

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 22000 тонн
виливків на рік з розвісом лиття 500 кг.

Виконав:

студент групи МТ-23-2ск

Сергій КОРНІЄНКО

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

КОРНІЄНКО СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Тема роботи: Розробка проекту сталеливарного цеху потужністю 22000 тонн виливків на рік з розвісом лиття 500 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		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Сергій КОРНІЄНКО

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____ Леван САІТГАРЕСВ

РЕФЕРАТ

Робота викладена на 101 сторінці, має 14 рисунків, 25 таблиць, 19 джерел літератури, графічну частину у вигляді креслень та презентації .

Бакалаврська робота присвячена проектуванню ливарного цеху з виробництва сталевих виливків із річною продуктивністю 22000 тонн придатного литва для машинобудівної галузі.

У першому розділі виконано обґрунтування виробничої програми та розрахунок основних параметрів ливарного виробництва. Проведено розрахунок фондів часу роботи обладнання, визначено кількість плавильних агрегатів, ковшів, змішувачів та іншого технологічного обладнання. Розроблено матеріальний баланс плавки, виконано розрахунок шихти для виплавки сталі марки 35Л, а також здійснено вибір сучасного обладнання для плавильного, формувального, стрижневого та термообрубного відділень.

У другому розділі розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Головка зчеплення». Виконано аналіз конструкції деталі та характеристику сплаву, обґрунтовано вибір способу лиття і типу виробництва, спроектовано модельно-ливарне оснащення, розраховано ливниково-живильну систему та надливи. Також визначено параметри формувальних і стрижневих сумішей, розглянуто питання виготовлення форм і стрижнів, термічної обробки, контролю якості виливків та заходів щодо попередження дефектів.

Третій розділ присвячений особливостям процесів виготовлення ливарних стрижнів. У роботі розглянуто ручні та машинні методи виготовлення стрижнів, технології «Cold-Box» і «Hot-Box», а також

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.Р			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнієнко С.О.			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.					1	2
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.			РЕФЕРАТ	МТ-23-2ск		
Затверд.		Бабошко Д. Ю.						

особливості використання стрижневих ящиків та автоматизованого обладнання.

У проекті запропоновано сучасні технологічні рішення, спрямовані на підвищення продуктивності праці, покращення якості литва, зниження витрат матеріалів та енергоресурсів, а також підвищення рівня механізації та автоматизації виробництва.

Ключові слова: ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО, СТАЛЕВЕ ЛИТТЯ, ВИЛИВОК, ЛИВАРНИЙ ЦЕХ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ШИХТА, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, СТРИЖНІ, ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ, ПЛАВИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	10
1.1 Розрахунок фондів часу роботи обладнання	13
1.2 Плавильне відділення	13
1.2.1 Розрахунок кількості плавильних агрегатів	15
1.2.2 Розрахунок шихти	16
1.2.3 Розрахунок кількості ковшів	29
1.3 Відділення приготування сумішей	30
1.4. Формувально-заливно-вибивне відділення	34
1.5 Стрижневе відділення	39
1.6 Термообрубне відділення	41
1.7 Внутрішньоцеховий транспорт	45
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	47
2.1 Характеристика деталі	47
2.2 Характеристика вилівка і вибір сплаву	49
2.3 Вибір способу лиття та типу виробництва	51
2.4 Розробка технологічного процесу	53
2.5 Вибір положення вилівка у формі	54
2.6 Конструювання модельно-ливарного оснащення	56
2.7 Вибір припусків на механічну обробку	57
2.8 Конструювання та розрахунок надливів	58
2.9 Конструювання та розрахунок ливниково-живильної системи	61
2.10 Формувальні та стрижневі суміші	65
2.11 Виготовлення форм і стрижнів	66
2.12 Вибір способу складання форм	68

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 З		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Корнієнко С.О.					
Перевір.		Сайтгарєєв Л.Н.					
Н. Контр.		Сайтгарєєв Л.Н.					
Затверд.		Бабошко Д. Ю.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					1	2	
					МТ-23-2ск		

2.13	Вибивання, обрубка та очищення	69
2.14	Термічна обробка	70
2.15	Контроль якості	72
2.16	Заходи щодо запобігання дефектів	74
3 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ СТРИЖНІВ		76
3.1	Ручне виготовлення стрижнів	77
3.1.1	Виготовлення стрижнів за нероз'ємним стрижневим ящиком	79
3.1.2	Виготовлення стрижнів у роз'ємних ящиках	80
3.1.3	Виготовлення стрижнів за витрушувальним ящиком	81
3.1.4	Виготовлення стрижнів за шаблонами	82
3.2	Виготовлення стрижнів на стрижневих машинах і автоматах	84
3.2.1	Технологія «Cold-Box»	84
3.2.2	Технологія «Hot-Box»	93
ВИСНОВКИ		97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		99

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 З	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Ливарні технології базуються на процесі заповнення формувальних порожнин рідким металом для отримання виробів заданої форми — виливків. Порівняльний аналіз із іншими способами металообробки (штампуванням, куванням тощо) демонструє перевагу лиття в контексті створення деталей складної конфігурації. Сучасна механізація технологічних циклів лиття дозволяє досягти вищих техніко-економічних показників у порівнянні з альтернативними конструкційними методами.

Виробничий процес виготовлення литих заготовок характеризується великим різноманіттям засобів і предметів праці, що беруть у ньому участь, своєрідністю складу технологічних операцій і вантажопотоків, виконання яких регламентовано в просторі і в часі. Просторова регламентація ливарного процесу встановлює склад і взаємодію комплексу технологічного обладнання, спрямованість, безперервність і послідовність виконання виробничих операцій. Тимчасова регламентація характеризує часткові організаційні та технологічні процеси за ступенем участі засобів праці та робочої сили на кожній стадії, кожному переділі та кожній операції виготовлення литих заготовок.

Підвищення показників продуктивності ливарного сектору безпосередньо залежить від впровадження прогресивних технологій та експлуатації потужного сучасного обладнання. Ключовим фактором ефективності є комплексна автоматизація, що дозволяє досягти стабільно високих якісних характеристик виливків. Важливим аспектом проєктування є раціоналізація промислової забудови: застосування оптимальних об'ємно-планувальних рішень дозволяє мінімізувати площі

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 В		
Змн.	Док.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Корнієнко С.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Саїтгарєєв Л.Н.				1	2
Н. Контр.		Саїтгарєєв Л.Н.			ВСТУП		
Затверд.		Бабошко Д. Ю.					
					МТ-23-2ск		

будівництва та забезпечити потоковість виробництва. На великих підприємствах доцільно

централізувати складське господарство, створюючи єдині бази для зберігання шихтових і формувальних матеріалів.

На ливарному виробництві впроваджуються автоматичні та напіваавтоматичні лінії, які значною мірою знижують собівартість продукції за рахунок скорочення ручної, важкої та монотонної праці на різних операціях, за рахунок скорочення чисельності промислово-виробничого персоналу; збільшують продуктивність; підвищують якість готової продукції.

Відсутність нових технологій призводить до зниження рівня рентабельності та збільшення матеріальних, енергетичних витрат і вартості продукції. Для виходу з ситуації, що склалася, необхідно проводити реконструкцію наявних підприємств, проектувати нові цехи, розробляти нові технології, спрямовані на підвищення якості лиття, зниження трудомісткості та поліпшення умов праці й екології.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

Проектований цех входить до складу підприємства і забезпечує виробництво литими заготовками відповідно до номенклатурного плану випуску заготовок. Планований цех спеціалізується на випуску сталевого лиття для вагобудування.

Виробнича програма є обґрунтуванням для розробки економічної частини проекту ділянки ливарного цеху. Програма розраховується для відливання представника, потім розраховується номенклатура виливків, закріплених за ділянкою.

Основна марка сталі 35Л за ГОСТ 977-88.

Виробнича програма цеху розрахована на основі перспективного плану металургійного виробництва.

Річний випуск лиття склав 22000 тонн придатного лиття. Виробнича програма представлена в таблиці 1.1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РБ.136.26.112с-07 ОР			
Розроб.		Корнієнко С.О.			ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.					1	37
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.			МТ-23-2ск			
Затверд.		Бабошко Д. Ю.						

Таблиця 1.1 – Виробнича програма цеху

Масова група, кг	Найменування випуску	Марка матеріалу	Маса випуску без ливників і надлишків, кг	Маса випуску з ливниками і надливами, кг	Кількість випусків на річну програму, шт	Маса випусків без ливників і надлишків на річну програму, т	Маса випусків з ливниками і надливами на річну програму, т	Кількість випусків у формі, шт	Кількість форм на річну програму, шт	Кількість стрижнів на випуск, шт	Кількість стрижнів на програму, шт	Витрата формувальної суміші на програму, т	Витрата стрижневої суміші на програму, м ³
0-100	Накладка	35	12	17	10000	1200	1791	6	16667	1	100000	11400,0	124,8
	Фланець	35	16,2	24,9	70988	1150	1769,2	4	17747	0	0	10925,0	119,6
	Головка зчеплення	35	18,6	26,1	112903	2100	2946,8	2	56452	4	451613	19950,0	218,4
	Кронштейн	35	27	40	3333	900	1363,6	4	8333	2	66667	9450,0	162,9
	Кільце	35	38	60	47644	1820	2888,9	8	5955	1	47644	19110,0	329,4
	Блок	35	57	80,3	13860	790	1112,7	2	6930	3	41579	8295,0	143,0
	Важіль	35	87	133,8	28736	2500	3846,2	4	7184	2	57471	26250,0	452,5
Разом по групі					407463	10460	15718		119268		764974	105380	1550,6
100-150	Вилка	35	103	163,5	11942	1230	1952,4	2	5971	4	47767	11931,0	370,2
	Втулка	35Л	129	204,8	6512	840	1333,3	4	1628	1	6512	8148,0	252,8
	Головка	35	142	225,4	4479	636	1009,5	1	4479	6	26873	6169,2	191,4
	Кришка	35	145,3	230,6	5189	754	1196,8	1	5189	2	10379	7313,8	227,0
	Барабан	35	148,9	236,3	7522	1120	1777,8	2	3761	1	7522	10864,0	337,1
Разом по групі					35643	4580	7269		21028		99052	44426,0	1378,6
150-250	Вилка	35	150	223,9	3533	530	791	1	3533	3	10600	4876,0	159,5
	Тяга	35	177	264,2	3446	610	910	2	1723	0	0	5612,0	183,6
	Корпус	35	205	306,0	4634	950	1417,9	1	4634	3	13902	8740,0	286,0
	Важіль	35	235	350,7	1362	320	477,6	2	681	1	1362	2944,0	96,3
	Опора	35	240	358,2	750	180	268,7	2	375	0	0	1656,0	54
	Корпус	35	244,5	364,9	1513	370	552	1	1513	5	7566	3404,0	111,4

Разом по групі					15239	2960	4417,9		12460		33431	27232,0	891,0
250-500	Плита	35	270	391	3296	890	1289,9	1	3296	0	0	6586,0	267,9
	Склянка	35	325	471	3077	1000	1449	1	3077	1	3077	7400,0	301,0
	Кришка	35	378	547,8	952	360	521,7	1	952	2	1905	2664,0	108,4
	Колодка	35	390	565,2	2667	1040	1507	1	2667	0	0	7696,0	313,0
	Валок	35	425	615,9	1671	710	1029	1	1671	0	0	5254,0	213,7
Разом по групі					11663	4000	5797		11663		4982	29600	1204
Разом по цеху					470008	2200	33203		164418		902438	206638	5024

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

1.1 Розрахунок фондів часу роботи обладнання

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

$$T = T_n \cdot (1 - \alpha/100),$$

де α – втрати часу на плановий ремонт, %;

T_n - номінальний фонд часу роботи обладнання, год.

Результати розрахунків занесемо в таблицю 1.2

Таблиця 1.2 - Розрахунок дійсного фонду часу роботи обладнання

Відділення	T_n	α	T_d
Змішувальне	5928	6,5	5542,7
Стрижневе		4,5	5661,2
Формувальне		5,5	5602
Плавильне		5	5631,6
Термообрубне		6	5572,3

1.2 Плавильне відділення

Плавильне відділення проектового цеху повинно забезпечити безперебійну подачу сталі марки 35Л.

В якості плавильних агрегатів для виплавки сталі даної марки приймаємо електродугову сталеплавильну піч постійного струму ДСПТ. При плавці в цих печах металургійні можливості ширші в порівнянні з іншими печами. Печі ДСПТ у порівнянні з індукційними та дуговими печами змінного струму мають такі переваги:

- шум під час плавлення на ДСПТ нижчий на 30%, ніж на ДСП;
- виділення газу на ДСПТ нижче в два рази в порівнянні з ДСП;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- простіші в обслуговуванні в порівнянні з печами ІСТ;
- зменшується витрата електродів;
- виключаються місцеві перегріву вогнетривкої футеровки і, отже, скорочується витрата вогнетривів.

Для правильного відділення проектного цеху, враховуючи вагу виливків, вибираємо в якості плавильних агрегатів печі ДСПТ-6.

Технічні характеристики печей ДСПТ-6 для плавлення сталі наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика печі ДСПТ-6

Найменування параметра	Одиниці виміру	ДСПТ-6
Номінальна місткість	т	6,0
Споживана потужність	кВт	4000
Продуктивність:		
Для кислого процесу	т/год	2,7
Для основного процесу	т/год	2,25
Кількість електродів	ш	1
Діаметр електродів	мм	200
Швидкість розкислення	т/год	6,67
Рівень шуму при розплавленні	ДБ	85
Питома витрата електроенергії на розплавлення	кВт год/т	55
Витрата води на охолодження печі	м ³ /год	

Дугові печі можуть мати як кислу, так і основну футерівку. Вибір футерівки печі залежить від марки виплавлюваної сталі та від використовуваних шихтових матеріалів.

Печі з основною футерівкою застосовують при виготовленні виливків з легованої сталі. У них можна отримувати сталь з низьким вмістом сірки і фосфору. Для плавлення вуглецевої сталі в печах з кислою футеровкою використовують тільки чисті, за вмістом сірки і фосфору, шихтові матеріали.

1.2.1 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Для розрахунку кількості печей складемо баланс металу по цеху (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Баланс металу

Найменування статті балансу	т	%
Придатні виливки	22000	62,5
Ливники та надливи	11203,3	31
Скрап	1328,1	4
РАЗОМ рідкого сплаву	34531.4	98
Випаровування та безповоротні втрати	690	2
Разом металозавалка	35222	10

Кількість печей для приготування рідкого металу визначаємо за такою формулою:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_d \cdot Pr}$$

де Q – кількість металу, необхідна для виконання річної програми, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для плавильних печей $K_n = 1,1-1,2$);

T_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

Pr – продуктивність печі, т/год.

$$N = \frac{35222 \cdot 1,2}{5631,6 \cdot 2,7} = 2,8 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми необхідно 3 печі ДСПТ-6.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначимо за формулою :

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$K_s = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

де N – розрахункова кількість обладнання, шт;

N_{np} – прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_s = \frac{2,8}{3} \cdot 100\% = 93\%.$$

1.2.2 Розрахунок шихти

Основною особливістю виробництва сталі для фасонних виливків на відміну від її виплавки для злитків є необхідність отримання сталі не тільки заданого складу, але і заданих ливарних властивостей.

Найбільшу кількість сталі для фасонних виливків виплавляють в електродугових печах. У ливарних цехах частіше застосовують кислий процес електроплавлення. При кислому процесі відзначається більша стійкість футеровки, нижча її вартість, менша питома витрата електроенергії і тривалість плавлення, хороша розкисленість сталі.

В якості шихтових матеріалів для плавки використовують чавун переробний, сталевий брухт, феросплави для розкислення і доведення хімічного складу сталі до заданого складу, відходи власного виробництва (ливники, надливи, стружка після механічної обробки виливків).

Всі шихтові матеріали повинні містити мінімальну кількість сірки фосфору, так як при кислому процесі виплавки сталі, немає періодів десульфурзації і дефосфорації, і це є основним недоліком кислого процесу.

Розрахунок шихти ведеться для електродугового виплавлення сталі марки 35Л на 100 кг металозавалки. Хімічний склад сталі 35Л наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. - Хімічний склад сталі 35Л

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Масова частка, %				
C	Mn	Si	P	S
0,32-0,40	0,45-0,9	0,25-0,52	0,06	0,06
Розрахунковий хімічний склад				
0,35	0,6	0,4	0,04	0,04

Хімічний склад шихтових матеріалів і розкислювачів наведено в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 - Хімічний склад шихтових матеріалів і розкислювачів

Алюміній: Al=98%; Fe-2%

Найменування матеріалу	Вміст у шихті, %	Хімічний склад, %				
		C	Mn	Si	S	P
Відходи власного виробництва	31,5	0,35	0,6	0,4	0,04	0,045
Стружка сталевая	7	0,35	0,6	0,25	0,04	0,04
Сталевий брухт 1А	58	0,35	0,5	0,37	0,03	0,035
Чавун переробний ПЛ1	3	3,00	2	1	0,03	0,150
Феромарганець ФМН78		6,0	75	2	0,03	0,35
Феросіліцій ФС45		0,25	0,6	45	0	0,04

Для визначення хімічного складу досліджуваних матеріалів у роботі застосовували рентгенофлуоресцентний аналізатор **EXPERT 4L**. Аналіз проводили в лабораторних умовах шляхом розміщення підготовлених зразків у вимірювальній камері приладу.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Розрахунок середнього хімічного складу шихти

Вміст елементів у кожній зі складових шихти визначається добутком вмісту в шихті цієї складової на вміст у ній елемента. Розрахуємо кількість елементів, що вносяться окремими складовими шихти.

Повернення власного виробництва внесе, %:

$$C = 0,35 \cdot 0,315 = 0,110;$$

$$Mn = 0,6 \cdot 0,315 = 0,189$$

$$Si = 0,4 \cdot 0,315 = 0,126;$$

$$S = 0,04 \cdot 0,315 = 0,012;$$

$$P = 0,04 \cdot 0,315 = 0,012;$$

$$Fe = 31,051.$$

Кількість заліза визначається за формулою:

$$Q_{Fe} = a - \Sigma b,$$

де a - відсотковий вміст складової в шихті;

Σb - сумарний вміст елементів (без заліза) в даній складовій шихти, %.

Сталевий брухт вносить, %:

$$C = 0,25 \cdot 0,585 = 0,146;$$

$$Mn = 0,5 \cdot 0,585 = 0,293;$$

$$Si = 0,37 \cdot 0,585 = 0,216;$$

$$S = 0,03 \cdot 0,585 = 0,017;$$

$$P = 0,035 \cdot 0,585 = 0,020;$$

$$Fe = 57,808.$$

Стружка в брикетах вносить, %:

$$C = 0,35 \cdot 0,07 = 0,024;$$

$$Mn = 0,6 \cdot 0,07 = 0,042;$$

$$Si = 0,25 \cdot 0,07 = 0,018;$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$S = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$P = 0,04 \cdot 0,07 = 0,002;$$

$$Fe = 6,912.$$

Чавун передільний вносить, %:

$$C = 3 \cdot 0,03 = 0,09;$$

$$Mn = 2 \cdot 0,03 = 0,06;$$

$$Si = 1 \cdot 0,03 = 0,03;$$

$$S = 0,03 \cdot 0,03 = 0,001;$$

$$P = 0,15 \cdot 0,03 = 0,004;$$

$$Fe = 2,815.$$

Середній хімічний склад шихти наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Середній хімічний склад шихти

Елемент	Вносять елементів, %				Середній хімічний склад, %
	Повернення	Стружка в брикетах	Сталевий брухт	Чавун переробний	
C	0,110	0	0	0	0,37
Mn	0,189	0,042	0,293	0	0,584
Si	0,126	0,018	0,216	0	0,390
S	0,012	0	0,017	0	0,032
P	0	0,002	0	0,004	0,035
Fe	31,051	6,912	57,808	2,815	98

Період плавлення шихти

Під час плавлення шихти окислюються кремній, марганець, вуглець і залізо.

Випаровування кремнію становить 70 %. Перейде в шлак $0,7 \cdot 0,39 = 0,273$ кг; залишається в металі $0,39 - 0,273 = 0,117$ кг.

Випаровування марганцю становить 70 %. Перейде в шлак $0,7 \cdot 0,584 = 0,409$ кг, залишиться в металі $0,584 - 0,409 = 0,175$ кг.

Угар заліза становить 2 %. Перейде в шлак $0,02 \cdot 98,586 = 1,972$ кг; залишиться в металі $98,586 - 1,972 = 96,614$ кг.

Угар вуглецю шихти компенсується переходом вуглецю в метал з

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

графітових електродів.

У таблиці 1.8 наведено склад металу після розплавлення шихти.

Таблиця 1.8 – Склад металу після розплавлення шихти

Елементи	Вміст елементів	
	кг	%
Вуглець	0,37	0,380
Марганець	0	0,179
Кремній	0	0
Сірка	0,032	0,033
Фосфор	0,035	0,036
Залізо	96	99,251
РАЗОМ	97,343	10

Шлак періоду плавлення

Кількість оксиду, що перейшла у шлак, можна визначити за формулою:

$$q_{MeO} = U \cdot M_o : M_e ,$$

де q_{MeO} - кількість оксиду відповідного елемента, кг;

U - випаровування елемента, кг;

M_o, M_E - молекулярні ваги оксиду та елемента.

У таблиці 1.9 наведено хімічний склад шлакоутворюючих матеріалів.

Таблиця 1.9 – Хімічний склад шлакоутворюючих матеріалів

Найменування матеріалу	Вміст оксидів, %				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
Вапно свіжообпалене	92,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Динас	1,34	96,58	0,58	1,4	-
Руда залізна	0,7	6,0	3,0	90,0	0,3
Пісок	-	96,0	2,0	2,0	-
Зола електродів	11,8	56,5	31,7	-	-

Розрахуємо кількість оксидів, що надійшли в шлак з металу:

$$SiO_2 = 0,273 \cdot 60 : 28 = 0,585 \text{ кг};$$

$$MnO = 0,409 \cdot 71 : 55 = 0,528 \text{ кг}.$$

Прийmemo, що з усієї кількості заліза, яке згорає (1,972 кг) до FeO окислюється 25%, до Fe₂O₃ - 5% ,а 70% його випаровується в зоні електричних дуг. Тоді,

$$FeO = 1,972 \cdot 0,25 \cdot 72 : 56 = 0,634 \text{ кг};$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 1,972 \cdot 0,05 \cdot 160 : 112 = 0,069 \text{ кг.aa}$$

$$\text{Випаровується заліза } 1,972 \cdot 0,7 = 1,38 \text{ кг.}$$

Прийmemo кількість пригару у вигляді піску на відходах власного виробництва 1% від маси відходів, тобто $\delta_{\text{пр}} = 31,5 \cdot 0,01 = 0,315 \text{ кг.}$

Кількість оксидів, що вносяться цим піском, можна визначити із співвідношення:

$$q_{\text{MeO}} = \delta_{\text{пр}} \cdot K : 100,$$

де q_{MeO} - кількість оксиду, що переходить у шлак, кг;

$\delta_{\text{пр}}$ - маса піску, кг;

K - процентний вміст даного оксиду в піску, %.

Пісок шихти внесе:

$$\text{SiO}_2 = 0,315 \cdot 96 : 100 = 0,302 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,315 \cdot 2 : 100 = 0,006 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0,315 \cdot 2 : 100 = 0,006 \text{ кг.}$$

На наварку підлоги та укосів використовується кварцовий пісок, витрата якого становить на 100 кг шихти 1-2,5 кг. Прийmemo, що з підлоги та укосів печі переходить у шлак 2,4 кг набивної маси. У період плавлення шихти в шлак перейде 50% кількості всієї маси, тобто $2,4 \cdot 50 : 100 = 1,2 \text{ кг.}$ Пісок набивної маси внесе в шлак таку кількість оксидів:

$$\text{SiO}_2 = 1,2 \cdot 96 : 100 = 1,151 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 1,2 \cdot 2 : 100 = 0,024 \text{ кг.}$$

Загальна витрата динасової цегли на ремонт склепіння дорівнює 1 кг на 100 кг садки. У період плавлення переходить у шлак 60% цієї маси, тобто 0,6 кг.

Динас внесе таку кількість оксидів:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96,58 : 100 = 0,58 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,6 \cdot 0,58 : 100 = 0,003 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0,6 \cdot 1,4 : 100 = 0,008 \text{ кг;}$$

$$\text{CaO} = 0,6 \cdot 1,34 : 100 = 0,008 \text{ кг.}$$

Витрата графітових електродів залежить від ємності печі і становить 0,4-0,6

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

кг на 100 кг садки. Прийmemo в розрахунках витрату електродів 0,6 кг. У період плавлення витрачається 60% або 0,36 кг електродів. При згорянні електродів утворюється зола в кількості 0,2-1,3%. Прийmemo, що електроди вносять у шлак 1% золи, $0,36 \cdot 1 : 100 = 0,0036$ кг.

Зола внесе в шлак:

$$\text{CaO} = 0,0036 \cdot 11,8 : 100 = 0,0005 \text{ кг};$$

$$\text{SiO}_2 = 0,0036 \cdot 56,5 : 100 = 0,0022 \text{ кг};$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,0036 \cdot 31,7 : 100 = 0,0012 \text{ кг}.$$

Таким чином, шлак періоду плавлення складається з оксидів, представлених у таблиці 1.10

Таблиця 1.10 – Хімічний склад шлаку періоду плавлення

Джерела	Внесено оксидів, кг							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	Всього	
З шихти	0,585	-	0,634	0,069	0,528	-	1,816	
З піску шихти	0,302	0,006	-	0	-	-	0,314	
З підлоги та укосів	1,151	0,024	-	0,024	-	-	1,199	
Зі стінок і склепіння	0,58	0,003	-	0	-	0,008	0,599	
З попелу електродів	0,0022	0,0012	-	-	-	0,0005	0,004	
РАЗОМ	кг	2,620	0,034	0,634	0,107	0,528	0,009	3,932
	%	66	0	16	2,8	13	0,2	100

Окислювальний період

Під час окислювального періоду вміст вуглецю необхідно знизити на 0,05% нижче нижньої межі заданого хімічного складу сталі, тобто до 0,27%.

Після додавання залізної руди марганець окислюється до 0,08%, а кремній до 0,03%. Будемо вважати, що випаровування заліза під час окислювального періоду буде компенсуватися залізом, відновленим з оксидів заліза.

Вважаючи, що маса металу становить 97,343 кг, то до кінця окислювального періоду вуглецю в ньому має бути: $C = 97,343 \cdot 0,27 : 100 = 0,263$ кг.

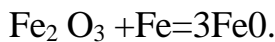
Вигорить вуглецю $0,37 - 0,263 = 0,107$ кг.

До кінця окислювального періоду в металі залишиться 0,08% марганцю або $97,343 \cdot 0,08 : 100 = 0,078$ кг. Окислюється марганцю $0,175 - 0,078 = 0,097$ кг, що в перерахунку на MnO складе $0,097 \cdot 71 : 55 = 0,125$ кг.

Кремнію до кінця окислювального періоду залишиться 0,03% або $97,343 \cdot 0,03 : 100 = 0,029$ кг, а окислюється кремнію $0,117 - 0,029 = 0,088$ кг, що в перерахунку на SiO₂ складе $0,088 \cdot 60 : 28 = 0,189$ кг. Приймаємо, що окислення елементів в рідкому металі відбувається за рахунок кисню, що вноситься залізною рудою.

Розрахунок потреби руди

Джерелом кисню для окислення домішок є FeO, отримуваний з Fe₂O₃ і Fe за реакцією:



У таблиці 1.11 наведено кількість FeO, необхідну для окислення елементів.

Таблиця 1.11 – Кількість FeO, необхідна для окислення

Елемент	Окислюється елемента, кг	Хімічна реакція окислення	Витрата на одиницю елемента	Утворюється FeO, кг
C	0,107	FeO+C=Fe+CO	72:12=6	0,107·6=0,642
Si	0,08	2FeO+Si=2Fe+SiO ₂	144:28=5,1	0,088·5,1=0,449
Mn	0,097	FeO+Mn=Fe+MnO	72:55=1,3	0,097·1,3=0,126
РАЗОМ	-	-	-	1,217

Для утворення 1,217 кг FeO потрібно Fe₂O₃ і Fe:

$$Fe_2O_3 = 160 \cdot 1,217 : 216 = 0,901 \text{ кг};$$

$$Fe = 1,217 - 0,901 = 0,316 \text{ кг}.$$

Приймаємо, що 10% Fe₂O₃ переходить у шлак, а 90% відновлюється до FeO.

Звідси потреба в залізній руді становитиме:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$0,901 \cdot 100 : (90 \cdot 0,9) = 1,112 \text{ кг.}$$

При цьому утворюється окису вуглецю $\text{CO} = 0,107 \cdot 28 : 12 = 0,25 \text{ кг.}$

В кінці окислювального періоду проводиться додавання вапна в піч у кількості 0,3 кг на 100 кг завантаження.

Шлак окислювального періоду.

Розрахуємо склад і масу шлаку окислювального періоду і зведемо в таблицю 1.12.

Залізна руда внесе в шлак:

$$\text{CaO} = 1,112 \cdot 0,7 / 100 = 0,008 \text{ кг;}$$

$$\text{SiO}_2 = 1,112 \cdot 6 / 100 = 0,067 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 1,112 \cdot 3 / 100 = 0,033 \text{ кг;}$$

$$\text{MgO} = 1,112 \cdot 0,3 / 100 = 0,003 \text{ кг;}$$

$$(\text{Fe}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}) = 1,112 \cdot 0,1 \cdot 90 / 100 = 0,1 \text{ кг.}$$

$$\text{Надійшло в шлак з вапна: CaO} = 0,3 \cdot 92 / 100 = 0,276 \text{ кг;}$$

$$\text{SiO}_2 = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг; MgO} = 0,3 \cdot 3 / 100 = 0,009 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0,3 \cdot 1 / 100 = 0,003 \text{ кг.}$$

В окислювальний період в шлак переходить 20% динасової цегли, що витрачається на ремонт кладки, що складе $1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ кг}.$

Складові футеровки внесуть в шлак:

$$\text{SiO}_2 = 0,2 \cdot 96,58 / 100 = 0,193 \text{ кг;}$$

$$\text{CaO} = 0,2 \cdot 1,34 / 100 = 0,003 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,2 \cdot 0,58 / 100 = 0,001 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0,2 \cdot 1,4 / 100 = 0,003 \text{ кг.}$$

З підлоги та укосів у шлак надходить 25% набивної маси, що становить $2,4 \cdot 25 / 100 = 0,6 \text{ кг.}$

Складові набивної маси внесуть у шлак таку кількість оксидів:

$$\text{SiO}_2 = 0,6 \cdot 96 / 100 = 0,576 \text{ кг;}$$

$$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг;}$$

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0,6 \cdot 2 / 100 = 0,012 \text{ кг.}$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В окислювальний період витрачається 20% електродів, що становить $0,6 \cdot 20/100 = 0,12$ кг. Електроди вносять 1% золи. $1 \cdot 0,12/100 = 0,0012$ кг.

Складові золи внесуть у шлак: $\text{CaO} = 0,0012 \cdot 11,8/100 = 0,0002$ кг;

$\text{SiO}_2 = 0,0012 \cdot 56,5/100 = 0,0007$ кг;

$\text{Al}_2 \text{O}_3 = 0,0012 \cdot 31,7/100 = 0,0004$ кг.

У таблиці 1.12 наведено склад шлаку окислювального періоду.

Таблиця 1.12 – Склад шлаку окислювального періоду

Джерело надходження шлаку	Вміст оксидів, кг								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всього	
Шлак періоду шлавлення	2,620	0,034	0,634	0,107	0,528	0,009	-	3,932	
Метал	0,189	-	-	-	0,125	-	-	0,314	
Вапно	0,009	0,003	-	0	-	0,276	0,009	0,300	
Залізна руда	0,067	0	-	0	-	0,008	0,003	0,211	
Склепіння та стіни	0,193	0	-	0,003	-	0,003	-	0,200	
Підлога та схили	0,576	0,012	-	0	-	-	-	0,600	
Зола електродів	0,0007	0,0004	-	-	-	0,0002	-	0,0013	
РАЗОМ	кг	3,6547	0,0834	0,634	0,225	0,653	0,2962	0,012	5,5583
	%	65,75	1,50	11,41	4,04	11,75	5,33	0,22	10

Наприкінці окислювального періоду проводиться доведення металу до заданого складу та його розкислення.

У таблиці 1.13 наведено склад металу на кінець окислювального періоду.

Таблиця 1.13 – Склад металу на кінець окислювального періоду

Елементи	Надійшло елементів, кг	Перейшло у шлак, кг	Втрати з газом, кг	Витрата на утворення FeO, кг	Вміст у металі, кг
C	0,37	-	-0,107	-	0,263
Si	0,175	-0,088	-	-	0
Mn	0,117	-0,097	-	-	0
P	0	-	-	-	0,032
S	0,035	-	-	-	0,035
Fe	96,614	-	-	-0,316	96,298
РАЗОМ	97,343	-0,185	-0,107	-0,316	96,735

Розрахунок кількості розкислювачів

Для розкислення і доведення металу по марганцю вводиться феромарганець з розрахунку отримання його в металі 0,6%. З огляду на те, що до кінця окислювального періоду в металі вже є 0,08% марганцю, потреба в ньому становить $0,6-0,08=0,52\%$.

Приймаючи, угар марганцю 20%, отримаємо необхідну кількість феромарганцю:

$$0,52 \cdot 100 / (0,75 \cdot 80) = 0,87 \text{ кг.}$$

Феромарганець внесе таку кількість елементів:

$$C = 0,87 \cdot 6 / 100 = 0,052 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,87 \cdot 2 / 100 = 0,017 \text{ кг; Mn} = 0,87 \cdot 75 / 100 = 0,653 \text{ кг; P} = 0,87 \cdot 0,35 / 100 = 0,003 \text{ кг; S} = 0,87 \cdot 0,03 / 100 = 0,0002 \text{ кг; Fe} = 0,87 \cdot 16,62 / 100 = 0,145 \text{ кг.}$$

На розкислення металу витрачається марганцю $0,87 \cdot 0,8 = 0,696$ кг.

При цьому утворюються закиси марганцю: $0,87 \cdot 0,2 = 0,174$ кг або $0,174 \cdot 71 / 55 = 0,225$ кг. Решта елементів з феромарганцю повністю переходять у метал. Після додавання феромарганцю метал матиме такий склад:

$$C = 0,263 + 0,052 = 0,315 \text{ кг; Si} = 0,087 + 0,017 = 0,104 \text{ кг; Mn} = 0,02 + 0,653 = 0,673 \text{ кг; P} = 0,032 + 0,003 = 0,035 \text{ кг. S} = 0,035 + 0,0002 = 0,0352 \text{ кг; Fe} = 96,298 + 0,145 = 96,443 \text{ кг.}$$

Для доведення металу до заданого складу по кремнію в кінці окислювального періоду вводиться 45% феросиліцій.

У металі має бути 0,4% кремнію, тому потреба в ньому становить: $0,4 - 0,104 = 0,296$ кг. Необхідна кількість феросиліцію з урахуванням 10% випарування складе:

$$0,296 \cdot 100 / (0,45 \cdot 90) = 0,73 \text{ кг.}$$

Феросиліцій внесе таку кількість елементів:

$$C = 0,73 \cdot 0,25 / 100 = 0,002 \text{ кг;}$$

$$Si = 0,73 \cdot 45 / 100 = 0,326 \text{ кг; Mn} = 0,73 \cdot 0,6 / 100 = 0,004 \text{ кг; P} = 0,73 \cdot 0,04 / 100 = 0,0003 \text{ кг; S} = 0,73 \cdot 0,03 / 100 = 0,0002 \text{ кг; Fe} = 0,73 \cdot 54,08 / 100 = 0,395 \text{ кг.}$$

На розкислення металу витрачається кремнію $0,326 \cdot 10 / 100 = 0,033$ кг.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

При цьому утворюється кремнезему $0,033 \cdot 60 / 28 = 0,07$ кг, а в метал переходить $0,326 - 0,033 = 0,293$ кг кремнію.

Після додавання феросиліцію метал матиме такий склад:

$$C = 0,315 + 0,002 = 0,317 \text{ кг};$$

$$Si = 0,104 + 0,326 = 0,430 \text{ кг};$$

$$Mn = 0,673 + 0,004 = 0,677 \text{ кг};$$

$$P = 0,035 + 0,0003 = 0,0353 \text{ кг};$$

$$S = 0,0352 + 0,0002 = 0,0354 \text{ кг};$$

$$Fe = 96,443 + 0,395 = 96,838 \text{ кг}.$$

Для остаточного розкислення в метал вводиться алюміній, в кількості 0,1 кг на 100 кг сталі.

Алюміній внесе:

$$Al = 0,1 \cdot 98 / 100 = 0,098 \text{ кг};$$

$$Fe = 0,1 \cdot 2 / 100 = 0,002 \text{ кг}.$$

Алюміній повністю окислюється за рахунок вмісту кисню металу і переходить у шлак, утворюючи Al_2O_3 у кількості $0,098 \cdot 102 / 54 = 0,185$ кг.

У таблиці 1.14 наведено склад металу після розкислення.

Таблиця 1.14 – Склад металу після розкислення

Елементи	Склад металу до розкислення, кг	Феромарганець вносить, кг	Феросиліцій вносить, кг	Окислюється, кг	Всього, кг
C	0,263	0,052	0,002	-	0,317
Si	0,087	0,017	0,326	-0,033	0
Mn	0,02	0,673	0,004	-0,174	0,523
P	0,032	0,003	0	-	0,0353
S	0,035	0,0002	0,0002	-	0,0354
Fe	96,298	0,145	0,395	-	96,838
РАЗОМ	96,735	0,8902	0,7275	-0,207	98,1457

У період розкислення сталі витрачається така ж кількість кладки склепіння, набивної маси та вугільних електродів, що й в окислювальний період. Склад і кількість шлаку до кінця розкислення сталі наведені в таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Склад і кількість шлаку до кінця розкислення сталі

Джерела надходження шлаку	Вміст оксидів, кг							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Всього
Шлак окислювального періоду	3,6547	0,0834	0,634	0,225	0,653	0,2962	0,012	5,5583
Склепіння і стіни	0,193	0,001	-	0,003	-	0,003	-	0,2
Підлога та схили	0,576	0,012	-	0,012	-	-	-	0,6
Зола електродів	0,0007	0,0004	-	-	-	0,0002	-	0,0013
Феромарганець	-	-	-	-	0,225	-	-	0,225
Феросільцій	0,070	-	-	-	-	-	-	0,07
Алюміній	-	0,185	-	-	-	-	-	0,185
РАЗОМ	4,4944	0,2818	0,634	0	0,878	0,2994	0,012	6,8396
%	65	4,12	9,27	3,51	12,84	4,38	0,18	100

Матеріальний баланс плавки складається з метою перевірки правильності розрахунку шихти. Нев'язка в розрахунках не повинна перевищувати 0,5-1%.

Матеріальний баланс плавки наведено в таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Матеріальний баланс плавки

Витрачено	кг	Отримано	кг
Відходи власного виробництва	31,5	Металу	98.1457
Сталевий брухт	58	Шлаку	6.8396
Стружка	7	Газа	0,25
Чавун	3	Випарувалося заліза	1,38
Феромарганець	0	Нев'язка	0
Феросільцій	0		
Алюміній	0		
Електроди	0,6		
Вапно	0,30		
Пісок	2,40		
Залізна руда	1,217		
Динас	1,00		
РАЗОМ	107	РАЗОМ	107

1.2.3 Розрахунок кількості ковшів

На ділянці сталевого лиття для заливки форм застосовуємо 6-ти тонни поворотні ковші. Ковші футеруються, для футерування ковшів застосовуються динасова цегла ЕБ-2 ГОСТ 1566-71. Кладка виконується із заповненням усіх швів. Зазор між цеглинами повинен бути не більше 2 мм. Другий шар цегли

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

кладеться з перекриттям швів першого шару. Сушиться ківш газовим пальником, тривалість сушіння не менше 1,5 год.

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

$$N=q \cdot N_n \cdot t / (60 \cdot m);$$

де q – продуктивність плавильної печі, т/год,

N_n - кількість печей, що працюють одночасно,

m – місткість ковша, т

t – час обороту ковша, хв.

$$N=2,7 \cdot 3 \cdot 32 / (60 \cdot 6)=0,72 \text{ шт.}$$

Для забезпечення роботи дільниці необхідний 1 ківш місткістю 6 т, але оскільки час роботи ковша становить 4 години, а час ремонту 8 годин, то в зміну нам необхідно три ковші. Кількість робочих змін для плавильної дільниці становить три, отже, нам потрібно дев'ять ковшів на три зміни, а також приймаємо запас ковшів 20% і отримуємо, що підсумкова кількість розливних ковшів – 11 шт.

1.3 Відділення приготування сумішей

Технологія виготовлення ливарних форм та стрижнів у цехових умовах базується на використанні піщано-глинистих сумішей середньої міцності. Їхня структурна стійкість формується виключно за рахунок механічного ущільнення на етапі моделювання, що виключає потребу в додатковій термічній або хімічній обробці.

Головним технологічним вузлом підготовки формувальної маси є змішувальний агрегат, який забезпечує виконання ключових операцій:

- прецизійне дозування води та технологічних добавок;
- гомогенізацію всіх компонентів системи;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

– диспергування бентоніту для рівномірного обволікання зерен кварцового піску.

Цим експлуатаційним вимогам повною мірою відповідає інтегрований в автоматичну формувальну лінію вихровий змішувач типу SGMT (виробництво «Savelli») із продуктивністю 33 т/год. Даний тип агрегатів характеризується високою надійністю конструкції та наявністю інтегрованих систем автоматичного регулювання вологості.

Технологічний цикл розпочинається з подачі відпрацьованої суміші з бункера після її попереднього очищення від металевих включень за допомогою полігонального сита (елемент автоматичної лінії). Відразу після завантаження ініціюється інтенсивна фаза змішування. Протягом перших 35–40 секунд завдяки динамічному впливу ротора вихрової головки відбувається швидка гідратація бентоніту та формування оболонки навколо піщаних зерен.

Процес супроводжується безперервним моніторингом вологості матеріалу. На 40-й секунді мікропроцесорна система управління ініціює введення коригуючої дози води, об'єм якої розраховується автоматично на основі поточних даних датчиків у кожному циклі. Контроль параметрів вологості, ущільнюваності та міцності в режимі реального часу гарантує стабільність насипної щільності суміші.

Загальна тривалість робочого циклу становить 110 секунд, з яких час активного перемішування не перевищує 85 секунд. Висока інтенсивність процесу за такий короткий проміжок часу обумовлена кінематичною схемою агрегату. Три лемеші (плужки) обертаються проти годинникової стрілки (за напрямком потоку піску), забезпечуючи безперервне переміщення маси та її подачу до верхньої секції вихрової головки. Зустрічні потоки формувальної суміші, створені плужками та обертанням вихрової головки, інтенсифікують процес гомогенізації та розпушування матеріалу.

Наприкінці циклу підготовлена формувальна маса відзначається високим ступенем гомогенності, оптимальною сипучістю, пухкою структурою та повною відсутністю грудок. Впровадження такої автоматизованої системи підготовки

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

дозволяє максимально ефективно використовувати потенціал сучасних багатокомпонентних сполучних матеріалів, що є критично важливим фактором для отримання якісних виливків із високою чистотою поверхні.

Технічна характеристика змішувальної установки SGMT представлена в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 - Технічна характеристика змішувальної установки SGMT 1000

Характеристика	Величина
Продуктивність змішувальної установки, т/год	33
Продуктивність установки охолодження суміші, т/год	33
Продуктивність транспорту, т/год	33
Продуктивність змішувача, т/год	33
Сумарний об'єм бункерів для відпрацьованої суміші, м ³	180
Об'єм бункера для свіжого піску, м ³	10
Об'єм бункера для бентоніту, м ³	6
Витрата води для охолоджувача відпрацьованої суміші, м ³ /год	5
Витрата води для змішувача, м ³ /год	2
Витрата стисненого повітря, м ³ /год	5
Ширина, мм	310
Довжина, мм	360
Висота, мм	2400

Для приготування стрижневої суміші використовується змішувач періодичної дії з вертикально-обертливими катками 15102, характеристики якого наведені в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 - Технічна характеристика змішувача періодичної дії з вертикально-обертливими катками 15102

Об'єм замісу, м ³	0,5
Внутрішній діаметр чаші, мм	140
Висота чаші, мм	600
Діаметр катка, мм	510
Висота катка, мм	190
Частота обертання вертикального вала, об/хв	48
Зусилля тиску катка, кН	18
Витрата стисненого повітря, м ³ /год	54
Об'єм відсмоктуваного повітря, м ³ /год	2000
Габаритні розміри, мм	
Довжина	1600
Ширина	1500
Висота	2450

1.1.2 Розрахунок кількості змішувачів

Кількість змішувачів знаходимо за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot 1,02 \cdot K_n}{T_d \cdot Pr}$$

де Q – кількість формувальної (стержневої) суміші, необхідна для виконання річної програми, т;

1,02 – коефіцієнт, що враховує втрати формувальної (стержневої) суміші;

K_n коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для обладнання для приготування сумішей $K_n = 1,1-1,2$);

T_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

Pr – продуктивність обладнання, т/год.

Розрахуємо кількість змішувачів моделі SGMT 1000 для формувальної суміші:

$$N = \frac{206638 \cdot 1,02 \cdot 1,2}{5542,7 \cdot 33} = 1,4 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо двох змішувачів моделі SGMT 1000.

Розрахуємо кількість змішувачів моделі 15102 для стрижневої суміші:

$$N = \frac{5024.2 \cdot 1.02 \cdot 1.2}{5542.7 \cdot 0.5} = 2,2 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо трьох змішувачів моделі 15102.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначимо за формулою:

$$K_z = \frac{N}{N_{np}} \cdot 100\%,$$

де N – розрахункова кількість обладнання, шт.;

N_{np} – прийнята кількість обладнання, шт.

Визначимо коефіцієнти завантаження для змішувачів моделі SGMT 1000 і моделі 15102 відповідно

$$K_z = \frac{1,4}{2} \cdot 100\% = 70\%.$$

$$K_z = \frac{2,2}{3} \cdot 100\% = 73\%.$$

1.4 Формовочно-заливно-вибивне відділення

Безперечні переваги технології FORMIMPRESS (ущільнення форм повітряним потоком плюс пресування), які чітко простежуються і при експлуатації всіх формувальних ліній «Savelli»:

- рівномірно висока твердість форми є передумовою для виготовлення виливків високої розмірної точності, більш рівномірна за обсягом твердість форми,;
- менше стрижнів. У багатьох місцях форми можливе формування

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

складних контурів моделей і крайніх болванів завдяки рівномірній твердості форми;

– 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;

– гуманна технологія. Повітряний потік замінює струшування або гучний імпульс. Тому знижується рівень шуму і становить менше 85 дБ (А). Спосіб FORMIMPRESS працює без динамічних навантажень на фундамент. Це означає: зниження витрат на фундамент, зменшення пошкоджень і зниження витрат на технічне обслуговування;

– зносу моделей, оскільки повітряний потік по поверхні моделі створює ефект «псевдозмащення» або повітряний прошарок.

Для заповнення формувальною сумішшю опоки підйомний стіл машини піднімає модельне оснащення з опокою і наповнювальною рамкою вгору і притискає її до головки преса. Тим самим формувальний простір герметично ізолюється від зовнішнього середовища. Така ізоляція формувального простору необхідна для того, щоб ущільнюючий повітряний потік міг виходити тільки через вентиляційні отвори в підмодельній плиті.

Процес ущільнення здійснюється в кілька етапів, які практично безперервно переходять один в інший. Клапан відкривається, і ущільнювальне повітря наскрізь проходить через формувальну суміш і забезпечує рівномірний розподіл суміші у формі та щільне прилягання її шарів до контурів моделі на першому етапі.

На другому етапі забезпечується попереднє ущільнення суміші. Повітряний потік чинить спрямований тиск на кожне зерно суміші і приводить нижні шари суміші в рух. Суміш під впливом повітряного потоку переміщається

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

в більш низькі ділянки моделі. При цьому виникає поперечне напруження і запобігається ефект прилипання.

Щільність стиснення під спрямованим впливом потоку зростає від шару до шару, так що найбільша щільність досягається на ділянках поблизу моделі.

Можливість регулювання ущільнення і твердості форми. Завдяки цьому можливе виготовлення більш м'якої верхньої опоки, що покращує газопроникність верхньої напівформи. Висока проникність форми: переміщаючись від верху напівформи до поверхні моделі, повітряний потік сприяє утворенню мікроканалів у формі.

Якість форми в значній мірі залежить від якості формувальної суміші. Досвід показує, що метод FORMIMPRESS здатний забезпечувати хорошу якість форм майже з усіма видами сумішей, що застосовуються в машинному формуванні.

При переході на метод ущільнення форм повітряним потоком з пресуванням від звичайного методу ущільнення струшуванням доводиться в більшості випадків зменшувати вміст вологи, щоб поліпшити плинність, яка важлива як при попередньому ущільненні, так і при подальшому пресуванні.

При методі FORMIMPRESS параметри процесу ущільнення для тієї чи іншої форми є однаковими, тому і властивості суміші повинні мати по можливості лише невеликі відхилення, якщо потрібно отримати виливки з хорошою повторюваністю і однаковою якістю.

Метод FORMIMPRESS довів свою ефективність в більш ніж 500 ливарних цехах по всьому світу. Ущільнення в два етапи, тобто повітряним потоком і подальшим пресуванням, забезпечує прекрасні результати. Форми, що виготовляються за технологією FORMIMPRESS, відрізняються високим ступенем і рівномірністю ущільненості по висоті. Тим самим вони забезпечують високу розмірну точність і прекрасне відтворення контурів. Хороша ущільненість по краях дозволяє встановлювати моделі на підмодельну плиту впритул до стінок опоки, що означає практичність використання площі опоки.

Точність відтворення найдрібніших контурів моделі має незаперечні

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

переваги при серійному виготовленні виливків. Для досягнення цього перша порція формувальної суміші подається дозовано, що зменшує кількість просипів і полегшує процес приготування суміші.

Є можливість використання екзотермічних надливів.

На формувальній лінії використовується програмне забезпечення C.A.S. (cycle time analysis system). Система C.A.S. є надійним засобом контролю в реальному часі як всієї лінії, так і кожного з приблизно 300 приводів. Це необхідно для дотримання заданого і фактичного часу їх спрацьовування і забезпечення та підвищення коефіцієнта використання обладнання. Для визначення часу такту всієї лінії і кожного приводу комп'ютер встановлює момент старту і тривалість окремих рухів, здійснює запис у файлову систему XML і візуалізує процеси у вигляді графіки або таблиць для полегшення роботи оператора.

Іншим технічним нововведенням є використання електричних приводів в конструкції вузлів подачі на лінії стрижнів, заливки і охолодження. Використовуються регульовані асинхронні машини, при цьому штовхальні і гальмівні механізми сполучаються між собою на контрольній ведучій частоті. Характерною якістю змонтованих приводів є гранична точність їх регулювання. Вона досягається завдяки відсутності збурюючого впливу коливань температури гідравлічної рідини, коливань тиску масла, зниження масляного стовпа, яка типова для простих гідравлічних приводів.

Завдяки відсутності масла утворюються також і інші переваги, такі як зниження пожежонебезпеки і рівня забруднення навколишнього середовища, що іноді відбувається на лініях з морально застарілими гідросистемами через витік масла або в результаті зміни фільтра.

Технічні дані АФЛ «Savelli» наведені в таблиці 1.19.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 1.19 – Технічні дані АФЛ

Параметр	Значення
Внутрішні розміри опоки (мін)	1000x800x300/300 мм
Продуктивність формування	20 повних форм/год
Час циклу	72 сек
Потреба у формувальній суміші	33 т/год
Кількість місць для розміщення стрижнів	5 для нижніх і 5 для верхніх опок
Кількість розливних місць	60
Час охолодження	115 хв. залежно від позиції розливу
Загальний рівень шуму лінії	82 дБ
Формовочна машина	окрема станція типу F1 стурнікетом, підготовленим для ущільнення FORMIMPRESS
Кількість формувальних машин	1
Система формування	ущільнення під високим тиском за допомогою FORMIMPRESS
Гідропривід	централізований
Тиск у гідравлічному контурі	100 бар
Температура масла	50°C ± 5°C
Система електроуправління	централізована
Витрата охолоджувальної води, середня	10 м ³ /год при t на вході 30°C
Передбачувана встановлена потужність	350 кВт
Витрата стисненого повітря, 6 бар	180 Нм ³ /год
Робоча напруга	3 x 400 V, 50 Hz
Керуюча напруга	230 V, 50 Гц

Для розливу металу на лінії використовується магнітодинамічний міксер-дозатор. Магнітодинамічний міксер-дозатор призначений для регульованого індукційного підігріву рідкого чавуну і сталі до необхідної температури і керованого електромагнітного розливу на пульсуючих ливарних лініях опочного і безопочного формування, в кокильні і відцентрові машини, при безперервному литті і рідкому штампуванні. Його використовують також в якості міксера для витримки металу при заданій температурі і регульованого перемішування. Він забезпечує реалізацію технологій рафінуючої обробки, легування і модифікування залізуглецевих сплавів в ливарних цехах при масовому і серійному виробництві виливків.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Розрахунок кількості формувальних ліній

Знайдемо необхідну кількість формувальних ліній за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot 1,1 \cdot K_n}{(T_d - t) \cdot Pr}$$

де Q – кількість форм на річну програму, шт;

1,1 – коефіцієнт, що враховує брак форм;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для формувального обладнання $K_n = 1,0$);

T_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

t – час, необхідний для зміни моделей і налагодження, год,;

Pr – продуктивність обладнання, форм/год.

$$N = \frac{164418 \cdot 1,1 \cdot 1}{(5602 - 362) \cdot 30} = 1,2 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо двох формувальних ліній.

Коефіцієнт завантаження обладнання

$$K_s = \frac{1,2}{2} \cdot 100\% = 60\%.$$

1.5 Стрижневе відділення

Виробництво виливків вимагає великої кількості різноманітних стрижнів, що відрізняються за масою, розмірами, конфігурацією та іншими особливостями. Крім того, стрижні повинні мати такі властивості: високу міцність, мінімальну осипність і гігроскопічність, високу газопроникність, гарну податливість, протипригарність, вибиваність з виливків. Дані властивості стрижнів у цеху забезпечуються технологією їх виготовлення. При виготовленні

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

стрижнів враховується, в яких умовах стрижень буде перебувати при повному або частковому контакті з рідким металом. Від умов роботи стрижня залежать основні моменти його виготовлення і склад суміші, який задається технологічними вказівками на кресленні.

Для виготовлення стрижнів у цеху використовується стрижнева машина моделі 23229A2A продуктивністю 54 стрижні на годину для дрібних стрижнів і стрижнева машина моделі 243 продуктивністю 10 стрижнів на годину для середніх і великих стрижнів. Для сушіння стрижнів в цеху сталевого лиття передбачено горизонтальне конвеєрне сушильне обладнання ЦН-39-57.

Сушіння стрижнів проводять за таким режимом:

підвищення температури до 180 - 200°C - 2 год,

- витримка при температурі 180 - 200°C - 4 год,

охладження разом з піччю - 1 год.

Глибина просушеного шару повинна бути не менше 40 мм.

Технічні характеристики сушарки наведені в таблиці 1.20.

Таблиця 1.20-Технічна характеристика горизонтальної конвеєрної сушарки ЦН-39-57

Параметри	Величина
Довжина конвеєра, м	97,6
Крок ланцюга конвеєра, мм	10
Номер їздової балки	14 ^a
Швидкість руху конвеєра, м/хв	0,9
Загальне передавальне число	206
Потужність двигуна, кВт	1,7
Кількість обертів за хвилину	930
Середня продуктивність, стрижнів/год	45

Розрахунок обладнання стрижневої ділянки

Розрахуємо кількість стрижневих машин 23229A2A для виготовлення дрібних стрижнів:

$$N = \frac{764974 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 171,2) \cdot 45} = 3,6 \text{ шт.}$$

Розрахуємо кількість стержневих машин 243 для виготовлення середніх і великих стрижнів:

$$N = \frac{137464 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{(5661,2 - 171,2) \cdot 10} = 2,9 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання

Для 23229A2A:

$$K_z = \frac{3,6}{4} \cdot 100\% = 90\%.$$

Для 243:

$$K_z = \frac{2,9}{3} \cdot 100\% = 97\%.$$

Кількість сушарок визначимо за формулою:

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для стрижневого обладнання $K_n = 1,05-1,1$);

$$N = \frac{902438 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{5661,2 \cdot 45} = 4,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість сушарок рівною п'яти.

$$K_z = \frac{4,1}{5} \cdot 100\% = 82\%.$$

1.6 Термообрубне відділення

По завершенні етапів заливання та технологічної витримки (кристалізації металу) ливарні форми транспортуються на позицію вибивання. В архітектуру автоматичної формувальної лінії інтегровано спеціалізований виштовхувальний механізм (стрипер), призначений для безпечної екструзії піщано-металевого кома.

Алгоритм роботи вибивного комплексу передбачає зняття опоки з транспортної палети з подальшим її переміщенням до вібраційної решітки (вибивного грохота). Гідравлічна система здійснює фіксацію покривної плити

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

безпосередньо на комі, після чого відбувається вертикальне зняття опоки. Це дозволяє вивільнити ком і опустити його на робочу поверхню грохота. Конструкція даного вузла забезпечує мінімальну траєкторію падіння до роздільного жолоба, що є критично важливим фактором для запобігання механічним пошкодженням (деформаціям або тріщинам) готових виливків.

Транспортування відпрацьованої формувальної суміші на ділянку сумішоприготування для її подальшої регенерації та вторинного використання реалізується за допомогою транспортної системи — візків, оснащених ходовими та напрямними роликami. На цій же стадії виконується первинна обрубка: відокремлення елементів ливниково-живильної системи (ливників, додатків) із застосуванням газорізального обладнання, пневматичних молотків та ручного ударного інструменту.

Фінішний етап технологічного циклу — очищення виливків. Операція спрямована на повне видалення залишків пригару, стрижневої і формувальної мас, а також на ліквідацію поверхневих дефектів (залівів, задирок) і вирівнювання місць відрізнення ливників. Механізація зачисних і обрубних робіт на дільниці забезпечується експлуатацією комплексу спеціалізованого обладнання: односторонніх обдирно-шліфувальних верстатів, зачисних машин моделі 0Л9968-205, а також портативних ручних пневмомашин, укомплектованих твердосплавними змінними борфрезами.

Для очищення виливків у цеху застосовуються дробометні барабани моделі 42236.

Після очищення виливки піддаються термообробці в методичних печах з продуктивністю 1,2 т/год.

Готові виливки піддаються остаточному контролю ВТК. Незначні дефекти на невідповідальних поверхнях виливків можуть бути виправлені. Основним способом виправлення дефектів виливків є: електрозварювання, газове зварювання. Придатні виливки відвантажуються споживачам. Виливки, що не підлягають виправленню, повертаються на переплав.

Таблиця 1.21-Технічна характеристика зачисної машини з сервоприводом

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 1.22-Технічна характеристика дробометів барабани мод.

Параметри	Значення
Найбільша висота оброблюваної поверхні над рівнем підлоги, мм	1110
Найменша висота оброблюваної поверхні над рівнем підлоги, мм	300
Найбільша довжина оброблюваної поверхні над рівнем підлоги, мм	1200
Найбільша ширина оброблюваної поверхні над рівнем підлоги, мм	800
Круг шліфувальний обдирочний, розмір	Ø500x63x203
Швидкість різання, м/с	47
Зусилля на рукоятці управління, Н	3
Габаритні розміри машини, мм	
-довжина	4100
-ширина	5200
-висота	2080
Маса машини, кг	4700
Об'єм відсмоктуваного повітря з вентиляційного пристрою, м ³ /год	Не менше 3000

42236

Продуктивність, т/год.	3
Об'єм завантаження, м ³	1,2
Найбільша діагональ очищеного виливка, мм	600
Найбільша маса завантаження, кг	300
Найбільша маса очищеного виливка, кг	500
Кількість дробометних апаратів	1
Продуктивність апарату по дробі, кг/хв	800
Кількість відсмоктуваного повітря, м ³ /год	1800
Встановлена потужність, кВт	91
Габаритний розмір, мм	
Довжина	6000
Ширина	7000
Висота	6000

Кількість печей для термообробки вилив визначаємо за такою формулою:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_s \cdot P_p},$$

де Q – маса придатних виливків на річну програму, т;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

K_n - коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для термічного обладнання $K_n = 1,05-1,1$);

T_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

Pr – продуктивність обладнання, стрижнів/год.

$$N = \frac{22000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 1,2} = 3,6 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо чотирьох печей для термообробки.

Коефіцієнт завантаження обладнання

$$K_z = \frac{3,6}{4} \cdot 100\% = 90\%.$$

Розрахуємо необхідну кількість дробометних барабанів для виконання виробничої програми:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{T_d \cdot Pr},$$

де Q – маса придатних виливків на річну програму, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання (для очисного обладнання $K_n = 1,1-1,2$);

T_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

Pr – продуктивність обладнання, т/год.

$$N = \frac{22000 \cdot 1,1}{5572,3 \cdot 3} = 1,4 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми достатньо двох дробометних барабанів моделі 42236.

$$K_z = \frac{1,4}{2} \cdot 100\% = 70\%.$$

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

1.7 Внутрішньоцеховий транспорт

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

Ділянки цеху обладнані електромостовими кранами вантажопідйомністю від 5 до 75 т, які призначені для транспортування форм і заливки форм рідким металом, а також для ремонтних заходів.

Механізований передавальний візок вантажопідйомністю 3 т служить для подачі оснащення в зону формування, передачі піщаних стрижнів, передачі лиття з ділянки на ділянку та інших передавальних операцій.

В автоматичній формувальній лінії 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 120 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.

Допоміжні служби

Для забезпечення безперебійної роботи обладнання в цеху створено ремонтну службу, яка включає в себе служби механіка, електрика та енергетика. Служба механіка складається з бригад слюсарів-ремонтників і слюсарів-сантехніків.

Для забезпечення обладнання запасними частинами в цеху є механічна майстерня, оснащена металорізальними верстатами та електроталлю з монорейкою, для передачі та установки великих деталей на верстат.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Ремонтна служба складається з ремонтних бригад, що працюють у три зміни, та чергових бригад, які здійснюють аварійні роботи, якщо в цьому є необхідність.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.01 ОР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

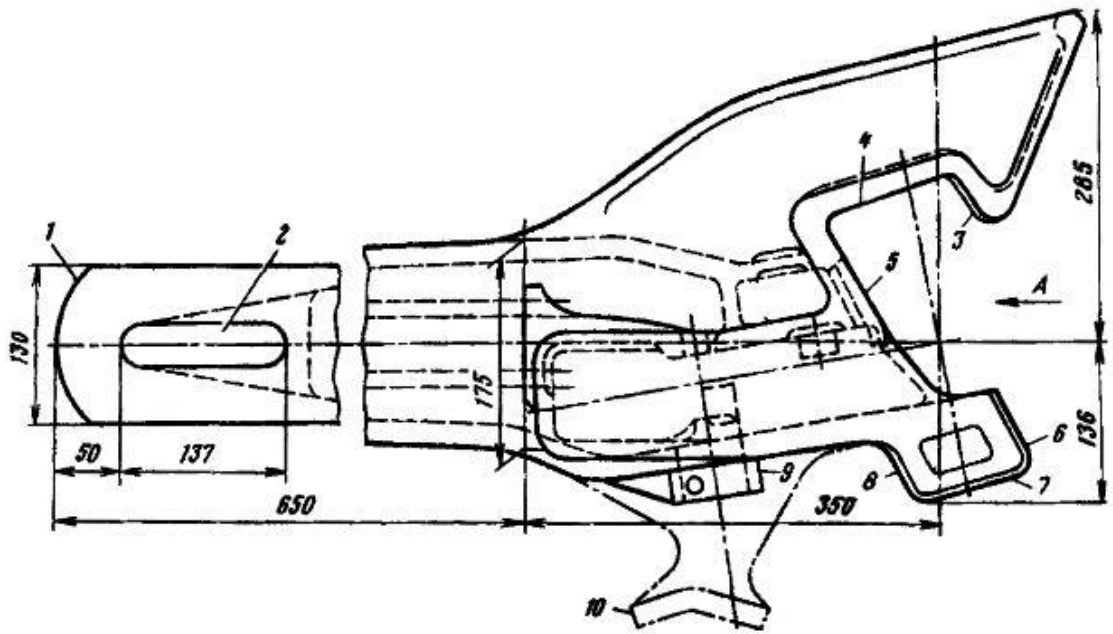
2.1 Характеристика деталі

Деталь «Головка зчеплення» (рис. 2.1.-2,3) масою 17,4 кг виготовляється зі сталі 35Л. Маса виливки становить 18,6 кг. Розміри деталі: 350x250x134 мм. Переважна товщина стінки – 14 мм. Дана деталь використовується у вагонобудуванні при виробництві автозчеплення вагонів.



Рисунок 2.1 - Сцепка двох суміжних автосцепок

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ			
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнієнко С.О.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сайтгарєєв Л.Н.					1	29
Н. Контр.		Сайтгарєєв Л.Н.			МТ-23-2ск			
Затверд.		Бабошко Д. Ю.						



Вид А

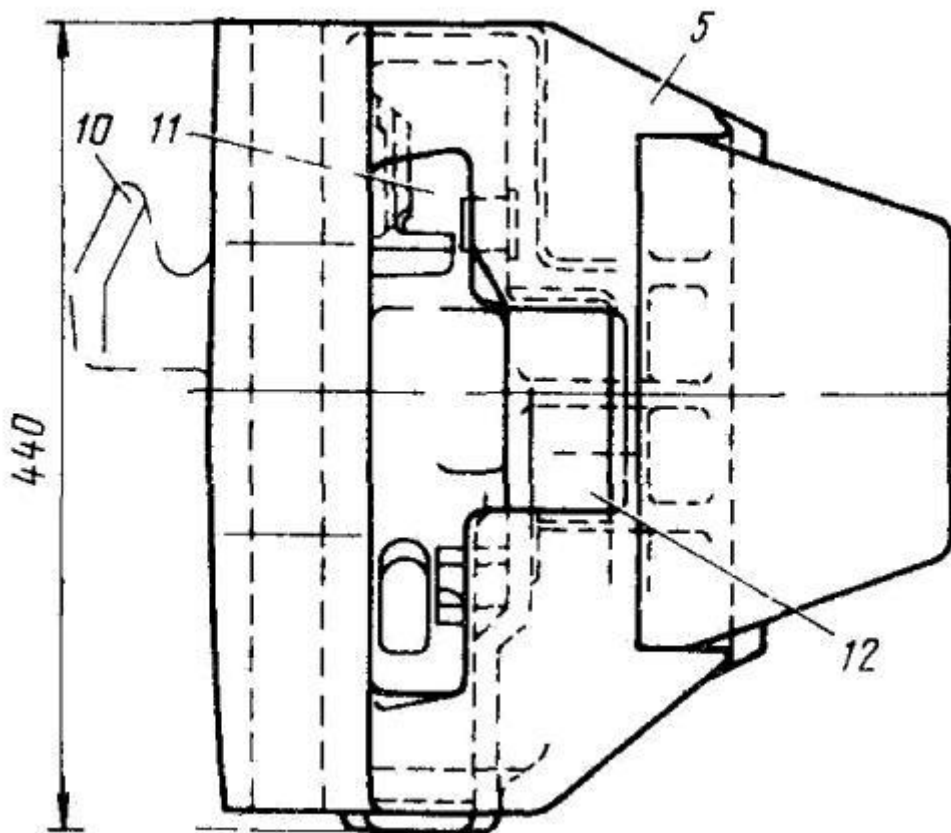


Рисунок 2.2. - Корпус автосцепки:

						КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			2

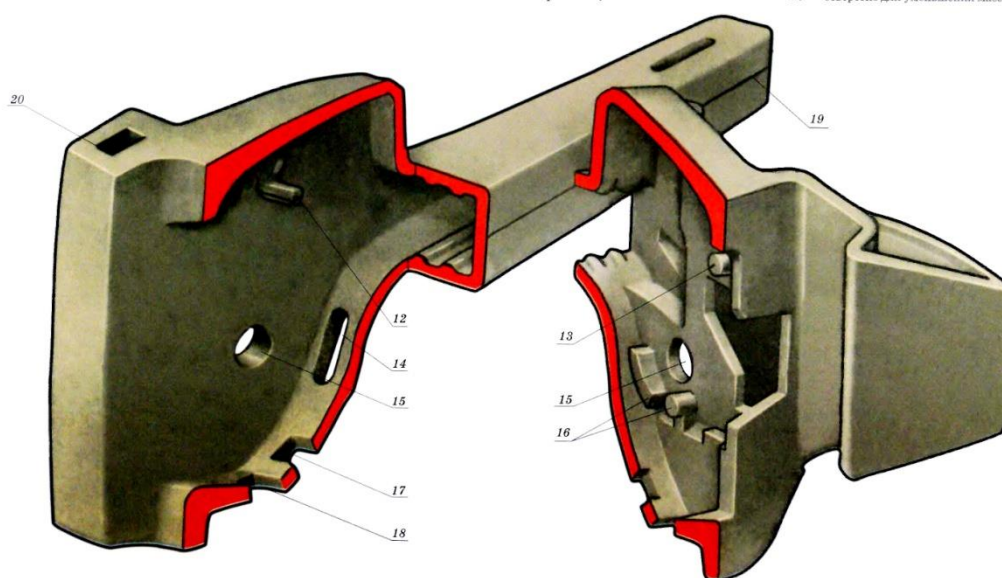


Рисунок 2.3 - Карман автосцпкки

Зі сталі виготовляються деталі, до яких пред'являються підвищені вимоги по міцності, пластичності і ударній в'язкості. Проектована деталь зазнає знакозмінних навантажень.

Деталь «Головка зчеплення» відноситься до деталей відповідального призначення (2 група), що працюють при статичних навантаженнях, а в якості матеріалу деталі виберемо сталь 35Л, зазначену в кресленні деталі.

Виливки 2 групи розраховуються на міцність і працюють при статичних навантаженнях, а також в умовах тертя ковзання. Для виливків даної групи контрольованими показниками якості є: зовнішній вигляд, розміри, хімічний склад і такі механічні властивості як тимчасовий опір, відносне подовження.

Частина виливка виконується стрижнями.

2.2 Характеристика виливка й вибір сплаву

Сталеві виливки мають вищі механічні властивості, ніж чавунні, і використовуються для виробництва відповідальних деталей машин.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Найважливішою класифікаційною ознакою сталей є їх хімічний склад. За хімічним складом сталі поділяються на вуглецеві, конструкційні леговані, конструкційні нелеговані. Для даного вилівка часто використовують ствлі 20ГЛ, 20ФЛ, Проте в роботі розглядається сталь 35Л, яку також можливо використовувати для виготовлення подібних вилівоків. Це конструкційна нелегована сталь . Хімічний склад сталі, механічні, фізичні та технологічні властивості наведені в таблицях 2.1-2.3

Таблиця 2.1-Хімічний склад сталі 35Л

Вміст елементів, %				
С	Mn		S	P
0,32 –	0,45 – 0,90	0,20 – 0,52	Не більше	
040			0,04	0,04

Таблиця 2.2-Механічні властивості сталі 35Л

Властивості	Показник
Межа плинності σ_T	275 МПа
Тимчасовий опір σ_B	491 МПа
Відносне подовження δ	≥ 15
Відносне звуження ψ	25
Ударна в'язкість КСУ(а)	343 кДж/см ²

Таблиця 2.3- Фізичні та технологічні властивості

Властивості	Показання
Питома вага γ	7,83 г/см ²
Температура початку затвердіння	1480-1490 ⁰ С
Питома теплоємність	469 Дж/кг ⁰ С
Теплопровідність	75 Вт/м ⁰ С
Твердість за Брінелем	137...229 НВ
Лінійна усадка (вільна) ϵ	2,2-2,3 %
Флокеночутливість	не чутлива
Зварюваність	обмежено зварювана
Схильність до утворення усадочної раковини $K_{ур}$	1,2
Схильність до утворення усадочної пористості $K_{уп}$	1,0

2.3 Вибір способу лиття та типу виробництва

Проектування виробничої програми ливарного цеху вимагає обґрунтованого вибору технології формоутворення з орієнтацією на впровадження передових методів отримання заготовок. Визначення оптимального способу лиття базується на комплексному аналізі ряду технологічних та економічних критеріїв: типу виробництва (серійності), масо-габаритних характеристик виливків, стану сировинної бази, нормативних вимог щодо розмірної та масової точності, а також цільової собівартості готової продукції.

За сукупністю цих факторів найбільш універсальним і поширеним методом залишається лиття в разові піщані форми. Дана технологія характеризується високою виробничою гнучкістю, що дозволяє отримувати деталі практично необмеженого діапазону мас та габаритів незалежно від обсягів випуску (від одиничного до масового). Відповідно до поставлених техніко-економічних завдань, для спроектованого цеху як базова технологія прийняте саме формування в піщані суміші. Цех великого сталевих лиття складається з ряду дільниць і відділень таких, як:

- відділення приготування суміші;
- формувальне відділення;
- стержневе відділення;
- відділення термообробування;
- заливне відділення.

Цех і його ливарні дільниці за своїм типом відносяться до масового виробництва. Маса виготовлених виливків коливається в межах від декількох кілограмів до декількох тонн. Деталі відливаються для машинобудування.

Ливарний цех входить до складу підприємства і забезпечує виробництво литими заготовками відповідно до номенклатурного плану випуску заготовок. Цех спеціалізується на випуску сталевих лиття вагою від 0 до 500 кг. Основна марка сталі 35Л

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Технологічний процес виготовлення виливків методом лиття в сирі піщано-глинисті форми вимагає наявності великої кількості якісних формувальних і стрижневих сумішей. Виробниче завдання стрижневого відділення і розбивка стрижнів на групи за розмірами, складністю виготовлення, складом стрижневої суміші дозволяють визначати потребу у виробничому обладнанні, транспортних засобах і чисельності робітників.

Формувальне відділення відіграє системоутворюючу роль у структурі ливарного цеху. Саме на етапі формоутворення закладаються базові параметри майбутньої заготовки, що робить цю стадію найбільш критичною та відповідальною у всьому технологічному ланцюгу виробництва виливків.

Головним завданням плавильної дільниці є безперебійне постачання розплаву для потреб формувального відділення. Вибір номенклатури, кількості та сумарної продуктивності плавильних агрегатів суворо регламентується виробничим профілем підприємства, а також інтенсивністю роботи суміжних технологічних вузлів.

Фінішний цикл, що включає вибивання, обрубку та очищення, є завершальною стадією формування придатної продукції. Ступінь очищення поверхні та якість видалення елементів ливниково-живильної системи безпосередньо корелюють зі зручністю базування деталей та загальною трудомісткістю їх подальшої механічної обробки.

Організація виробництва в цеху визначається просторово-часовою маршрутизацією технологічних процесів. Залежно від прийнятої логістики, ливарні цехи функціонують за послідовним або паралельним режимом роботи. Послідовна схема базується на виконанні різних операцій на одних і тих же виробничих площах зі зміщенням у часі (наприклад, у різні зміни). Натомість паралельна організація передбачає синхронне протікання всіх стадій виробництва на просторово розмежованих, спеціалізованих дільницях.

З інженерно-економічної точки зору, паралельний режим є значно ефективнішим порівняно з послідовним. Його впровадження дозволяє мінімізувати тривалість виробничого циклу, оптимізувати коефіцієнт

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

завантаження устаткування та раціональніше використовувати робочі площі цеху. Крім того, така організація процесу сприяє підвищенню стабільності якості лиття за одночасного зниження його собівартості.

При потоковому характері виробництва із застосуванням автоматичних формувальних ліній, стрижневих автоматів і ліній автоматизованих сумішоприготувальних комплексів, як правило, рекомендують застосовувати паралельний тризмінний режим роботи цеху. Змінність роботи при цьому режимі залежить від розмірів і кількості виготовлюваних виливків.

Даний графік роботи є найбільш раціональним, оскільки дозволяє виконати виробничу програму при мінімальному зносі обладнання та парку опок. Для ливарного цеху застосовується тризмінний графік з п'ятиденним робочим тижнем і 8-годинною робочою зміною.

2.4 Розробка технологічного процесу

Виготовлення напівформ здійснюється на автоматичній формувальній лінії фірми Savelli (Італія), в якій використовується пресова автоматична формувальна машина. В якості формувальних сумішей використовуємо єдину суміш. Підведення металу слід проводити по роз'єму напівформи.

Дана технологія дозволяє:

- виключити ударні навантаження на модель при формуванні і при видаленні моделі з форми, що підвищує термін служби модельного оснащення;
- ліквідувати важку працю на операціях формування, приготування суміші та вибивання виливків;
- підвищити точність розмірів і чистоту поверхні виливків за рахунок ліквідації або значного зменшення ливарних ухилів, знизити припуски на механічну обробку;
- зменшити трудомісткість виготовлення форми;
- знизити витрату формувальних і стрижневих сумішей;
- поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці за рахунок заміни

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

струшувального процесу на пресовий;

- істотно знизити собівартість;
- збільшити продуктивність;
- значно знизити відсоток браку.

Для виготовлення ливарної форми застосовується двопозиційна автоматична формувальна машина. Спочатку монтують моделі на дві підмодельні плити, потім їх встановлюють на двопозиційний стіл машини, де вони автоматично обприскуються розділовим складом і на них подаються опоки. Наступний етап: на одну з плит подається формувальна суміш, після чого стіл повертається на 180° і проводиться формування багатоплунжерною пресовою головкою, в цей же час на другу плиту подається формувальна суміш. Потім з першої плити знімають форму, а друга подається під багатоплунжерну головку. Далі цикл повторюється.

2.5 Вибір положення вилівка у формі, визначення розмірів опок та їх кількості

Просторове орієнтування заготовки під час формоутворення має проектуватися з урахуванням мінімізації кількості необхідних стрижнів. Після просторового базування вилівка та визначення площини роз'єму форми проводиться конструювання стрижневого оснащення, функцією якого є формування внутрішніх порожнин та складних елементів зовнішньої геометрії деталі. Загальна інженерна стратегія полягає в максимальному скороченні стрижневої номенклатури за рахунок використання формовочних болванів або конструктивного об'єднання кількох стрижнів в єдиний блок.

При оптимізації кількості та конфігурації стрижнів необхідно дотримуватися наступних технологічних критеріїв:

- забезпечення достатньої будівельної міцності стрижня в сирому (незатверділому) стані для запобігання його руйнуванню;
- наявність конструктивних елементів (знаків) для надійної просторової

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

фіксації та базування стрижня у порожнині форми;

– створення плоских опорних поверхонь для забезпечення стійкості стрижня під час його розміщення на сушильних плитах;

– мінімізація вертикальних габаритів стрижня з метою нівелювання ризиків його осідання або деформації на етапах транспортування та теплової обробки;

– оптимізація геометрії зовнішніх поверхонь для спрощення конструкції стрижневих ящиків, що передбачає відмову від зайвих від'ємних частин та формувальних вкладишів;

– при вимушеному сегментуванні складної порожнини на кілька окремих стрижнів, лінія їх стикування має збігатися з конструктивними переходами геометрії деталі. Кожен окремий сегмент повинен формувати самостійну геометричну поверхню, уникаючи утворення ламаних ліній чи дефектів на ділянках сполучення суміжних стрижнів.

Паралельно з конструюванням оснащення здійснюється підбір опок. Їх габарити та конструктивні типи мають суворо корелювати з технічними характеристиками наявного формувального устаткування, забезпечуючи його максимальне корисне завантаження. Використання опок із надмірно завищеними розмірами (понад необхідні технологічні припуски) є економічно недоцільним, оскільки призводить до перевитрати формувальних матеріалів та збільшення енерго- і трудовитрат на ущільнення суміші.

Мінімальні розміри опок можна визначити, якщо до габаритних розмірів додати деяку відстань, яка наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4-Залежність товщини шару формувальної суміші на різних ділянках форми від маси виливки

Маса виливка, 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 ливником ходом
11 – 25	60	70	40	50	30

Розрахуємо розмір опок для відливання:

Загальна мінімальна довжина (в опоці 2 виливки)

$$L_{\min} = 40 + 550 + 40 = 630 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний розмір опоки 800 мм. Загальна мінімальна ширина (в опоці 2 виливки): $S_{\min} = 40 + 260 + 30 + 30 + 260 + 40 = 660 \text{ мм.}$

Приймаємо стандартний розмір опоки 1000 мм. Загальна мінімальна висота нижньої опоки: $H_{\min} = 70 + 64 = 134 \text{ мм.}$

Приймаємо стандартний розмір опоки 300 мм. Загальна мінімальна висота верхньої опоки: $H_{\min} = 70 + 60 = 130 \text{ мм.}$

Приймаємо стандартний розмір опоки 300 мм.

У роботі і розглядаються опоки розмірами 1000x800x300x300 мм. В опоці розміщені 2 виливка. Оскільки автоматична формувальна лінія працює з різними розмірами опок, а мінімальні габарити застосовуваних опок мають розміри 1000x800x300x300.

2.6 Конструювання модельно-ливарного оснащення

Модельний комплект складається з моделі виливка і елементів ливника-живильної системи, стрижневих ящиків, модельних плит для установки моделі виливки і ливника, сушильних плит, пристосувань для доведення і контролю форм і стрижнів.

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.

Модельний комплект повинен задовольняти наступним вимогам:

— забезпечити отримання виливка певної геометричної форми

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- мати високу міцність і довговічність;
- бути технологічним у виготовленні;
- мати мінімальну масу;
- бути зручним в експлуатації;
- мати мінімальну вартість з урахуванням вартості ремонту;
- зберігати міцність протягом певного часу експлуатації.

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

Формувальні ухили в модельних комплектах за ГОСТ 3212-92. При застосуванні піщано-глинистих сумішей ухили призначають залежно від діаметра або мінімальної ширини, поглиблення або висоти формуютьовуючої поверхні.

Одноразові піщані форми в ливарному виробництві виготовляють в основному в опоках. Опоки для виготовлення виливків застосовуємо сталеві.

У модельний комплект входить:

- модель верху, матеріал АК7ч;
- модель низу, матеріал АК7ч;
- стержневий ящик №1 АК7ч;
- стрижневий ящик №2 АК7ч;
- стрижневий ящик №3 АК7ч;
- стрижневий ящик №4 АК7ч;
- плита модельна сталь 35Л. Усадка на розміри деталі 2%.

Незазначені радіуси заокруглень не більше 5 мм

Формувальні ухили не більше 1:50 в бік збільшення габариту виливки.

2.7 Вибір припусків на механічну обробку

Для кожного класу точності розмірів за ГОСТ Р 53464-2009 визначаємо допуски розмірів, які залежать від серійності виробництва, матеріалу виливки та номінальних розмірів виливки.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Виливок «Головка зчеплення» має:

- 9Т-13 класи точності розмірів;
- 7-15 класи точності маси;
- 5-8 ряди припусків на механічну обробку.

Приймаємо 11 клас точності розмірів, 11 клас точності маси і 7 ряд припусків на механічну обробку.

Призначаємо припуски на механічну обробку на бобишки діаметром 48 мм і 40 мм. Величина припуску складе 5 мм.

Два отвори діаметром 33 мм і один отвір діаметром 26 мм заливаємо металом і виконаємо подальшу механічну обробку.

2.8 Конструювання та розрахунок надливів

При організації живлення виливка технолог, перш за все, повинен проаналізувати конфігурацію виливка з точки зору спрямованості затвердіння. Якщо не організувати живлення з надливів, встановлених для цих зон, то в них утворюються усадочні дефекти. Для забезпечення ефективного живлення необхідно, щоб всі ізольовані один від одного масивні частини отримували живлення з надливів.

Надливи ефективно живлять тільки прилеглі до них частини виливка. Тому при застосуванні місцевих надливів потрібно встановити протяжність зони, ефективно живленої надливом. Така зона називається зоною дії надливу. Вона залежить від товщини стінки виливка біля торців виливка через охолоджуючий торцевий ефект зона дії надливів збільшується. Визначивши протяжність зон дії всіх надливів, встановлених по периметру виливка, можна уточнити, чи правильно обрано їх кількість. Відстань між надливами не повинна перевищувати суму зон їх дії. Надлив розташовують так, щоб метал, що зберігається в надливі в рідкому стані, міг безпосередньо надходити в затвердіваючі частини виливка для компенсації зменшення їх обсягу,

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викликаного усадкою сплаву.

Встановлення надливів є найбільш ефективним способом попередження утворення усадочних раковин і пор у виливках. Надливи можуть використовуватися практично для всіх сплавів, вони особливо ефективні для сплавів, що мають велику об'ємну усадку: сталі, високоміцних чавунів, латуні, бронзи та ін.

Для розрахунку надливів застосовуємо метод Й. Пржибила. Цей метод застосовується для багатьох ливарних сплавів, але більш надійні результати він дає в разі утворення концентрованих усадочних раковин, характерних для сталевих виливків.

Для розрахунку надливу використовуємо формулу:

$$V_n = \frac{V_{n.y.} \cdot \varepsilon_v}{\beta - \varepsilon_v},$$

де β - коефіцієнт економичності надливу (коефіцієнт β залежить від типу надливу: для закритих конічних надливів ($\beta = 0,1 - 0,11$, приймаємо $\beta = 0,11$);

$V_{n.y.}$ - об'єм живленого вузла виливка;

ε_v - об'ємна усадка, що приймає участь у формуванні усадочної раковини.

Виливок «Головка зчеплення» має три термічні вузли, які мають такі обсяги:

$$V_{n.y.1} = 533,5 \text{ см}^3; V_{n.y.2} = 570 \text{ см}^3;$$

$$V_{n.y.3} = 140 \text{ см}^3.$$

Для усунення усадки в першому і другому живлених вузлах встановимо надливи, а в третьому – холодильник.

Розрахуємо обсяги надливів:

$$V_{n1} = \frac{533,5 \cdot 0,04}{0,11 - 0,04} = 304,9 \text{ см}^3;$$

$$V_{n2} = \frac{570 \cdot 0,04}{0,11 - 0,04} = 325,7 \text{ см}^3;$$

Розрахуємо геометричні розміри надливів:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Надливи №1 має прямокутний перетин $V_{n1} = a \cdot b \cdot h$.

Приймаємо $a=2,1$ см, $h=23,6$ см, тоді $b=6,2$ см.

Надливи №2 має круглий перетин

$$V_{n2} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H.$$

Приймаємо $H=22,5$ см, тоді $D=4,3$ см.

Масу надливу розрахуємо за формулою

$$G = V \cdot \rho,$$

Де V – об'єм надливу, см^3 ;

ρ – щільність рідкого металу, г/см^3 .

$$G_{np} = (304,9+325,7) \cdot 7,8 = 4,9 \text{ кг}$$

Розрахуємо масу і розмір холодильника.

Виходячи з розмірів теплового вузла, приймаємо для виготовлення спіралі дріт діаметром 3 мм. Діаметр спіралі D складе 24 мм, крок намотування спіралі t – 5 мм.

Визначимо довжину внутрішнього холодильника :

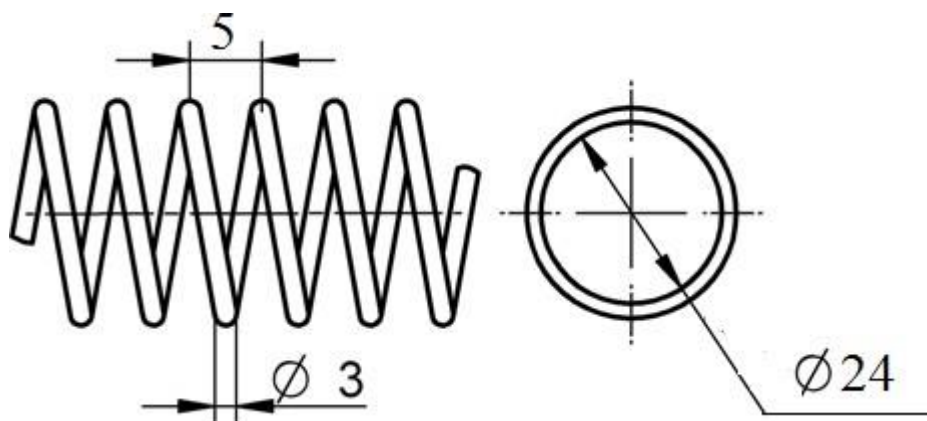
$$l = (0,04 \dots 0,02) \cdot m_y / q,$$

де m_y – маса теплового вузла, кг;

q – маса одного погонного метра спірального холодильника, кг.

$$l = 0,04 \cdot 1,1 / 0,63 = 0,07 \text{ м.}$$

На рисунку 2.4 показано внутрішній холодильник для виливка «Головка зчеплення».



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 2.4 – Внутрішній холодильник.

Маса деталі становить 17,4 кг;

Маса припусків становить 1,2 кг;

Маса надливів становить 4,9 кг.

Маса ливникової системи становить 10-15% від маси залитого металу

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + G_{л.с.},$$

$$G_{л.с.} = 0,1 G_{жс}.$$

$$G_{жс} = N \cdot (G_{отл} + G_{пр}) + 0,1 \cdot G_{жс} = \frac{N \cdot (G_{отл} + G_{пр})}{0,9} = \frac{2 \cdot (18,6 + 4,9)}{0,9} = 52,2 \text{ кг.}$$

2.9 Конструювання та розрахунок ливниково-живильної системи

Для забезпечення нормального заповнення форми металом при заливці необхідно провести розрахунок ливникової системи (живильник, шлакоуловлювач, стояк). Підведення металу до виливки буде здійснюватися по роз'єм.

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

Розрахуємо оптимальний час заповнення форми

$$\tau_{опт} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_{жс}},$$

де S_1 -коефіцієнт, що враховує рідкоплинність сплаву і тип ливникової системи;

δ - переважна товщина стінки виливка, мм;

$G_{жс}$ – маса рідкого металу, що заливається у форму, кг.

$$\tau_{опт} = 1,6 \cdot \sqrt[3]{14 \cdot 52,2} = 14,4 \text{ с.}$$

Розраховану тривалість заповнення форми потрібно уточнити шляхом

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевірки на допустиму лінійну швидкість підйому рівня розплаву. Тому лінійна швидкість підйому рівня розплаву $v_{лр}$ повинна бути в межах допустимої швидкості $v_{кр}$ (для сталі $v_{кр} = 10 - 30$ мм/с).

Значення знаходять за простим співвідношенням:

$$v_{лр} = C/\tau_{онт} ,$$

де C – висота виливки, мм; $\tau_{онт}$ - час заповнення, с.

$$v_{лр} = C/\tau_{онт} = 364/14,4 = 25,2 \text{ мм/с} .$$

Після вибору типу ливникової системи і місця підведення металу до виливка розраховують площі поперечних перерізів і визначають розміри елементів ливникової системи. F_n площа перерізу живильників є вузьким місцем, оскільки маса заливаного металу становить 52,2 кг, то заливка проводиться з поворотних ковшів.

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 незлитін, спаїв і плівок.

Розрахуємо площу вузького місця:

$$F_{н} = \frac{G_{з} \cdot 1000}{\mu \cdot \tau_{онт} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}} ,$$

де ρ - щільність рідкого сплаву, г/см³;

μ - коефіцієнт витрати ливникової системи;

H_p – гідростатичний напір в системі, см;

g – прискорення вільного падіння, 981 см/с².

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C},$$

де H_0 – висота верхньої опоки плюс висота ливника, см;

P – відстань від місця підведення до верхньої частини порожнини форми, см;

C – загальна висота вилівка, см.

$$H_p = 30 - \frac{30^2}{2 \cdot 36,4} = 17,64 \text{ см.}$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{52,2 \cdot 1000}{0,32 \cdot 14,4 \cdot 7,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 17,64}} = 7,81 \text{ см}^2.$$

Оскільки у формі виготовляється два вилівка, а на вилівок два живильники, то отримуємо загальну кількість живильників - чотири.

Тоді площа живильника дорівнює:

$$F_{\text{нит}} = 7,81/4 = 1,95 \text{ см}^2.$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 7,81 \cdot 1,2 = 9,37 \text{ см}^2 .$$

Оскільки у формі знаходиться два шлакоуловлювачі, то площа кожного шлакоуловлювача становить:

$$F_{\text{шл}} = 9,37/2 = 4,685 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{ст}} = 7,81 \cdot 1,4 = 10,93 \text{ см}^2$$

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

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

Знайдемо діаметр верху і низу стояка:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$D_{ст.в.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10,93}{3,14}} = 3,7 \text{ см.}$$

$$D_{ст.в.} = D_{ст.н.} + 0,3 = 3,7 + 0,3 = 4 \text{ см.}$$

$$D_{г} = H_{г} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ см.}$$

На практиці найчастіше застосовують трапецієподібні живильники і шлакоуловлювачі, для вилівка «Головка зчеплення» приймемо трапецієподібні шлакоуловлювач і живильник.

Розрахуємо геометричні розміри живильника, приймемо нижню основу рівною a , верхню $b=0,8a$ і висоту h рівною 1,3 (оскільки ребро в місці підведення має товщину 13 мм), отже, площа живильника дорівнює $1,8a \cdot h/2$:

$$F_{нзм} = 1,8a \cdot h/2 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot F_{нзм}}{1,8 \cdot h} = \frac{2 \cdot 1,95}{1,8 \cdot 1,3} = 1,67 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 1,67 = 1,34 \text{ см.}$$

розрахуємо геометричні розміри шлакоуловлювача, приймаємо нижню основу рівною a , верхню $b=0,8a$ і висоту $h = 0,9a$, отже, площа шлакоуловлювача дорівнює $0,81a^2$:

$$F_{шз} = 0,81a^2 \Rightarrow a = \sqrt{\frac{F_{шз}}{0,81}} = \sqrt{\frac{4,685}{0,81}} = 2,4 \text{ см.}$$

$$b = 0,8 \cdot 2,4 = 1,92 \text{ см.}$$

$$h = 0,9 \cdot 2,4 = 2,16 \text{ см.}$$

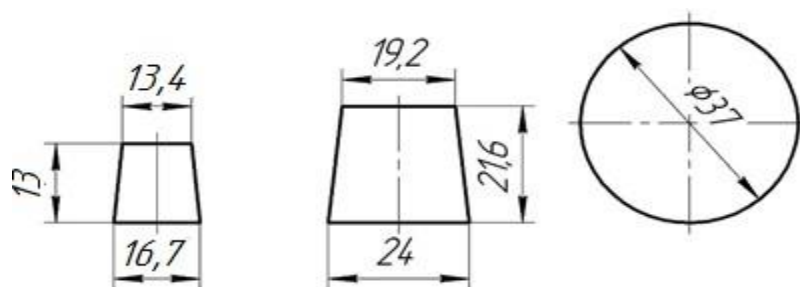


Рисунок 2.5 – Перерізи елементів ливної системи

2.10 Формувальні та стрижневі суміші

Єдині суміші застосовують при машинному та автоматичному формуванні в цехах серійного та масового виробництва. При переробці для повторного застосування в них вводять достатню кількість свіжих матеріалів для надання високих технологічних властивостей. Контроль відповідності хімічного складу здійснюється спеціальними датчиками, якими оснащений вихровий змішувач SGMТ, що входить в комплект автоматичної формувальної лінії фірми «Savelli» (Італія).

До стрижневої суміші пред'являються більш високі вимоги, ніж до формувальної щодо міцності, газопроникності, газотворності, податливості, вибиваності і вогнетривкості, оскільки під час заливки і охолодження металу в формі, стрижні більшою мірою стикаються з металом і інтенсивніше прогріваються.

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 і фізико-механічні властивості формувальних і стрижневих сумішей

Найменування	Складові суміші в % за об'ємом	
	Єдина суміш	Стрижнева суміш
Суміш оборотна;	92-90	–
Пісок кварцовий ГОСТ 2138-91;	6,5-8	100
Глина вогнетривка ТУ 14-8-262-78;	1,0-1,5	3
Скло рідке;	–	4
Вода;	2-4	0-2
Тривалість перемішування, хв.	1,9	1,9
Вологість, %;	2,8-3,5	2,8-3,5
Газопроникність, од.;	110-120	120
Міцність на стиск у сирому стані, кг/см ² ;	0,07-0,12	0,08-0,15

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.11 Виготовлення форм і стрижнів. Виготовлення напівформ.

Технологічний цикл підготовки, складання та вибивання форм.

1. Підготовка та формування. Процес розпочинається з послідовного подавання нижніх і верхніх опок до формувального агрегату за допомогою транспортно-демпфуючої системи. Попередньо здійснюється комплексне очищення внутрішніх і горизонтальних поверхонь опок, а також їхніх центруючих елементів (штирів та втулок).

Цикл формування реалізується шляхом підйому модельного оснащення з опокою та наповнювальною рамкою до пресової головки. Заповнення робочого об'єму сумішшю здійснюється навалом (із можливістю вакуумування), після чого застосовується комбінований метод ущільнення: вплив повітряного потоку в поєднанні з пресуванням. Екстракція моделі (протяжка) виконується за допомогою носія підмодельної плити. Конструкція агрегату дозволяє здійснювати внутрішню зміну модельного оснащення за допомогою поворотної хрестовини, а зовнішню — через систему підйомного столу та роликового конвеєра без порушення такту лінії.

2. Обробка напівформ та проставляння стрижнів. Після формування напівформи піддаються кантуванню на 180° для орієнтації верхньою частиною вгору. Задня стінка форми калібрується поперечним сумішзрізним ножем, після чого в автоматичному режимі наноситься протипригарне покриття.

Транспортна система розподіляє потоки: нижня опока позиціонується на візку головної лінії, а верхня — спрямовується на паралельну гілку. У зоні витяжних ковпаків забезпечується ефективно видалення газів. На ділянці проставляння стрижнів реалізується комбінована схема: автоматизоване встановлення стрижнів маніпулятором та ручне позиціонування за допомогою попередньо укомплектованих монтажних шаблонів.

3. Складання та заливання. На позиції складання нижня опока фіксується нерухомо, тоді як верхня напівформа у «плаваючому» стані центрується за

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

допомогою підйомного механізму, накладається на нижню та автоматично скріплюється. В лінії верхніх опок виконується механічна обробка ливникової системи (фрезерування та полірування чаші) і свердління вентиляційних каналів (до 16 каналів за два кроки).

Остаточне замикання форми проводиться з використанням прецизійних центруючих штирів і втулок. Заливання здійснюється поворотним ковшем, після чого за допомогою поперечно-транспортного пристрою форми спрямовуються на дільниці охолодження.

4. Вибивання та регенерація. Охолоджені форми транспортуються до вузла вибивання, де відбувається їхнє автоматичне розкріплення та розділення. Піщаний ком видавлюється з опоки, а внутрішні поверхні оснащення проходять очищення. Відпрацьована суміш потрапляє на стаціонарну віброрешітку для подрібнення та через систему жолобів повертається до контуру регенерації.

Синхронізація передачі виливків забезпечується блокувальним пристроєм, що узгоджує рух сепараційного жолоба з механізмом опускання. На фінальному етапі порожні верхні та нижні опоки по черзі вкладаються на роликівий транспортер для повернення до формувального агрегату, що замикає тактовий цикл лінії.

Виготовлення стрижнів

Набивання стрижнів проводиться на пневматичних, струшувальних, з перекидним столом стрижневих машинах мод. 23229A2A і мод.243. Машинне набивання стрижня в порівнянні з ручним має ряд переваг: полегшує працю, підвищує її продуктивність, дозволяє отримувати виливки з більш точними розмірами.

При виготовленні стрижнів враховується, в яких умовах стрижень буде перебувати при повному або частковому контакті з рідким металом. Від умов роботи стрижня залежать основні моменти його виготовлення і склад суміші, який задається технологічними вказівками на кресленні.

При застосуванні стрижневої машини, пневматичної, струшувальної, з

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

перекидним столом після ущільнення суміші струшуванням стрижневий ящик закріплений на столі, разом з тим, що знаходиться в ньому стрижнем і сушильною плитою (вона закріплена ручними або пневматичними затискачами) перекидається на 180° і встановлюється на приймальному столі. Стрижень витягується з ящика при опусканні приймального столу. Розштовхування стрижня в ящику здійснюється за допомогою вібратора, закріпленого на столі машини, що дає можливість отримувати стрижні більш точних розмірів в порівнянні з ручним формуванням.

Сушіння стрижнів проводять у горизонтальному конвеєрному сушильні.

2.12 Вибір способу складання форм, вентиляція форми

Якість складання форми є критичним фактором, що безпосередньо корелює з розмірною точністю вилівка, мінімізацією утворення заливів та загальною трудомісткістю фінішних обрубних операцій. Цей етап технологічного процесу вимагає суворої послідовності дій: підготовки напівформ і стрижнів, прецизійного встановлення стрижневого оснащення, інструментального контролю його позиціонування та герметичного накриття нижньої напівформи верхньою.

Процес стрижневого координування: Встановлення стрижнів реалізується в чіткій послідовності, регламентованій складальними кресленнями або технологічними картами. Основним завданням на цьому етапі є забезпечення точного поєднання стрижневих знаків із відповідними відбитками у формі, що гарантує просторову стійкість оснащення під час заливання. Верифікація правильності встановлення стрижнів та цілісності елементів ливниково-живильної системи здійснюється за допомогою спеціалізованих контрольних шаблонів.

Система фіксації та протидії металостатичному тиску: Для запобігання розкриттю форми під впливом виштовхувальної сили рідкого металу в автоматичних лініях застосовується інтегрована система механічної фіксації

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

(захватів). Конструктивно цей механізм реалізований через проходження захватів між подвійними стінками опоки: пристрій створює попередній натяг, зачіпляючи верхню опоку та надійно фіксує у нижній. Система автоматично роз'єднує захвати на етапі, що передують вибиванню піщаного кома.

Механізми прецизійного центрування: Висока точність суміщення напівформ забезпечується дворівневою системою базування:

Основне центрування: реалізується через систему прецизійно розташованих напрямних штирів та втулок безпосередньо в опоках.

Попереднє центрування: здійснюється за допомогою додаткового гідравлічного вузла, що складається з двох циліндрів та загартованих напрямних втулок. Ця система дозволяє виключити перекося напівформ під час їхнього зближення, забезпечуючи стабільність геометричних параметрів виливків.

2.13 Вибивання, обрубка, очищення

Після завершення процесів заливання та кристалізації металу в опоках форми спрямовуються на дільницю вибивання. В автоматизованому комплексі виробництва «Savelli» передбачено спеціалізований механізм екстракції — стріпер. Технологічний цикл передбачає зняття опоки з палети та її позиціонування над вибивним грохотом. Гідравлічна система фіксує покривну плиту, що дозволяє вертикально відтягнути опоку, мінімізуючи висоту падіння кома на решітку. Така кінематика процесу забезпечує найкоротшу дистанцію до розділового жолоба, що є критично важливим для збереження структурної цілісності виливків та запобігання механічним пошкодженням.

Транспортування відпрацьованої суміші на дільницю регенерації та підготовки здійснюється за допомогою роликівих візків, оснащених напрямними елементами. Паралельно виконується операція первинної обрубки — відокремлення елементів ливниково-живильної системи (ливників та додатків). Для цього застосовується комплекс інструментів: від ручних ударних засобів до пневматичних молотків та механічних різаків.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Процес фінішного очищення спрямований на видалення з поверхні виливків залишків пригорілої формувальної та стрижневої мас, а також ліквідацію геометричних невідповідностей (залівів, задирок та слідів відрізання ливників). Механізація цих робіт на дільниці обрубки базується на експлуатації наступного парку обладнання:

- односторонні обдирно-шліфувальні верстати;
- спеціалізовані зачисні машини (модель 0Л9968-205);
- ручний пневматичний інструмент, укомплектований твердосплавними борфрезами.

Завершальним етапом є комплексна верифікація виробів відділом технічного контролю (ВТК). За наявності незначних дефектів на невідповідальних ділянках поверхонь допускається їх технологічне виправлення методами електродугового або газового зварювання. Вироби, що відповідають усім вимогам технічних умов, відвантажуються замовнику. Виливки з критичними дефектами, які не підлягають відновленню, класифікуються як брак і спрямовуються на вторинну переплавку.

2.14 Термічна обробка

Термічна обробка металевих сплавів являє собою контрольований цикл теплового впливу, що включає стадії нагрівання, ізотермічної витримки та охолодження з заданою швидкістю. Основним механізмом даного процесу є цілеспрямована модифікація внутрішньої мікроструктури та фазового складу твердої речовини для досягнення необхідного комплексу фізико-механічних характеристик.

Функціональне призначення термообробки: У сучасному машинобудуванні термічна обробка класифікується за цільовим призначенням на дві основні категорії:

1. Фінішне зміцнення: формування експлуатаційних властивостей (висока міцність, зносостійкість, твердість) критично важливих вузлів, таких як

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

колінчасті вали двигунів внутрішнього згоряння.

2. Технологічна (проміжна) підготовка: зниження твердості та покращення пластичності заготовок для оптимізації їхньої подальшої механічної обробки або пластичної деформації.

Оптимізація механічних властивостей шляхом термічного впливу дозволяє інженерам застосовувати сплави більш раціонального хімічного складу, одночасно підвищуючи допустимі напруження в конструкціях. Це сприяє зниженню металоємності вузлів при суттєвому зростанні їхньої надійності та довговічності. Статистично зміцнювальній обробці піддається близько 40% продукції машинобудування, що підкреслює стратегічну важливість цих процесів.

Особливості обробки сталевих виливків: заготовки, отримані методом лиття, первинно характеризуються неоднорідною крупнозернистою структурою та значними залишковими напруженнями. Дифузійні та перекристалізаційні процеси під час нагрівання дозволяють нівелювати ці недоліки, забезпечуючи перетворення структури та підвищення показників в'язкості, ізотропності та оброблюваності металу.

Класифікація методів термічного та комбінованого впливу: основними видами термічної обробки, що застосовуються до сталевих виливків, є:

- відпал та нормалізація: для стабілізації структури та зняття напружень;
- гартування та відпуск: для досягнення заданого балансу міцності та пластичності;
- хіміко-термічна обробка (ХТО): для дифузійного насичення поверхневих шарів елементами, що підвищують корозійну стійкість та твердість;
- термомеханічна обробка (ТМО): поєднання теплового та деформаційного впливів.

Параметризація циклу обробки (температурний поріг, тривалість витримки та кінетика охолодження) є визначальною для формування кінцевих експлуатаційних показників виробу в межах заданої технічної специфікації.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Сталь 35Л 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 – ферито-перлітна.

2.15 Контроль якості

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

На якість виливки впливає якість залитого металу, 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, 1560-1600 °С. 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:

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

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

Існують різні види контролю якості:

- контроль фізико-механічних властивостей оборотної суміші на

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

газопроникність, міцність, на стискання в сирому стані, глиниста складова, зерновий склад, вміст оксидів алюмінію, кремнію і заліза. Контроль всіх параметрів здійснюється в ЦДЛ (центральна дослідна лабораторія);

- контроль фізико-механічних властивостей стрижневої суміші на газопроникність, міцність, на стискання в сирому стані, глиниста складова, зерновий склад;

– контроль сталі в кислій електропечі на вміст хімічних елементів;

– контроль механічних властивостей: межа плинності, відносне подовження, відносне звуження, ударна в'язкість;

– контроль стрижнів візуально;

– контроль виготовлення напівформ на щільність набивання;

– контроль заливки;

– контроль опочного оснащення;

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

-
- контроль модельного оснащення, шляхом розмітки виливків на відповідність кресленню;
- контроль термічної обробки на якість (структура металу);
- контроль фізико-механічних властивостей виливка в ЦДЛ;
- контроль якості виливків візуально на наявність дефектів. У разі виявлення дефектів після термообробки в механічних цехах підлягають виправленню, якщо їх розміри не перевищують вимоги відповідних.

При контролі хімічного складу, відлиті зразки перевіряють в цеховій лабораторії методом спектрального аналізу, оскільки цей спосіб визначення швидший, але при необхідності проводять хімічний аналіз. Перевіряється кожна партія виливків.

При контролі механічних властивостей, випробування проводять на спеціально відлитих зразках (пробах). При контролі даного виливка визначають межу міцності при розтягуванні і відносне подовження.

Виливки перевіряють на відповідність їх кресленню. Контроль виконують на розмічальній плиті лінійкою, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами та іншими вимірювальними інструментами.

Мікроструктуру виливків перевіряють за спеціальними зразками (пробами), на яких виготовляють шліфи.

2.16 Заходи щодо запобігання дефектів, способи усунення

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

Газові раковини. Виникають в основному через погану вентиляцію форми (низька газопроникність, відсутність наколів - газовідводів). Газові раковини

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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.

Спай і недолив у виливках утворюється від нерозлитих потоків металу, які втратили рідкоплинність до заповнення всієї форми. Такі потоки виходять при заливці форми недостатньо перегрітим металом через живильники малого перетину, при надмірно вологій формувальній суміші або недостатній газопроникності формувальної суміші.

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

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 ливника-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.

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 в процесі плавки.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.02 ТЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ СТРИЖНІВ

Серед технологій виготовлення стрижнів, що застосовуються в ливарних цехах, за способами затвердіння виділяють чотири види процесів, які реалізуються при використанні холодного («Cold-Box») або гарячого («Hot-Box») стрижневого оснащення:

- процеси на основі сполучних композицій без застосування каталізаторів;
- процеси на основі сполучних композицій без застосування каталізаторів з використанням теплової сушки стрижнів;
- процеси на основі сполучних композицій із застосуванням каталізаторів за рахунок тепла нагріваної оснастки («Hot-Box»);
- процеси на основі сполучних композицій із застосуванням газоподібних каталізаторів.

Перший і другий види процесів орієнтовані на виробництво стрижнів і виливків ручним та механізованим способом і не використовують можливості каталітичного прискорення затвердіння суміші, третій і четвертий — застосовуються для високопродуктивного автоматичного обладнання та базуються на принципах термічного або хімічного каталітичного затвердіння. Слід зазначити, що процес виготовлення стрижнів із використанням теплової сушки має обмежене застосування, оскільки не відповідає сучасним технічним вимогам, що висуваються до якості та точності виливків, не забезпечує стабільної якості стрижнів, відрізняється високою рудомісткістю, енергоємністю та важкими умовами праці робітників. Крім того, процеси отримання стрижнів у нагрівальному оснащенні досить інтенсивно витісняються

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнієнко С.О.			ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ СТРИЖНІВ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сайтгареев Л.Н.				1	21	
Н. Контр.		Сайтгареев Л.Н.			МТ-23-2ск			
Затверд.		Бабошко Д. Ю.						

більш сучасними процесами холодного затвердіння з використанням газоподібних каталізаторів.

3.1 Ручне виготовлення стрижнів

Ручне виготовлення стрижнів використовують в умовах одинично го та м дрібносерійного виробництва. Особливості процесу виготовлення стрижня багато в чому визначаються конструкцією стрижневої коробки, яка залежить насамперед від конфігурації та розмірів стрижня, а також від кількості виготовлюваних виливків. Стрижні виготовляють за *нероз'ємними та роз'ємними стрижневими ящиками, за витрушувальним ящиком зі знімними стінками, за нерухомими та протяжними шаблонами.*

Усі способи ручного виготовлення стрижнів мають *загальні основні технологічні операції.*

Підготовка стрижневої форми. Перед заповненням стрижневої форми сумішшю перевіряють її комплектність і справність, наявність знімних частин, оправ, каркасів, шаблонів. Для запобігання прилипанню суміші всі внутрішні частини форми очищають і наносять розділове покриття.

Заповнення стрижневого ящика сумішшю та її ущільнення. Спочатку насипають у стрижневий ящик суміш шаром 30–60 мм і поступово ущільнюють її гострокінцевою трамбівкою. Особливо ретельно ущільнюють вузькі порожнини та поглиблення. Потім встановлюють дрiт для зміцнення виступаючих частин стрижня, продовжують насипати та ущільнювати суміш до 3/4 висоти порожнини стрижневого ящика. Після цього в ущільнену суміш опускають змочений рідкою глиною каркас, дотримуючись відстані до стінок коробки 20–60 мм, заповнюють коробку до верху сумішшю та ущільнюють.

Забезпечення газопроникності стрижня. У процесі виготовлення стрижня прагнуть забезпечити надійний відвід газів з усіх віддалених ділянок і виступаючих частин за допомогою газопровідних вентиляційних каналів через отвори. При цьому гарячі гази прагнуть вгору і краще видаляються через верхні

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

отвори.

Видалення стрижня зі стрижневого ящика. Після ущільнення суміші на стрижневий ящик накладають сушильну плиту, закріплюють

її разом із коробкою перевертають на 180°. Коробку зі стрижнем обстукують з усіх боків молотком для кращого відокремлення стрижня від стінок коробки, піднімають коробку, стрижень залишається на сушильній плиті.

Оздоблення стрижня. Цю операцію виконують відразу після вилучення стрижня. виправляють пошкоджені місця, шпильками зміцнюють виступаючі частини, виконують вентиляційні канали, вирізають підйоми для забезпечення можливості зачеплення підйому гаком під час транспортування стрижня. Потім стрижень ретельно фарбують протипригарною фарбою (крім поверхонь знаків) і сушать у сушильних печах.

З'єднання та контроль стрижнів. Великі та дрібні стрижні складної конфігурації доцільно виготовляти по частинах, а потім з'єднувати ці частини в одне ціле. Перед склеюванням частин стрижня зачищають площини з'єднання в спеціальних кондукторах, після чого на площину наносять пензлем шар клею і з'єднують частини. З'єднувальні шви закладають спеціальною замазкою, виправляють пошкодження, стрижні знову фарбують і сушать.

Підготовка стрижнів до складання. Готові стрижні перевіряють за зовнішнім виглядом. При складанні форм не допускається використання стрижнів з дефектами поверхні, тріщинами, відколами, недостатньо просушених і пофарбованих. При виготовленні виливків з великою кількістю стрижнів проводять комплектування, підбирають усі необхідні для складання форми стрижні на одну плиту (етажерку) і направляють на ділянку складання. Дрібні та складні за формою стрижні укладають у спеціальні ящики, що виключають пошкодження під час транспортування. Особливості технологічних процесів виробництва стрижнів обумовлюються типом стрижневого ящика.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

3.1.1 Виготовлення стрижнів за нероз'ємним стрижневим ящиком

У нерозбірних витрушувальних коробках виготовляють прості за конфігурацією масивні стрижні (рис. 3.1). Після очищення стрижневий ящик 1 покривають розділовим складом, заповнюють стрижневою сумішшю 4, встановлюють каркаси 2, ущільнюють суміш ручними або пневматичними трамбовками, потім зчищають надлишок суміші, роблять вентиляційні канали 3 (рис. 3.1, а) і накладають сушильну плиту 5 (рис. 3.1, б).

Після цього ящик з плитою повертають на 180° (рис. 3.1, в), обстукують його дерев'яною киянкою для відокремлення стрижня б від стінок і знімають (рис. 3.1, г).

Готовий стрижень, що залишається на плиті, направляють у сушильну піч.

Більш складні за конфігурацією стрижні можуть бути виготовлені у витрушувальних ящиках з вкладишами.

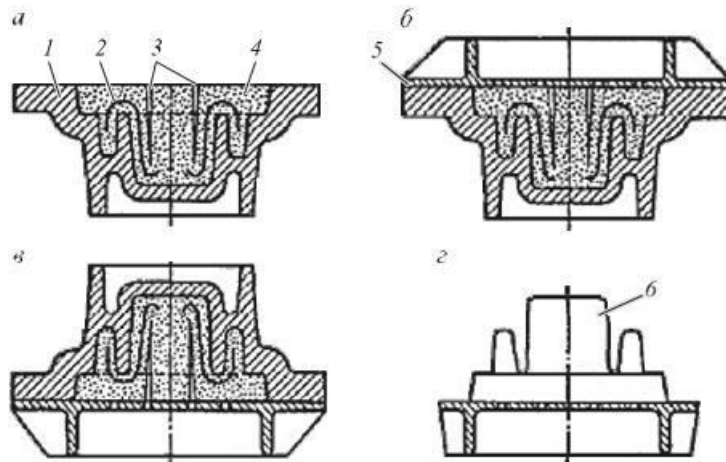


Рисунок 3.1 - Послідовність виконання технологічних операцій виготовлення стрижня за допомогою нероз'ємного витрушувального ящика:

а – ущільнення суміші та виконання вентиляційних каналів; б – установка сушильної плити; в – поворот ящика з плитою на 180°; г – зняття стрижневого ящика; 1 – стрижневий ящик; 2 – каркас; 3 – вентиляційні канали; 4 – стрижнева суміш; 5 – сушильна плита; б – стрижень.

3.1.2 Виготовлення стрижнів за допомогою розбірного стрижневого ящика

При виготовленні за допомогою розбірного коробця (рис.3.2) стрижень або забивають у зібраному коробці через відкриту знакову частину, або окремо формують половинки коробця і, засипаючи в них стрижневу суміш 2 та ущільнюючи її трамбуванням 1 (рис. 3.2, а). При формуванні в стрижень встановлюють каркас 3 (рис.3.2, б) і в обох половинах стрижня прорізають вентиляційні канали 4 (рис. 3.2, в). Поверхні з'єднання стрижня змащують клеєм і обидві половинки ящика з'єднують (рис. 3.2, г). Потім ящик обстукують і знімають верхню половинку ящика 5 (рис. 3.2, д). На стрижень 7 накладають фасонну сушильну плиту (драйер) 8 і разом з нею повертають на 180°, після чого знімають нижню половинку ящика 6. Готовий стрижень разом з плитою направляють у сушильну піч (рис. 3.2, е).

З'єднання половинок стрижня виконують і без склеювання, шляхом подачі в одну з половинок коробки надлишкової кількості суміші та її ущільнення при з'єднанні наповнених сумішшю половинок ящика. У ряді випадків склеювання проводять після висушування половинок стрижня.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

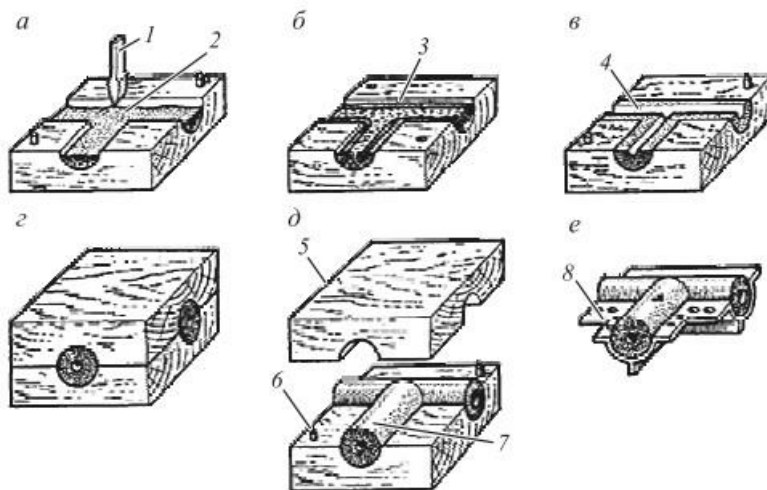


Рисунок 3.2. - операцій виконання технологічних виготовлення стрижня за роз'ємним ящиком:

a – засипання та ущільнення стрижневої суміші в кожній з половин стрижневої форми; *б* – встановлення каркаса; *в* – влаштування вентиляційних каналів; *г* – з'єднання половин коробки та склеювання стрижня; *д* – зняття верхньої половини коробки; *е* – готовий стрижень на сушильній плиті; *1* – ручне трамбування; *2* – стрижнева суміш; *3* – каркас; *4* – вентиляційні канали; *5* – верхня половинка коробки; *6* – нижня половинка коробки; *7* – стрижень; *8* – сушильна плита.

3.1.3 Виготовлення стрижнів за витрушувальним ящиком зі знімними стінками

Процес формування стрижня у витрушувальному ящику зі знімними стінками (рис.3.3) виконують у такій послідовності. Стержневий ящик *1* частково заповнюють стержневою сумішшю, яку ущільнюють, розміщують у частинах стрижня сталеві гачки та вдавлюють у суміш торці каркаса *2* (рис. 3.3, *a*). Встановлюють у коробку модель *3* для оформлення порожнини під пористий заповнювач, а простір, що залишився між стінками коробки та моделлю, засипають стрижневою сумішшю, яку ущільнюють (рис. 3.3, *б*). Видаляють із середньої частини стрижня модель *3*, а з боку утвореної порожнини душником наколюють вентиляційні канали *5*. Середину стрижня засипають пористим

заповнювачем 4 і виконують усі наступні технологічні операції з формування верхньої частини (рис. 3.3, в). На ящик зі стрижнем накладають сушильну плиту 6 (рис. 3.3, з), перевертають ящик разом із сушильною плитою на 180° і піднімають вгору корпус стрижневого ящика 7 (рис. 3.3, д). Обстукують стінки ящика, потім відводять від стрижня стінку 9 вправо, стінку 8 вліво (рис. 3.3, е). Наступні операції обробки та сушіння стрижня виконують за встановленою технологією.

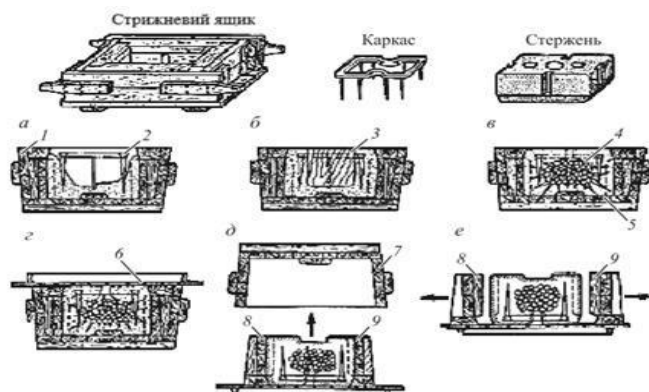


Рисунок 3.3 - Послідовність виконання технологічних операцій виготовлення стрижня за витрушувальним ящиком зі знімними стінками (а–е):
 1 – стрижневий ящик; 2 – каркас; 3 – модель; 4 – пористий наповнювач; 5 – вентиляційні канали; 6 – сушильна плита; 7 – корпус стрижневого ящика; 8, 9 – стінки ящика.

3.1.4 Виготовлення стрижнів за шаблонами

В індивідуальному виробництві великих стрижнів, що мають форму тіл обертання або велику довжину з постійним поперечним перерізом, для їх виготовлення застосовують спосіб формування за нерухомим шаблоном або за протяжним шаблоном.

Виготовлення стрижня за нерухомим шаблоном (рис. 3.4, а) починають із підготовки каркаса у вигляді труби з отворами та отворами на торцях, через які проходить вісь обертання. Вісь спирається на стійки пристрою і разом із каркасом обертається за допомогою рукоятки, що надягається на вісь. На трубу каркаса намотують джгут (мотузку) з органічних матеріалів, наносять шар

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

пластичної глини товщиною 10–15 мм, вирівнюють фасонним різцем, виконують вентиляційні отвори. Далі шарами по 20–30 мм наносять суміш і надають стрижню необхідну форму за допомогою шаблону або різця під час обертання каркаса. Використовуючи осі, стрижень переміщують у сушилку, після сушіння остаточно обточують за допомогою шаблону, обробляють, фарбують, сушать і відправляють на складання.

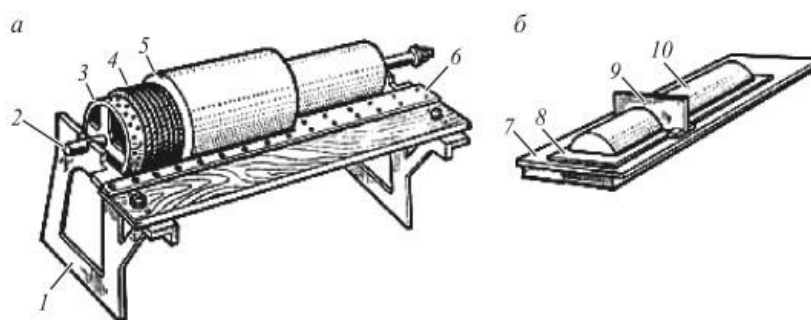


Рисунок 1.4 - Послідовність виконання технологічних операцій виготовлення стрижнів: *а* – за нерухомим шаблоном; *б* – за протяжним шаблоном; 1 – стійки; 2 – осі; 3 – каркас; 4 – джгут; 5 – суміш; 6 – нерухомий шаблон; 7 – сушильна плита; 8 – рамка; 9 – протяжний шаблон; 10 – стрижень.

Виготовлення стрижня за витяжним шаблоном (рис. 3.4, б) здійснюють у такій послідовності. На сушильну плиту укладають контурну рамку, внутрішній проріз якої відповідає розміру стрижня. По центру рамки насипають шар стрижневої суміші товщиною 20–40 мм, ущільнюють його, укладають на нього каркас і шар пористого наповнювача. Потім поступово насипають і ущільнюють наступні шари суміші, надаючи їм форму, близьку до конфігурації стрижня. Остаточну форму стрижня надають за допомогою шаблону, переміщуючи його вздовж рамки. Далі стрижень загладжують, знімають з нього рамку і відправляють на сушильну плиту для просушування. Після сушіння та фарбування стрижень склеюють.

3.2 Виготовлення стрижнів на стрижневих машинах і автоматах

Стрижневі машини та автомати застосовуються переважно в ливарних цехах, де виробництво має масовий та великосерійний характер. В основі роботи такого обладнання лежить принцип виготовлення стрижнів із затвердінням безпосередньо в оснастці. Для скорочення часу циклу виготовлення стрижнів і забезпечення високої продуктивності обладнання при затвердінні стрижнів застосовують способи термічного або хімічного прискорення реакцій зміцнення. З цією метою використовують нагрівання оснащення («Hot-Box»-процеси), а також введення рідких або газоподібних каталізаторів («Cold-Box»-процеси)..

Машинне виготовлення стрижнів має такі переваги:

- отримання більш точних, міцних і стабільних за властивостями стрижнів;
- підвищення продуктивності праці при виготовленні стрижнів;
- зниження трудомісткості.

У сучасному виробництві для виготовлення разових стрижнів застосовують різні конструкції машин, які механізують ущільнення суміші в ящику, кантування ящика та витягання стрижня.

3.2.1 Виготовлення стрижнів за технологією «Cold-Box»

При виготовленні стрижнів на сучасних стрижневих машинах і автоматах за технологічними процесами «Cold-Box» використовується обладнання переважно з піскодувним і пікострільним способами ущільнення суміші. Широко поширені також струшувальні, пресові, піскометні та мундштукові машини.

Виготовлення стрижнів на струшувальних і пресових машинах.

На *струшувальних машинах* виготовляють середні та великі стрижні в нероз'ємних ящиках. Подальшого поширення набули струшувальні стрижневі машини з перекидним і поворотним столом. При цьому застосовують металеві,

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

дерев'яні та пластмасові стрижневі ящики. За конструкцією машини з перекидним столом (рис. 3.5) складаються зі струшувального механізму 1 з плитою 2, на якій лежить перекидний стіл 3. Після ущільнення стрижня у стрижневому ящику перекидний стіл повертається на 180° за допомогою важелів 4 і тяг 5, що приводяться в рух гідравлічним приводом 7, і

встановлюється на приймальний рольганг 6. Підйом і опускання приймального рольгангу 6 здійснюється гідравлічним приводом 8. Стрижневий ящик жорстко кріпиться до перекидного столу. Строго вертикальна установка ящика в момент вилучення з нього стрижня на приймальний конвеєр здійснюється за допомогою нівелювальних брусів 9 з пневмоприводом. Кріплення сушильних плит до стрижневого ящика перед його поворотом здійснюють вручну або за допомогою спеціальних пневматичних пристроїв.

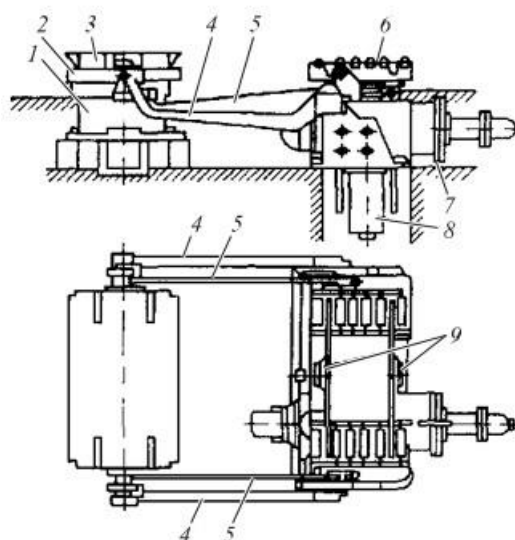


Рисунок 3.5 - Пристрій струшувальної машини з перекидним столом:

1 – струшувальний механізм; 2 – плита; 3 – перекидний стіл; 4 – важелі; 5 – тяги; 6 – приймальний рольганг; 7, 8 – гідравлічні приводи; 9 – нівелювальні бруси.

На струшувальних машинах застосовується швидкозмінне оснащення з міцної алюмінієвої або дерев'яної обойми, в яку встановлюють 1–4 ящики для виготовлення стрижнів різних розмірів. Виготовлення стрижнів на струшувальних машинах проводять за такою технологією:

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1) ящик для стрижнів закріплюють на столі машини, засипають невеликий шар суміші та злегка ущільнюють його пневматичним трамбуванням, особливо ретельно під виступаючими частинами та в бічних поглибленнях ящика;

2) на шар суміші встановлюють каркас, через його вікна засипають пористий наповнювач, змочений рідкою глиною, і злегка утрамбовують суміш;

3) ящик з «верхом» заповнюють стрижневою сумішшю, яка ущільнюється при струшуванні столу машини;

4) верхній шар суміші додатково ущільнюють пневматичним трамбуванням і видаляють надлишок;

5) на ящик укладають сушильну плиту, її закріплюють за допомогою пристосування;

6) стіл машини з ящиком і плитою перевертають на 180° і передають на приймальний стіл;

7) після звільнення плити від кріплення протяжним пристроєм приймального столу стрижень з вкладишами залишається на сушильній плиті, а ящик повертається у вихідне положення;

8) видаляють вкладиші;

9) стержень обробляють, фарбують і направляють на сушку.

На *пресових машинах* виготовляють дрібні та середні стрижні простої конфігурації шляхом ущільнення стрижневої суміші пресуванням. Стрижневий ящик із попередньо встановленою на ньому наповнювальною рамкою заповнюють сумішшю, після чого під дією зусилля пресової колодки ущільнюють суміш. Об'єм наповнювальної рамки розраховують з урахуванням отримання стрижня заданої висоти та необхідної щільності. Характер розподілу щільності стрижня по висоті показує, що ступінь ущільнення суміші більший у верхній частині стрижня і менший у його нижній частині. При цьому в горизонтальному напрямку вона падає значно більше, ніж у вертикальному.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Виготовлення стрижнів на піскоструминних і мундштукових машинах.

На *піскоструминних машинах* виготовлення стрижнів здійснюється так само, як і піскоструминне ущільнення форм (див. рис. 6.13). Цей метод використовують переважно для отримання стрижнів середніх і великих розмірів у дерев'яних і металевих ящиках, в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. Даний спосіб, як і піскодувний, поєднує операції заповнення та ущільнення суміші. Ущільнення суміші відбувається за рахунок кінетичної енергії окремих пакетів суміші, що викидаються ковшами піскометної головки. На початку ущільнення піскометну головку переміщують уздовж стінок і внутрішніх перегородок стрижневих ящиків, а потім у проміжках між ними. Ущільнення суміші виконують пошарово. При такій послідовності суміш у поглибленнях і під невеликими виступами на вертикальних стінках ящика доущільнюється бічним тиском, що виникає під ударами окремих пакетів суміші. Після наповнення ящика сумішню наносять ще деякий додатковий шар суміші, який потім зрізають. Цей прийом дозволяє відмовитися від доущільнення верхнього шару в ящику ручним або пневматичним трамбуванням.

На *мундштучних машинах* (рис. 3.6) виготовлення стрижнів здійснюється в масовому та серійному виробництві (наприклад, при виготовленні литих траків), коли потрібні стрижні постійного профілю (циліндричні, овальні, прямокутні, багатогранні).

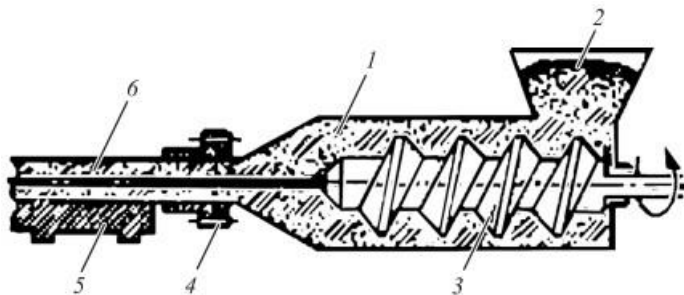


Рисунок 1.6 - . Будова стрижневої мундштучної машини:

1 – суміш; 2 – приймальна ємність; 3 – шнек; 4 – змінний мундштук; 5 – сушильна плита; 6 – стрижень.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Суміш 1 стрічковим транспортером або іншим способом подається в приймальну ємність 2 і шнеком 3, що обертається від електродвигуна або ручного приводу, видавлюється у змінний мундштук 4, за допомогою якого відбувається формування стрижня. Для виконання вентиляційного каналу на кінці шнека закріплена голка. На сушильну плиту 5 подається стрижень 6. У міру заповнення плити стрижень відрізають і направляють на сушку.

Продуктивність машини становить 10–12 м/год при ручному приводі та до 30–40 м/год при електроприводі.

Виготовлення стрижнів на піскострільних і піскодувних машинах.

В останнє десятиліття піскоструминні та піскодувні машини істотно змінилися, причому як конструктивно, так і за своїм технологічним призначенням. Жорсткі вимоги до якості поверхні та геометричної точності виливків, а отже, форм і стрижнів призвели до створення нових технологій з використанням під час піскоструминного процесу.

На *піскоструминних машинах* виготовлення стрижнів здійснюється шляхом продування холоднотвердіючих сумішей в оснащенні спеціальними газами каталізаторами, що істотно підвищує продуктивність праці та якість стрижнів, покращує екологію навколишнього середовища. Якщо раніше до піскоструминної машини висувалися вимоги щодо досягнення високої щільності стрижня, то із застосуванням ХТС і ГТС на перше місце виходять вимоги рівномірності надувного стрижня по всьому об'єму, а твердість і висока міцність стрижня забезпечуються тепловою сушкою або хімічним затвердінням у оснащенні. Підвищення рівномірності та попередньої щільності стрижня досягалося збільшенням часу процесу та зниженням швидкості надування піщано-повітряного потоку з піскоструминної головки шляхом застосування розширювальної насадки з великою площею отворів для вдування та іншими конструктивними рішеннями.

Висока ефективність піскоструминного (піскодувного) процесу порівняно з альтернативними методами виготовлення форм та стрижнів обумовлена специфікою кінетики подачі матеріалу. Ключовою особливістю технології є

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

переведення формувальної маси в аерований стан за допомогою стисненого повітря. У такому флюїдизованому стані суміш транспортується повітряним потоком безпосередньо в робочу порожнину оснащення, що забезпечує її прецизійне та рівномірне заповнення навіть при складній геометрії виробів.

Фундаментальною інженерною перевагою даного методу є синергія двох етапів: динамічного наповнення порожнини та одночасної консолідації (ущільнення) суміші під дією кінетичної енергії потоку. Об'єднання цих операцій в єдиний технологічний акт дозволяє суттєво скоротити тривалість робочого циклу та досягти високої гомогенності структури форми, що є визначальним фактором для отримання якісних виливків.

Оскільки процеси затвердіння в оснащенні почали застосовуватися не тільки у масовому, а й у дрібносерійному виробництві, з'явилися вимоги до універсальності стрижневих машин щодо маси виготовлюваного стрижня. В одній і тій самій піскоструминній машині стало можливим виготовляти стрижні різних габаритних розмірів і маси.

Усі піскоструминні стрижневі машини (або блоки з двох-трьох машин) оснащуються індивідуальним змішувачем і газогенератором, є універсальними з точки зору застосування сумішей (можуть задовольняти будь-які вимоги замовника).

У світовій практиці для виготовлення стрижнів застосовуються такі процеси:

- CO₂-процес на основі рідкого скла;
- «Cold-Box»-процес (амін-процес);
- процес з метиловим форміатом («Betaset»);
- SO₂ -процес на основі епоксидних або фуранових смол;
- процес з формальдегідом («Redset»);
- «Hot-box»-процес.

Найважливішою тенденцією стало комп'ютерне забезпечення та повна автоматизація всіх операцій виготовлення стрижнів, реалізовані в сучасних стрижневих автоматах і комплексах. Усі основні робочі операції

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

піскоструминної машини, а також змішувача та газогенератора (вибір рецептури, дозування, перемішування, вивантаження готової суміші та завантаження в машину, параметри настрілу готової суміші, відкриття та закриття робочої камери й установка стрижневого ящика, розкриття, протягування, зіштовхування стрижня тощо) задаються та регулюються за допомогою інтегрованого персонального комп'ютера. Програмне забезпечення, яким оснащений персональний комп'ютер піскоструминної установки, має систему розпізнавання та діагностики помилок, завдяки чому виробничий процес надійно контролюється.

Особливу увагу в технологічному процесі виготовлення стрижнів на сучасних піскоструминних автоматах приділяють питанням екології. Вся установка зазвичай розміщується у спеціальній камері з щільно закриваючимися дверима, з якої загазоване та запилене повітря відсмоктується і надалі подається на очищення та нейтралізацію.

В *автоматичних стрижневих комплексах* передбачена повна механізація з вилучення, зачищення, фарбування, укладання та транспортування стрижнів. Конструктивно сучасні піскоструминні стрижневі машини та автомати можуть бути оснащені стрижневими ящиками декількох типорозмірів і мати вертикальну, горизонтальну або комбіновану (до чотирьох) площини роз'єму – верхню, нижню, ліву та праву бічні частини. Об'єм стрижня при цьому може становити від 5 до 250 л.

Машини з вертикальною площиною роз'єму мають габаритні розміри стрижневих ящиків від 180×350×400 до 900×1300×1300 мм, а машини з горизонтальною площиною роз'єму – від 355×350×450 до 1800×1500×1300 мм. Сучасні піскоструминні стрижневі машини та автомати досить компактною конструкції характеризуються значною продуктивністю (до 120 знят на годину).

Конструкція стрижневого піскострільного автомата (рис. 3.7) має силовий корпус або раму 1, на якій розташовані нижній підйомний стіл 2 та верхня рухома траверса 4. Стіл і траверса з'єднані між собою вертикальними колонами 7,

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

завичай чотирма. У траверсу вмонтована піскострільна головка з шибєрним пристроєм 6 та приймальним бункеромворонкою. У піскострільній головці змонтований ресивер для стисненого повітря. На столі встановлені права і ліва бокові притискні плити 3 та пресовий циліндр 5. Притискання зібраного стрижневого ящика 8 здійснюється як у швидкому, так і в повільному режимі. Завдяки останньому окремі складові частини стрижневого ящика закриваються плавно та повільно підводяться під піскострільну плиту. Швидка заміна стрижневих ящиків забезпечується системою вакуумного фіксування бокових частин оснащення та швидкою механічною системою кріплення нижньої і верхньої частин стрижневого ящика.

Верхня частина ящика утримується рамою зі змінною площею світлового отвору. Бокові частини стрижневого оснащення фіксуються вакуумом. Нижня частина ящика — витяжна — кріпиться механічно, без з'єднань. Збільшена відстань між боковими притискними плитами 3 та колонами 7 стрижневого автомата забезпечує встановлення ящиків різної форми та габаритних розмірів.

Оформлення порожнин стрижня забезпечується автоматично протяжними циліндрами 9, які можуть нести на собі елементи модельно-стрижневого оснащення.

Сегменти встановлюються вручну. Гідроциліндр 5 протяжного стола має значний хід, що дає можливість здійснювати протягування високих стрижнів.

Для того щоб забезпечити отримання стрижнів із максимально чистою поверхнею та високою точністю, бокові частини ящика підводяться з високою точністю щодо паралельності, а їх замикання здійснюється з великим зусиллям.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

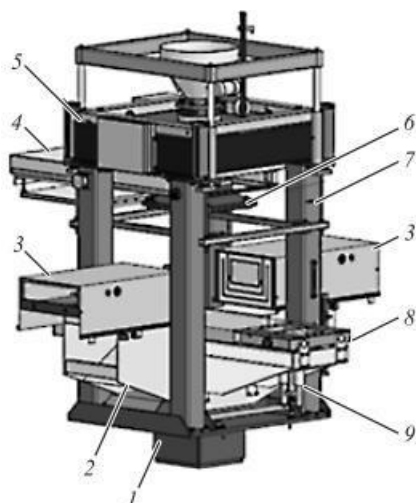


Рисунок 3.7 - Будова стрижневого піскострільного автомата:

1 – силовий корпус або рама; 2 – нижній підйомний стіл; 3 – бокові притискні плити; 4 – верхня рухома траверса; 5 – гідроциліндр протяжного стола; 6 – шиберний пристрій; 7 – колони; 8 – стрижневий ящик; 9 – протяжні циліндри.

На *піскодувних машинах* (рис. 3.8) процес виготовлення стрижнів відбувається в такій послідовності. При відкритті швидкодіючого вдуючого клапана 9 стиснене повітря з ресивера 10 під тиском 0,5–0,7 МПа надходить у гільзу 5 робочого резервуара 6, попередньо заповнену стрижневою сумішшю з бункера 8 через отвір у шибері 7. Тиск повітря в робочому резервуарі 6 миттєво підвищується і через прорізи в стінках гільзи повітря проходить до суміші, що міститься в гільзі. Під дією удару стисненого повітря об суміш вона виштовхується через сопло 2 у порожнину стрижневого ящика 11, який встановлений на столі 1 і притиснутий до піскодувної насадки 4 робочого резервуара. З стрижневого ящика повітря виходить через вентиляційні отвори (венти) 3, розташовані в плиті піскодувної насадки та в стінках стрижневого ящика. Після закриття клапана 9 процес вдювання суміші в ящик припиняється. Тривалість одного циклу піскодувного ущільнення менше 1 с, що забезпечує високу продуктивність процесу.

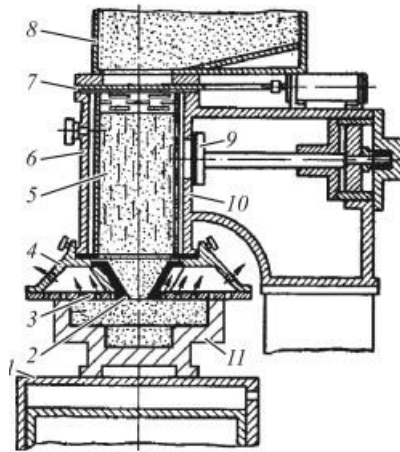


Рис. 3.8. Будова піскодувної стрижневої машини:

1 – стіл; 2 – сопло; 3 – вентиляційні отвори (венти); 4 – піскодувна насадка; 5 – гільза; 6 – робочий резервуар; 7 – шибер; 8 – бункер; 9 – вдувний клапан; 10 – ресивер; 11 – стрижневий ящик.

Піскодувне ущільнення застосовують переважно при виготовленні дрібних і середніх стрижнів в умовах масового та багатосерійного виробництва. Недоліками піскодувного способу виготовлення стрижнів є велика витрата повітря, порівняно слабе ущільнення великих стрижнів і необхідність застосування стрижневих сумішей з низькою міцністю у вологому стані, що створює небезпеку пошкодження стрижнів під час вилучення та транспортування.

3.2.2 Виготовлення стрижнів за технологією «Hot-Vox»

Особливістю технологічного процесу «Hot-Vox» є те, що нагріте до 200 – 250 °С оснащення заповнюється сумішшю, при цьому термореактивна смола, що входить до складу суміші, спочатку розм'якшується, а при подальшому нагріванні незворотно твердне, скріплюючи зерна піску. Це дає можливість, використовуючи нагріті модельні плити або стрижневі ящики, отримувати за 1–2 хв готову напівформу або стрижень. Процес має два різновиди – отримання

цільних стрижнів за допомогою нагрівальних ящиків та виготовлення оболонкових форм і стрижнів.

Особливості гарячетвердіючих сумішей.

До складу гарячетвердіючих сумішей входять кварцова основа, синтетична смола та каталізатор (наприклад, кварцовий пісок – 100%, смола ФФ1С – 2,5%, 10%-вий розчин соляної кислоти – 2% від маси смоли).

Під дією кислоти смола твердне при температурі 230–250 °С за короткий час – від 30 с до 3 хв. До складу сумішей вводять добавки: оксид заліза (до 1,5%) – для підвищення теплопровідності та поліпшення якості поверхні; сріблястий графіт (до 0,5%) – для підвищення теплопровідності та вогнетривкості; стеарати цинку або кальцію (до 0,1%) – для зменшення прилипання, збільшення текучості та живучості суміші.

Технологічний процес виготовлення стрижнів. Стрижні на нагрівальному оснащенні виготовляють у металевих стрижневих ящиках, що нагріваються газом або вбудованими електронагрівачами. Для запобігання прилипанню на поверхню стрижневого ящика наносять пульверизатором розділовий склад. Простановку всередину стрижня каркасів не проводять, а висока газопроникність стрижнів виключає необхідність виконання в них вентиляційних каналів. Заповнення стрижневих ящиків та ущільнення суміші проводять, як правило, піскодувним або піскоструминним методом. При цьому можуть використовуватися стрижневі ящики як з вертикальним, так і з горизонтальним або комбінованим роз'ємом. Дана технологія дозволяє отримувати як суцільні (повністю заповнені), так і оболонкові (порожнисті) стрижні.

Виготовлення *суцільного стрижня на нагрівальному пристосуванні* (рис. 3.9) починається зі складання нагрітого до потрібної температури ящика 1. Пристрій для видалення пари 3 ящика та пристрій нагрівання 2 його верхньої частини переміщуються вперед. При цьому піскоструминна головка 4 з позиції завантаження сумішшю переходить на робочу позицію (рис. 3.9, а). Потім

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

здійснюються такі операції: підйом ящика 1, притискання до нього головки 4 і надування суміші (рис. 3.9, б); підйом головки та опускання ящика (рис. 3.9, в); переміщення верхнього нагрівального та розпаровувального пристроїв на робочу позицію (рис. 3.9, г); переміщення головки на позицію завантаження суміші, затвердіння стрижня, розкриття ящика та виштовхування стрижня з верхньої половини ящика (рис. 3.9, д); виштовхування стрижня з нижньої половини ящика (рис. 3.9, е) та видалення готового стрижня знімачем з подальшим транспортуванням його на фарбування, підсушування, склеювання, обробку. Готові стрижні фарбують протипригарними фарбами – самовисихаючими або водними з подальшим сушінням.

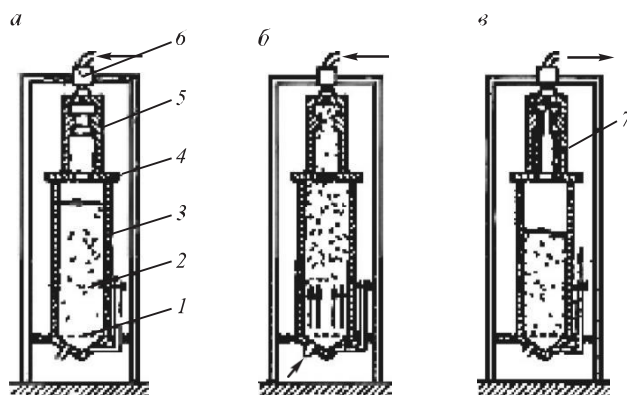
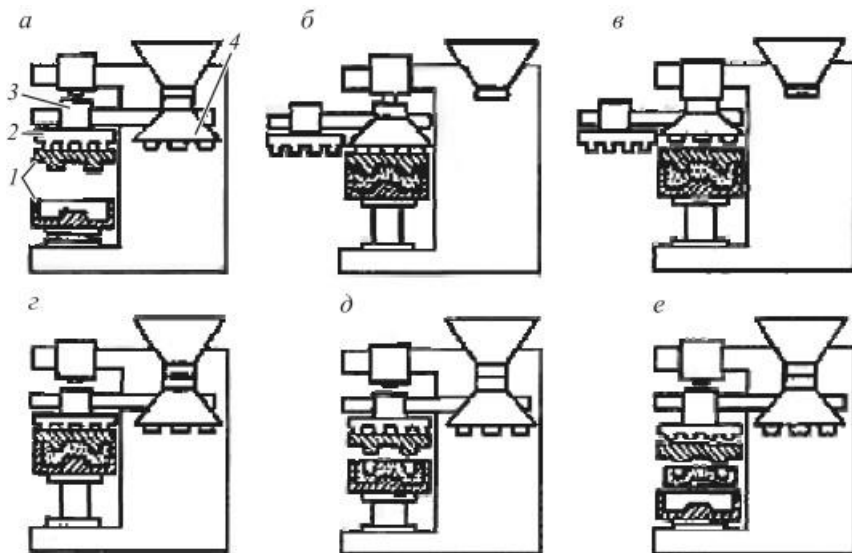


Рисунок 3.10 - Послідовність виконання технологічних операцій піскодувного способу виготовлення оболонкового стрижня (а-в):

1 – пориста перегородка; 2 – суміш; 3 – піскодувний резервуар; 4 –

					КНУ.РБ.136.26.112с-07.03 ОП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

водоохолоджувана плита; 5 – стрижневий ящик; 6 – пневмоциліндр; 7 – оболонка.

Відцентровий метод застосовують для виготовлення оболонкових стрижнів круглого перерізу (рис. 3.11). Процес виготовлення стрижня починають із завантаження дози суміші спеціальним відкидним лотком 2 у стрижневий ящик 4, що знаходиться в нагрівальній печі 3 (рис. 3.11, а). Для формування зовнішнього знака стрижня на поворотній осі 5 лотка встановлено підпружинений диск 1, що закриває знакову частину стрижневого ящика під час завантаження його сумішшю. Після повороту лотка на 180° суміш під дією відцентрових сил обертового ящика рівномірно розподіляється та ущільнюється по його внутрішній поверхні, утворюючи оболонковий стрижень 6 (рис. 3.11, б). Потім лоток повертається у своє вихідне положення і після закінчення процесу затвердіння стрижня та зупинки обертового ящика стрижень за допомогою штовхача 7 витягується з ящика (рис. 3.11, в). При масовому виробництві циліндричних оболонкових стрижнів використовуються багатопозиційні відцентрові машини. Вартість виготовлення металевих нагрівальних ящиків дуже висока, тому даний процес застосовують тільки у багатосерійному та масовому виробництві, для випуску порівняно невеликих за розмірами стрижнів.

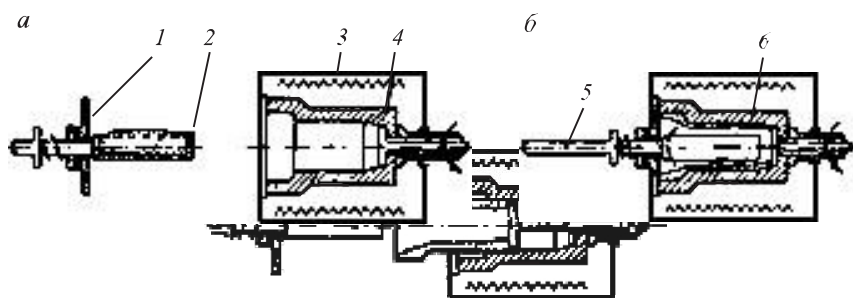


Рисунок 3.11- Послідовність виконання технологічних операцій відцентрового способу виготовлення оболонкового стрижня:

а – притискання стрижневого ящика до бункера; б – нагнітання суміші в ящик; в – витягування стрижня; 1 – підпружинений диск; 2 – перекидний лоток; 3 – нагрівальна піч; 4 – стрижневий ящик; 5 – поворотна вісь лотка; 6 – оболонковий стрижень; 7 – штовхач.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розроблено проект сучасного ливарного цеху для виробництва сталевих виливків із річною продуктивністю 22000 тонн придатного литва. Виконані розрахунки та прийняті технічні рішення забезпечують ефективну організацію виробничого процесу та стабільне отримання якісної продукції.

У результаті виконання роботи було обґрунтовано виробничу програму цеху, визначено потребу в основному технологічному обладнанні та виконано розрахунок фондів часу його роботи. Для плавильного відділення обрано електродугові печі ДСПТ-6, що забезпечують необхідну продуктивність, високу якість металу та покращені умови праці.

Проведений розрахунок шихти та матеріального балансу плавки дозволив визначити оптимальний склад шихтових матеріалів для отримання сталі марки 35Л із заданими механічними та ливарними властивостями. Виконані розрахунки підтвердили правильність вибору технологічних параметрів процесу плавлення.

У технологічній частині роботи розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Головка зчеплення». Спроектовано модельно-ливарне оснащення, ливниково-живильну систему та надливи, визначено параметри формувальних і стрижневих сумішей, а також вибрано оптимальні методи виготовлення форм і стрижнів.

Розглянуті у роботі технології виготовлення ливарних стрижнів, зокрема процеси «Cold-Vox» та «Hot-Vox», дозволяють підвищити точність виливків, покращити якість поверхні та знизити трудомісткість виробництва.

Запропоновані технічні та організаційні рішення спрямовані на підвищення рівня механізації й автоматизації виробництва, скорочення витрат

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

матеріалів та енергоресурсів, покращення умов праці та зменшення ймовірності виникнення дефектів у виливках.

Отримані результати свідчать про доцільність впровадження розробленого проекту у виробництво, оскільки він забезпечує високу продуктивність, економічну ефективність та конкурентоспроможність продукції ливарного цеху.

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 СВД					
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
Розроб.		Корнієнко С.О.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сайтгарєєв Л.Н.							1	1
Н. Контр.		Сайтгарєєв Л.Н.						МТ-23-2ск		
Затверд.		Бабошко Д. Ю.								

7. 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.

8. Конструкція і технологія виготовлення ливарних заготовок [Текст] : навч. посіб. / А. С. Аралкін. - Кривий Ріг : Вид. центр КТУ, 2011. - 164 с

9. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.

10. Корицький Г. Г., Маняк М. О., Пасічник С. Ю. Технологія ливарного виробництва: навчальн. посібн. для ВНЗ. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 175 с.

11. 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.

12. 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.:

13. 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.

14. 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.

15. Виробництво виливків із спеціальних сталей: Монографія / Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. – К.: Видавництво НТУУ “КПІ”, 2005. – 717 с.

16. Леговані сталі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /О.В. Більченко, О.І. Дудка, В.Г. Хижняк, С.М. Чернега; Міністерство

					КНУ.РБ.136.26.112с-07 СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ: Кондор, 2009. - 96 с.

17. Бабич, В. О., Фасонне литво з легованих і спеціальних сталей / В.О. Бабич, І. О. Харьковський. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 312 с.

18. Сухоручкін, О. М., Основи лиття сталі: отримання фасонних виливків / О. М. Сухоручкін, Г. М. Мартиненко. – Кривий Ріг: КНУ, 2019. – 278 с.

19. 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.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2