресовою головкою. Модель витягується з форми.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк.
						23
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лист		

Таблиця 3.2 - Технічні дані АФЛ «Belloi&Romagnoli»

Параметр	Показник
Внутрішні розміри опоки	1200×1200×350/450мм
Продуктивність формування	30 повних форм/год
Час циклу	72 с
Потреба у формувальній суміші	30 т/год
Кількість розливних місць	60
Час охолодження:	115 хв. залежно від
Загальний рівень шуму лінії	82 дБ
Формувальна машина	Окрема станція з турнікетом, підготовленим для ущільнення «Multipress»
Кількість формувальних машин	Одна
Система формування	Ущільнення під високим тиском за допомогою «Multipress»
Гідропривід	Централізований
Тиск у гідравлічному контурі	100 бар
Температура масла	50°C ± 5°C
Система електроуправління	Централізована
Витрата охолоджувальної води, середня	10 м³/год при t на вході 30°C
Передбачувана встановлена потужність	350 кВт
Витрата стисненого повітря, 6 бар	180 Нм³/год
Робоча напруга	3×400 V, 50 Hz,
Керуюча напруга	230 V, 50 Гц
Допустимі коливання	Напруга +10% і -2,5% електроживлення Герц ± 2%

Після операції вилучення моделей напівформи піддаються просторовому орієнтуванню (кантуванню) у спеціалізованому поворотному пристрої на кут 180° для приведення їх у проектне положення фланцями роз'єму догори.

Калібрування тильної поверхні: позаробоча (задня) стінка напівформи вирівнюється за допомогою сумішозрізального ножа, який здійснює зворотно-поступальний рух у поперечному напрямку для видалення надлишків суміші та формування паралельних базових площин.

Протипригарний захист: автоматичний розпилювальний пристрій (аплікатор) здійснює дрібнодисперсне впорскування спиртової протипригарної суспензії в робочі порожнини верхніх та нижніх напівформ для запобігання виникненню синектичного та механічного пригару.

Розділення технологічних потоків: за допомогою автоматичного переключальника нижня опока позиціонується на заливочний візок нижньої гілки ливарного конвеєра. Верхня опока одночасно транспортується на

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн	Анк	№ док.м	Підпис	Дат		24

паралельну верхню технологічну гілку, де виконується фрезерування ливної воронки, загладжування (полірування) дзеркала ливникової чаші фрезерною головкою та перфорація (свердління) вертикальних газовідвідних каналів. Після цього верхня опока повторно кантується на кут 180° (розворот у вихідне положення площиною роз'єму донизу).

Нижні напівформи послідовно проходять дільницю проставляння стрижнів, обладнану позиціями для їхнього ручного або напівавтоматичного базування в піщану матрицю.

Після завершення збирання стрижневої системи візок із нижньою опокою транспортується до автоматичного вузла спарювання форм. Під час операції складання заливочний візок і нижня напівформа знаходяться в жорстко зафіксованому нерухомому стані. Upper-опока утримується маніпулятором у «плаваючому» (самоцентрувальному) стані і за допомогою механізму попереднього орієнтування та опускного приводу накладається на нижню опоку.

Прецизійне фінішне суміщення площин роз'єму реалізується за допомогою координуючих центруючих штифтів та втулок опочного оснащення, після чого здійснюється їхнє автоматичне механічне скріплення.

Зібрані ливарні форми подаються на заливальну дільницю конвеєра, де здійснюється їх заповнення розплавом із заливочного ковша місткістю 6 т.

Поперечно-транспортуючий маніпулятор переміщує залиті форми до дільниці технологічного охолодження, здійснюючи їх селективне віпшовхування на одну з паралельних охолоджувальних гілок (ліній). Тривалість ізотермічної витримування та охолодження виливків у формі становить 50 хвилин, що забезпечує завершення первинної кристалізації сплаву та досягнення заготовками температури, необхідної для безпечного деструктування форми. Після закінчення циклу форми подаються на магістраль вибивання.

На позиції розбирання форм механічний пристрій автоматично роз'єднує фіксатори (захвати), після чого маніпулятор знімає верхню опоку з нижньої та

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лам		25

перекладає її на приводний роликовий конвеєр.

Деструкція форми та декордінг: Звільнена від обмежень сумішова грудка (піщаний ком із виливком всередині) випресовується (видавлюється) з нижньої опоки. Під пристроєм виштовхування верхніх та нижніх опок змонтована стаціонарна віброрешітка. Вона забезпечує інтенсивне динамічне подрібнення деструктованого піщаного масиву (горілої суміші) та його евакуацію через транспортний жолоб до загальноцехової системи регенерації та рециклінгу.

Логістика гарячих заготовок: Інтегрований на кінці жолоба блокувальний пристрій синхронізує темп видачі гарячих виливків із кінематичним рухом опускного розвантажувального механізму. Паралельно з переміщенням заготовок по сепараційно-транспортному віброжолобу відбувається остаточне подрібнення відпрацьованої суміші, яка відсіюється на нижній паралельний жолоб і повертається у контур сумішопріготування.

Циркуляція оснащення: Спеціалізований перекладальник здійснює почергове попарне укладання очищених внутрішніх поверхонь верхніх та нижніх опок на роликовий транспортер, яким оснащення в строгому тактовому режимі повертається до головного формувального автомата для повторення циклу.

Опчне оснащення автоматизованої лінії фірми «Belloi & Romagnoli» обладнане інтегрованими кліщовими захватами, що виконують функцію захисту від протидії гідростатичній виштовхувальній (архімедовій) силі рідкого металу під час заливання.

Конструкція захватного механізму передбачає проходження силового важеля крізь міжстінний простір подвійних бортів опок. Захват фіксує верхній фланець верхньої опоки з заданим зусиллям попереднього натягу, після чого входить у жорстке зачеплення з відповідним замковим пазом нижньої опоки. Перед початком операції випресовування піщаного кому захвати автоматично деблокуються приводом лінії.

З'єднання верхньої і нижньої опоки відбувається по точно позиціонованих направляючих штифтах і втулках. Крім того, на машині змонтована система

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн	Анк	№ док.им	Підпис	Дат		26

попереднього центрування, яка складається з двох додаткових гідравлічних циліндрів, що центрують верхню і нижню опоку через додаткові розжарені (загартовані) напрямні втулки, забезпечуючи високу точність збирання та стабільність розмірів виливка.

3.3.1 Розрахунок кількості формувальних ліній

Розрахунок автоматичних формувальних ліній.

Знайдемо необхідну кількість формувальних ліній:

$$n_x = \frac{N}{(F_d - t) \cdot q}, \quad (23)$$

де N - кількість форм, шт. на рік;

t - час, необхідний для зміни моделей і налагодження, год/рік;

F_d - дійсний фонд часу, год/рік;

q - продуктивність машини, ф/год.

$$n_x = \frac{142296}{(5692,7 - 102,7) \cdot 30} = 0,84 \text{ шт.}$$

Приймаю одну формувальну лінію «Belloi&Romagnoli» для виконання виробничої програми.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_z = \frac{0,84}{1} \cdot 100\% = 84\% .$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ доким.	Підпис	Лам		

Таблиця 3.3 – Розрахунок потреби стрижневої та формувальної суміші

Масова група	Виливка	Сплав виливки	Маса виливки, кг	Загальна кількість виливків на програму, шт	Брак механічного цеху, шт.	Брак, шт.	Загальна кількість виливків з урахуванням браку, шт.	Кількість виливків у формі, шт	Кількість форм на пр. програму, шт	Кількість стрижнів на виливку, шт	Кількість стрижнів на програму, шт	Маса стриж. суміші на виливку, кг	Маса стрижневої суміші на програму, т	Об'єм стрижневої суміші на виливку, м ³	Об'єм стрижневої суміші на програму, м ³
0-50	Кришка	20ГЛ	32,3	8000	400	560	8960	4	4704	6	53760	36,26	357,379	61,64	635,159
	Корпус	20ГЛ	46,2	8000	400	560	8960	3	6272	8	71680	15,9	156,71	27,03	278,517
	Букса	20ГЛ	39,1	8000	400	560	8960	4	4704	6	53760	22,3	219,789	37,91	390,625
	Козирок	20ГЛ	58,7	8000	400	560	8960	3	6272	4	35840	12,8	126,157	21,76	224,215
	Щит	20ГЛ	52,3	8000	400	560	8960	3	6272	2	17920	22,2	218,803	37,74	388,873
50	Дифузор	20ГЛ	55	6000	30	420	6720	1	14112	2	13440	10,9	80,5728	18,53	143,2
	Венець	20ГЛ	114,6	6000	300	420	6720	3	4704	4	26880	15,6	115,315	26,52	204,947
	Маточина	20ГЛ	76,5	6000	300	420	6720	4	3528	6	40320	43,3	320,074	73,61	568,858
	Плита	20ГЛ	70,1	6000	300	420	6720	3	4704	2	13440	35,1	259,459	59,67	461,13
	Погон	20ГЛ	76,3	6000	300	420	6720	2	7056	3	20160	21,5	158,928	36,55	282,458
100-150	Оголовок	20ГЛ	123,9	550	275	385	6160	2	6468	5	30800	16,6	112,482	28,22	199,91
	Диск	20ГЛ	154,4	5500	275	385	6160	2	6468	6	36960	28,9	195,826	49,13	348,037
	Валик	20ГЛ	113,5	5500	275	385	6160	2	6468	3	18480	18,9	128,066	32,13	227,609
	Захист	20ГЛ	155,8	5500	275	385	6160	1	12936	5	30800	27,9	189,05	47,43	335,994
	Хомут	20ГЛ	128,4	5500	275	385	6160	2	6468	2	12320	13,7	92,8312	23,29	164,986
150-200	Кришка	20ГЛ	190	5000	250	350	5600	2	5880	6	33600	21,4	131,824	36,38	234,287
	Стійка	20ГЛ	194,1	5000	250	350	5600	1	11760	6	33600	36,9	227,304	62,73	403,981
	Упор	20ГЛ	189,2	5000	250	350	5600	2	5880	3	16800	42,8	263,648	72,76	468,574
	Рульова тяга	20ГЛ	220,3	5000	250	350	5600	1	11760	2	11200	35,8	220,528	60,86	391,938
	Тяга	20ГЛ	196,1	5000	250	350	5600	2	5880	5	28000	40,1	247,016	68,17	439,015
Всього:				122500	6125	8575	137200		142296		599760		3821,76		6792,31

3.3.2 Стрижневе відділення

Кількість стрижневих машин визначаємо за формулою:

$$n_{cm} = \frac{N_{cm}}{(\Phi_o - t) \cdot q},$$

де N_{cm} – кількість зйомок, шт.;

t – час, необхідний для заміни стрижневих ящиків і налагодження, год/рік; Φ_o – дійсний фонд часу, год/рік;

q – продуктивність машини, шт./год.

$$n_{cm} = \frac{599760}{(5752,9 - 102,9) \cdot 50} = 2,13 \text{ шт.}$$

Розрахуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_z = \frac{2,13}{3} \cdot 100\% = 71\%.$$

Для виконання виробничої програми необхідно 3 стрижневих автомата на основі ХТС моделей «АНВ-10» - 1 шт. для дрібних стрижнів, «АНВ-20» - 1 шт. для середніх стрижнів, «АНВ-40» - 1 шт. для великих стрижнів.

3.4 Термообрубне відділення

Після вибивання виливки піддаються термічній обробці для зняття внутрішніх напружень і отримання певної структури металу та фізико-механічних властивостей. Пройшовши термічну обробку, виливки на передавальному візку подаються на обрубне відділення, де проводиться обрубка, очищення ливників, випорів, надливів за допомогою пневмозубил і газополум'яного різання.

Оскільки виливки очищаються до термічної обробки і після термообробки, то для виконання виробничої програми необхідно встановити 2 дробеметних барабани.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лам		29

Чим складніша сталь за своїм хімічним складом, тобто чим більше в ній міститься вуглецю, різних домішок і добавок, тим вона менш теплопровідна. При розробці технології нагрівання великих виробів з легованої сталі складного складу швидкість нагрівання іноді призначають в 2-3 рази менше, ніж може дати нагрівальний агрегат, щоб не викликати великих внутрішніх напружень через велику різницю температури між поверхнею і серцевиною виробу.

При цьому вироби з простої вуглецевої сталі невеликої товщини (до 100-200 мм) зазвичай нагрівають з будь-якою швидкістю, яку може дати піч, тому що вуглецева сталь має настільки велику теплопровідність, що ніякого браку через швидке нагрівання сталі не виходить. Вироби складної форми з різкими переходами від товстих перетинів до тонких нагрівати слід особливо уважно, тому що в тонких перетинах вироби прогріваються значно раніше, ніж в товстих, і при швидкому нагріванні в них виникають теплові напруги, які можуть викликати викривлення деталей. Температуру нагрівання при термообробці встановлюють залежно від марки сталі і призначення термічної обробки.

Сталь 25Л піддається нормалізації. Виливки нагрівають до температури 920-960⁰ С і охолоджують 2-3 години на повітрі. При нормалізації відбуваються структурні зміни у вилівку. В результаті повної фазової перекристалізації форми і розмірів зерна, збільшення дисперсності фаз і структурних складових і отримання більш однорідної дрібнозернистої структури. Після нормалізації структура металу – феритно-перлітна.

Деталі, що надходять на термічну дільницю, проходять контроль: перевіряється марка сталі і номер деталі за супровідним документом (накладною), зовнішній вигляд і поверхневі дефекти на відповідність вимогам креслення на штамповану заготовку. Контейнер з деталями транспортується до агрегату для термообробки. Загартувально-відпускний штовхальний агрегат складається з двох печей. Нагрів здійснюється природним газом. Печі тризонні.

Контроль температури здійснюється за допомогою потенціометра КСП-3. Деталі в кількості укладаються за допомогою вантажозахватного

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Анк
						30
Змн.	Анк.	№ док.им.	Підпис	Лат		

застосуванням пневматичних машинок і змінних борфрез.

Для очищення виливків у цеху застосовуємо дробеметний барабан періодичної дії моделі 42236, оскільки він має високу продуктивність. Технічна характеристика очисного барабана моделі 42236 вказана в таблиці 24.

Таблиця 3.4. Технічна характеристика очисного барабана

Характеристика	42202	42203	42233	42236	42236Н	42246
Призначення	Очищення	Очищення	Вибивання, очищення	Вибивання, очищення	Вибивання, очищення	Очищення
Тип подачі	Гумовий		Металевий			
Об'єм завантаження, м ³	0,15	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2
Найбільша маса завантаження барабана, кг	300	600	800	300	3000	3000
Найбільша маса очищеного виробу, кг	10	40	100	500	500	400
Найбільша об'ємна діагональ очищеного виробу, мм.	300	450	700	700	700	700
Маса дробу, що викидається дробеметними апаратами, кг/хв	До	350	270	800	800	850
Об'єм відсмоктуваного повітря, м ³ /год	-	10300	12400	18200	18200	13000
Габарити, мм:						
- довжина (L)	2600	4700	4900	6000	6800	5300
- ширина (B)	2100	4370	4200	7000	6740	5800
- загальна висота (H)	4200	5700	4750	6000	6000	7405

На підставі таблиці 24 і виходячи з того, що маса вироблених виливків від 20 до 200 кг, вибираємо дробеметний барабан моделі 42236.

Розрахуємо необхідну кількість дробеметних камер для виконання виробничої програми:

$$N = \frac{Q}{\Phi_0 \cdot q},$$

де Q – вага виливків на річну програму, т;

Φ_0 – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

q – продуктивність дробеметної камери, т/год.

$$N = \frac{14500}{5783,1 \cdot 4,0} = 0,63 \text{ шт.}$$

$$K_3 = \frac{0,63}{1} = 0,63.$$

3.5 Внутрішньоцеховий транспорт

Подача сировини в цех і вивезення готової продукції здійснюється автомобільним і залізничним транспортом.

Ділянки цеху обладнані електромостовими кранами вантажопідйомністю від 5 до 25 т, які призначені для транспортування форм і заливки форм рідким металом, а також для ремонтних заходів. В автоматичній формувальній лінії фірми

«Belloi&Romagnoli» (Італія) передбачений свій транспорт: рольганг, передавальні візки, передавальні агрегати, кантувачі.

Шлях транспортування контролюється мірними лінійками з електронним пристроєм. За рахунок цього виключаються помилки позиціонування. Продуктивність транспортних пристроїв лінії 80 т/год, що цілком забезпечує виконання виробничої програми. Опорні ролики рольгангів індуктивно загартовані і тому мають тривалий термін служби і не вимагають технічного обслуговування.

Для запобігання помилкових функцій і зіткнень під час транспортування всі передавальні візки оснащені системою контролю завантаженості. Пневмотранспорт призначений для транспортування сухих сипучих речовин на різні відстані. У нашому проекті ми використовуємо пневмотранспорт фірми «Belloi&Romagnoli», тип застосовуваного нагнітача BR600. Принцип передачі піску «повна труба». Продуктивність 6 тонн на годину.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 РВ	Дрк.
						33
Змн	Дрк	№ док.м	Підпис	Лист		

3.6 Зведена відомість обладнання

Таблиця 3.5 – Зведена відомість обладнання

Найменування відділення	Найменування обладнання	Марка обладнання	Вироб-програма	Продуктивність обладнання	Потреба в машинах, шт		Кз, %
					Розр	Прин	
Плавильне	Електродугова піч	ДППТ-6	20 000 т	2,5 т/год	2,16	3	72
Смесепригото-	Змішувач	P6000	115220 м ³ /год	30 м ³ /год	0,7	1	75
Стрижнева	Стрижнева машина	АНВ-10 АНВ-20 АНВ-40	599760 стор	50 стор/год	2,13	3	71
Формовочне	АФЛ	Belloi & Romagnoli	142296 ф	30 ф/год	0,84	1	84
Термообрубне	Дробеметний барабан	42236	14500 т	4,0 т/год	0,63	1	63
	Піч для термообробки	ТП-3,0	14500 т	3,0 т/год	1,36	2	68

4. ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПЕЧЕЙ

Виплавка сталі в електропечах базується на перетворенні електричної енергії на теплову під час горіння електричної дуги. Електрична дуга є одним із видів електричного розряду, під час якого струм проходить через іонізовані гази або пари металів.

Для збудження та горіння електричної дуги між двома електродами необхідний перебіг таких процесів: емісії (випромінювання) електронів з катода та іонізації (виникнення заряджених частинок — електронів та іонів) газів і парів металу в дуговому проміжку, що забезпечує його електропровідність.

Під час плавлення металу висока температура катода сприяє емісії електронів. Таку емісію називають термоелектронною, її інтенсивність зростає зі збільшенням температури електродів. Електрони рухаються з великою швидкістю від катода до анода, стикаються на своєму шляху з молекулами та атомами газів і парів розплавленого металу та розщеплюють їх на електрони та іони. Висока температура дуги сприяє цьому процесу і у іонізації. Таким чином, між електродами утворюється стовп дуги, в якому протікання струму здійснюється рухом електронів до анода і позитивних іонів до катода. Бомбардування поверхні катода іонами та поверхні анода електронами підвищує температуру анодної та катодної плям, що супроводжується їх яскравим світінням.

Дуга може горіти при постійному та змінному струмі. У разі живлення дуги змінним струмом вона двічі запалюється і гасне протягом періоду змінного струму, коли змінюється полярність на електродах і напруга на дузі дорівнює нулю. Якщо в момент зміни полярності температура катода виявиться недостатньою для емісії електронів, дуга переривається. Неспокійна, переривчаста дуга небажана, оскільки при цьому підвищується витрата

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.04 ПД			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Мазур І.І.			ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.					1	9
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.			МТ-23-1ск			
Затверд.		Бабошко Д.Ю.						

електроенергії та сповільнюється розплавлення металу.

Дугові сталеплавильні печі працюють на змінному струмі. Дуга горить між вугільними (для печей місткістю не більше 5 т) або графітованими електродами циліндричної форми та металевою шихтою і ванною. У цих умовах на початку процесу плавки, коли металева шихта ще не прогріта, дуга горить переривчасто. У момент зміни полярності, коли метал стає катодом, його температура виявляється недостатньою для емісії електронів і дуга переривається. Для зменшення перерв у горінні дуги в її ланцюг включається дросель, що представляє собою електромагнітну котушку із залізним сердечником. Внаслідок високого індуктивного опору дросель акумулює запас електричної енергії, яка стабілізує горіння дуги. Загальний вигляд дугової електричної печі наведено на рис. 4.1.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.04 ПД	Арк
						2
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		

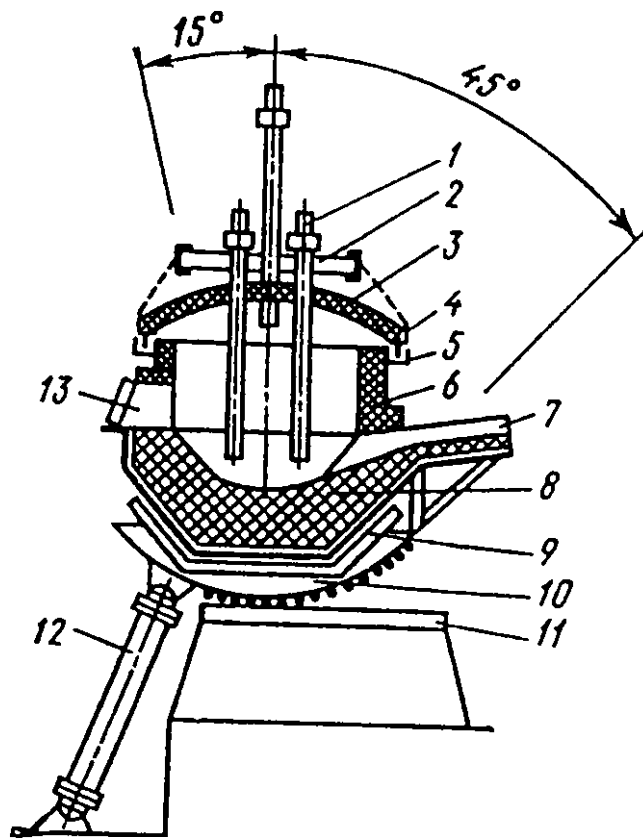


Рис. 4.1. Дугова сталеплавильна піч:
 1 — електроди; 2 — кронштейн механізму підйому та повороту склепіння; 3 — склепіння; 4 — склепінне кільце; 5 — пісочний затвор; 6 — кожух з футеровкою; 7 — зливний жолоб; 8 - дно; 9 - пристрій електромагнітного перемішування; 10 - опорний сегмент; 11 - фундаментна балка; 12 - гідроциліндр механізму нахилу; 13 - робоче вікно

Дугова сталеплавильна піч складається з металевого корпусу у вигляді кожуха циліндричної форми зі сферичним дном. Зсередини кожух футерований високовогнетривкими матеріалами. Плавний простір печі зверху перекривається знімним склепінням. Вогнетривка кладка склепіння виконується в спеціальному склепінному кільці. Ущільнення роз'єму між корпусом і склепінням створюється піщаним затвором, який являє собою кільцеподібний жолоб, заповнений піском. У пісок входить кільцевий ніж, прикріплений до склепінного кільця (рис. 4.2). У корпусі печі є робоче вікно та випускний отвір із жолобом для зливу металу та шлаку в ковш. Робоче вікно слугує для завантаження шлакоутворювачів, руди, феросплавів та проведення низки технол огічних операцій: зливання шлаку, відбору проб металу та шлаку.

Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дат

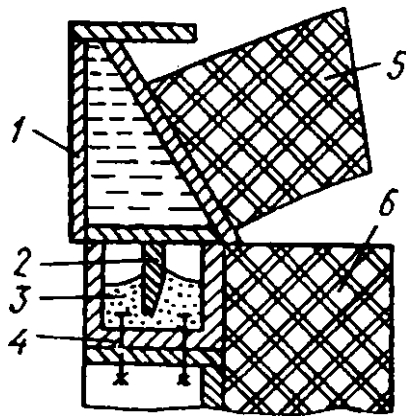


Рис. 4.2. Піщаний затвор:

1 — водоохолоджуване склепінне кільце; 2 — ніж; 3 — пісок; 4 — кільцевий жолоб; 5 — футеровка склепіння; 6 — футеровка стінки кожуха

У центральній частині склепіння виконано три отвори для введення електродів, розташовані по вершинах правильного трикутника. Для виключення виходу полум'я та розжарених газів через зазори між електродами та склепінням навколо кожного електрода встановлюють ущільнювальне водоохолоджуване кільце, яке називається економайзером. Склепіння може мати отвори для кисневих фурм, відведення пічних газів у систему газоочищення та інші технологічні пристрої.

Дугова піч спирається на два опорні сегменти, за допомогою яких вона може нахилитися в бік робочого вікна або випускного отвору. Нахил печі здійснюється за допомогою механізму нахилу з електричним або гідравлічним приводом.

Залежно від хімічного складу вогнетривких матеріалів футеровка підосви дугових сталеплавильних печей може бути основною або кислотною. Вогнетривку кладку основних підосхов виконують з вогнетривкої цегли, а робочий шар підосви товщиною 100-300 мм набивають із сухого магнезитового порошку. Підосхву кислої печі виконують з динасової цегли, а набивку — із суміші кварцового піску з меленим динасом і сполучними речовинами. Завантаження шихти в дугові сталеплавильні печі механізовано.

Найчастіше використовують завантаження шихти зверху бадьєю (кошиком) з дном, що розкривається. Залежно від способу відкривання печі для завантаження шихти зверху розрізняють печі з поворотним склепінням — серія ДСП (дугова сталеплавильна піч з поворотним склепінням) та печі з висувним корпусом — серія ДСВ (дугова сталеплавильна піч з висувним корпусом). У печах обох типів є електромеханічний або гідравлічний механізм підйому склепіння на висоту 150-250 мм, щоб вивести кільцевий ніж склепінного кільця з піщаного затвора і створити зазор між склепінням і корпусом. У печах серії ДСП склепіння підвішене до напівпорталу (Г-подібна конструкція з балок коробчастого перерізу), а в печах серії ДСВ — до порталу (П-подібна конструкція). У першому випадку піднятий склепіння на напівпорталі разом з електродотримачами та електродами відвертають у бік зливного жолоба на 60-80° за допомогою відповідного механізму. Шихта опускається у плавильний простір за допомогою спеціального кошика з дном, що відкривається (рис. 3.3). У ці кошики (відра) вся шихта укладається в певному порядку на шихтовій дільниці цеху. До моменту завантаження завантажений кошик подається до печі за допомогою мостового крана і після відведення склепіння печі опускається в плавильний простір. Замок, що закриває дно кошика, відкривається, і кошик за допомогою крана виводиться з печі. При цьому завдяки розкриттю дна кошика вся шихта, що міститься в ньому, залишається на підоді печі. У другому випадку корпус печі з-під піднятого на порталі склепіння викочується в бік робочого вікна. Найбільш поширені печі з поворотним склепінням (див. рис. 4.3).

Злив виплавленого металу, а також шлаку здійснюють шляхом нахилу печі. Кут нахилу печі в бік зливного носка для зливу металу становить 40-45°, кут нахилу в бік робочого вікна для зливу шлаку — 10-15°. Перед нахилом піч відключають, а електроди піднімають над металом, щоб під час зливу метал не захлеснув їх.

Прогресивним способом підвищення якості сталі є її випуск з дугової печі через донний отвір. Прискорений випуск сталі знижує вміст у ній азоту та

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.04 ПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лам		5

шлаку. При донному випуску сталі немає необхідності нахилити піч для зливу металу. Така конструкція простіша та дешевша.

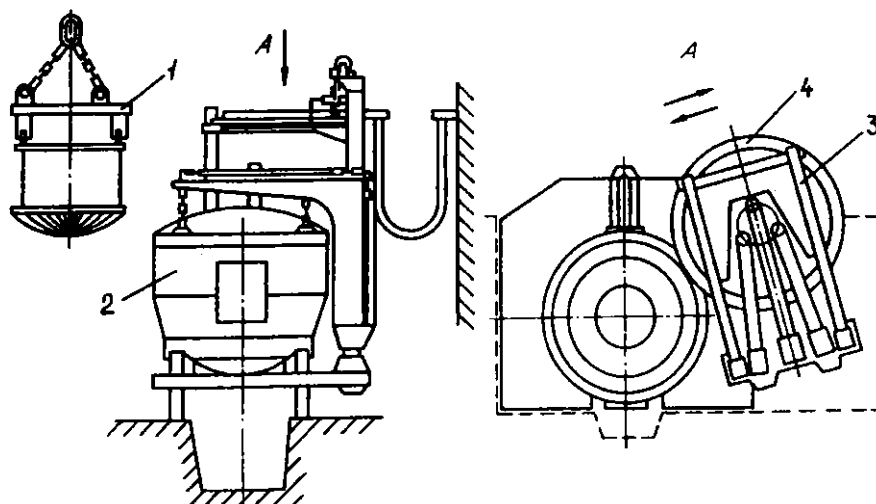


Рис. 4.3. Схема завантаження дугової печі з поворотним склепінням: 1 — завантажувальна ковша; 2 — піч; 3 — напівпортал печі; 4 — склепіння печі

На рис. 4.4 показано донний отвір, обладнаний затвором з відкидною заслінкою. У днищі каркаса 2 вирізано отвір, який розташований по осі печі. До каркаса приєднується затвор, що складається з водяно-охолоджуваної рами У, графітового вкладиша б, графітової плити S і відкидної заслінки 7. Донний отвір у футеровці печі утворений магnezитовими (при основному шлаку) блоками 3 і магnezитовими трубками 5 з внутрішнім діаметром 150 мм. Простір між блоками та трубками заповнений магnezитовою масою 4. Перед завантаженням металу в піч донний отвір закривають заслінкою і зверху за допомогою спеціального пристрою засипають у донний отвір суху вогнетривку масу. Під час плавки верхній шар маси спікається. При випуску металу з печі заслінку відводять убік, неспечена вогнетривка маса висипається з донного отвору, і рідка металургійна суміш, витиснувши залишки маси, витікає з печі в ковш. Заміна магnezитових трубок проводиться через 90 плавок.

Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис.	Дат.

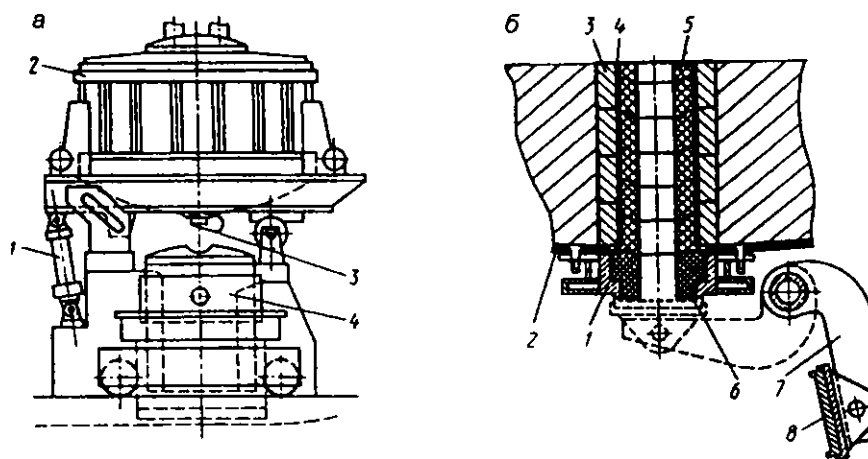


Рис. 4.4. Дугова піч з випуском металу через донний отвір:

а — загальний вигляд печі; б — донний отвір із відкидною заслінкою

Сучасні дугові печі оснащені індукторами для електромагнітного перемішування рідкої ванни, які встановлюють під корпусом печі. Пристрій, що називається статором, має магнітопровід і обмотку котушки, яка живиться змінним струмом низької частоти. Рухоме магнітне поле, створюване статором, пронизує рідкий метал і викликає його рух в об'ємі ванни. При цьому швидкість металу на дзеркалі ванни досягає 0,3-0,6 м/с. Електромагнітне перемішування вирівнює температуру в її об'ємі та усереднює хімічний склад металу. Крім того, прискорюються розкислення (1,4-1,5 рази) та десульфуратія (у 1,2 рази) сталі, а також видалення з неї неметалевих включень. В результаті підвищується якість виплавленої сталі. Основні технічні дані дугових печей змінного струму наведені в табл. 4.1.

Великі сталеплавильні дугові печі під час роботи виділяють велику кількість запиленних газів. Тому важливим завданням є їх уловлювання та очищення для поліпшення умов праці та охорони навколишнього середовища. Найбільш ефективною є система видалення газів безпосередньо з робочого простору печі через патрубок на її склепінні. Для виключення можливості вибуху оксиду вуглецю, що міститься в печних газах, здійснюється його допалювання у відповідних трубах системи газовідсмоктування, для чого здійснюється підсмоктування атмосферного повітря. Далі гази надходять у

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.04 ПД	Анк
Змн.	Анк	№ док.им.	Підпис	Лист		7

систему очищення від пилу перед викидом їх в атмосферу. Для попереднього очищення та одночасного охолодження газів застосовують мокрі пиловловлювачі, наприклад скрубери (вертикальна камера, в якій запилений газ рухається назустріч струменям або бризкам води). В якості пиловловлювачів використовують також рукавні фільтри, дія яких базується на електростатичному осадженні пилу на електродах фільтра, та ін.

Таблиця 4.1

Основні технічні дані дугових печей змінного струму

Параметр	Типи печей						
	ДСП-0,5НІ	ДСП-1,5НЗ	ДСП-3НЗ	ДСП-6НЗ	ДСП-12НЗ	ДСП-25НЗ	ДСП-50НЗ
Номинальная вместимость, т	0,5	1,5	3	6	12	25	50
Мощность печного трансформатора, кВ·А	630	1250	2000	4000	8000	15000	20000
Вторичное напряжение, В	216–98	225–103	243–116	281–118	318–120	370–128	407–144
Диаметр электрода, мм	150	200	200	300	350	400	500
Диаметр распада электродов, мм	500	600	750	1000	1000	1150	1450
Диаметр (внутренний) каркаса на уровне откосов, мм	1660	2130	2900	3350	3785	4700	5800
Диаметр ванны на уровне откосов, мм	1050	1500	1800	2230	2740	3540	4560
Глубина ванны от уровня порогов, мм	230	360	400	425	555	775	890
Удельный расход электроэнергии на расплавление твердой шихты, кВт·ч/т	558	479	465	480	435	430	415
Масса металлоконструкции, т	8,9	21,5	26,5	50	88	145	265

В даний час велику увагу приділяють розробці конструкцій установок для підігріву шихти перед її завантаженням (рис. 4.5), які підвищують продуктивність печі, знижують загазованість робочої площадки та ймовірність розбризкування сталі (при використанні замасленої або обмерзлої шихти).

Підігрів шихти може здійснюватися в завантажувальній баді або за допомогою газових пальників, встановлених на склепінні печі. В останньому випадку при нагріванні шихти до 800–900 °С на 15–25 % скорочується витрата електроенергії та на 20–25 % знижується тривалість етапу розплавлення шихти.

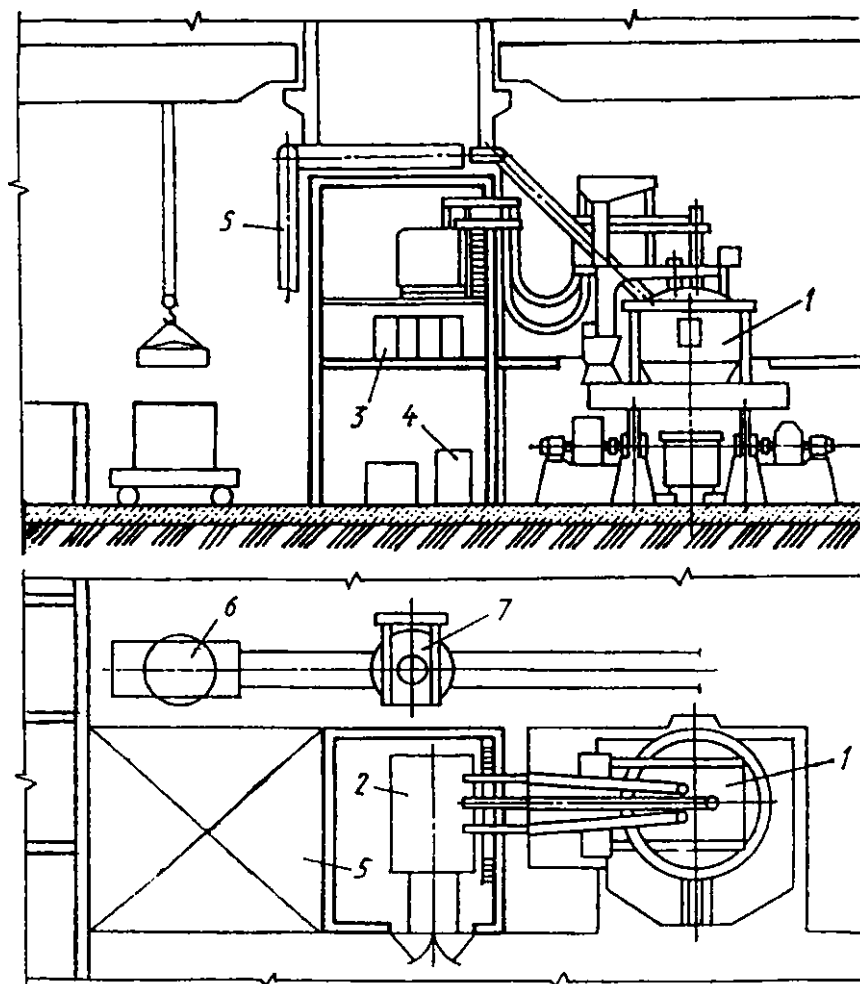


Рис. 4.5. Додаткове обладнання електродугової печі:

1 — піч; 2 — трансформатор; 3 — щит управління та автоматики; 4 — маслонапірна установка; 5 — система мокрої газоочистки; 6 — установка для набору шихти; 7 — стэнд для підігріву шихти

Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лист

ВИСНОВКИ

Проектований сталеливарний цех за характером організації виробничих процесів відноситься до підприємств серійного типу і функціонує у складі машинобудівного комплексу загального призначення. Номінальна виробнича потужність цеху становить 14500 тон придатних виливків на рік. Згідно з розробленою виробничою програмою виконано селекцію та розрахунок парку основного технологічного обладнання, параметри якого забезпечують стабільне досягнення заданої річної продуктивності агрегатів та ліній.

Внутрішня виробнича архітектура та взаємодія підрозділів цеху підпорядковані єдиному технологічному контуру й охоплюють ключові відділення.

Формувальне відділення є провідним (магістральним) підрозділом у структурі виробництва виливків. Пріоритетне інженерне значення формувальної ділянки визначається реалізацією найбільш відповідальних операцій технологічного маршруту — просторового геометричного відтворення майбутніх виливків шляхом формування стійких відбитків моделей у піщаній матриці, що безпосередньо детермінує точність розмірів та якість поверхні литих деталей.

Сумішеприготувальний комплекс - стабільне протікання високопродуктивного процесу формування «по-сирому» в разові піщано-глинисті форми потребує безперервного забезпечення лінії значними об'ємами кондиційних формувальних і стрижневих сумішей із суворо регламентованими фізико-механічними та реологічними властивостями.

Плавильне відділення, головною технологічною функцією якого є безперебійне та ритмічне забезпечення формувального конвеєра необхідним

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мазур І.І.						
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.					1	2
Н. Контр.								
Затверд.		Бабошко Д.Ю.				МТ-23-1ск		

об'єм рідкого сплаву заданого хімічного складу та температури випуску.

Сумарна місткість, одинична потужність та номенклатурні технічні характеристики обраних плавильних агрегатів (ДППТ) розраховані адаптивно до спеціалізації цеху, масогабаритних параметрів заготовок та графіка роботи суміжних формувальних дільниць.

Термообрубне, очисне та контрольне відділення виконує комплекс завершальних технологічних операцій (вибивання, декордінг, вогневе відрізання ЛЖС, нормалізація, абразивне зачищення та дефектоскопія). Ефективність та прецизійність реалізації фінішного оброблення безпосередньо впливають на якість придатного литва, мінімізують обсяги технологічного браку та суттєво знижують трудомісткість і витрати при подальшій механічній обробці заготовок у механообробному цеху підприємства.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 В	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лам		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.1. – Бібліогр.:с. – 582.
2. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – Бібліогр.:с. – 380.
3. Пархоменко А.В. Ремонт та експлуатація обладнання ливарного виробництва[Текст]: навч. посібник / А.В.Пархоменко, В.В.Наумик, В.В.Луцьков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 260с.
4. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навчальний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальності 136 "Металургія" спеціалізації "Ливарне виробництво" / А.М. Фесенко ; Міністерство освіти і науки України, Донбаська державна машинобудівна академія, Кафедра технологій і обладнання ливарного виробництва. - Краматорськ : ДДМА, 2017. - 112 с.
5. Іванова, Л. Х., Шапран, Л. О. Ливарне виробництво: технологія фасонного литва: навч. посіб. / Л. Х. Іванова, Л. О. Шапран. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 256 с.
6. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки [Текст] : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк., О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2009. - 198 с.
7. Конструкція і технологія виготовлення ливарних заготовок [Текст] : навч. посіб. / А. С. Аралкін. - Кривий Ріг : Вид. центр КТУ, 2011. - 164 с

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 СДВ					
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ док</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лам</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
Розроб.		Мазур І.І.						<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аквішів</i>
Перевір.		Саїтгарежв Л.Н.							1	3
Н. Контр.		Саїтгарежв Л.Н.						МТ-23-1ск		
Затверд.		Бабошко Д.Ю.								

8. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.
9. Корицький Г. Г., Маняк М. О., Пасічник С. Ю. Технологія ливарного виробництва: навчальн. посібн. для ВНЗ. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 175 с.
10. Технології виробництва заготовок литтям [Текст] : навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти галузі знань 13 "Механічна інженерія" / Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик ; Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. - 491 с.
11. Виробництво виливків [Текст] : підручник / О. Л. Голубенко [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля, Магдебурзький ун-т ім. Отто-фон-Гюріке. - Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. - 328 с.:
12. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва [Текст] : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко ; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. - Київ : Вініченко, 2016. - 223 с.
13. Проектування і обладнання електросталеплавильних і феросплавних цехів: Підручник / В.А.Гладких, М.І.Гасик, А.М.Овчарук, Ю.С.Пройдак.- Дніпропетровськ: «Системні технології». 2004.- 692 с.
14. Виробництво виливків із спеціальних сталей: Монографія / Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. – К.: Видавництво НТУУ “КПІ”, 2005. – 717 с.
15. Леговані сталі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.В. Більченко, О.І. Дудка, В.Г. Хижняк, С.М. Чернега; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ: Кондор, 2009. - 96 с.
16. Бабич, В. О., Фасонне литво з легованих і спеціальних сталей / В.О. Бабич, І. О. Харьковський. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 312 с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 СВД	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Лист		

17. Сухоручкін, О. М., Основи лиття сталі: отримання фасонних виливків / О. М. Сухоручкін, Г. М. Мартиненко. – Кривий Ріг: КНУ, 2019. – 278 с.
18. Малишев, П. П., Лиття сталі у піщані та оболонкові форми: монографія / П. П. Малишев, С. Г. Ковальчук. – Київ: НУБіП, 2018. – 198 с.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 СВД	Арк.
						3
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лист</i>		