

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ
ім. Є.О. ПАТОНА

Кафедра ливарного виробництва

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2022 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп’ютеризовані процеси лиття»

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевого виливка «Муфта»
та проектування стрижневого відділення ливарного цеху»

Виконав: студент 4 курсу, групи ФЛ-81

Пушка Вікторія Віталіївна

(прізвище, ім’я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

ст.викладач, к.т.н. Лук’яненко Іван Віталійович
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант
з охорони праці

д.т.н., професор Левченко Олег Григорович
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант
з економічної частини

к.е.н., доцент Нараєвський Сергій Вікторович
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант
з нормоконтролю

к.т.н., доцент Лютий Ростислав Володимирович
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

доцент, д.т.н. Мініцький Анатолій В’ячеславович
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2022 р.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Пояснювальна записка	87	
3	A1	ФЛ81.8107.1110.0001	Стрижневе відділення цеху дрібного литва серійного виробництва	1	
4	A1	ФЛ81.8107.1110.0002	Технологія виготовлення виливка «Муфта»	1	
5	A2	ФЛ81.8107.1110.0003	Модельна плита низу з моделлю	1	
6	A2	ФЛ81.8107.1110.0004	Стрижневий ящик	1	
7	A1	ФЛ81.8107.1110.0005	Складена форма	1	
8	A1	ФЛ81.8107.1110.0006	Стрижнева машина MYV C2S 3-in-1	1	

					ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив	Пушка				ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лук'яненко						2	89
Рецензент	Мініцький					НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.	Лютий							
Затвердив	Ямшинський							

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Спеціальність 136 Металургія

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

“ ___ ” _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Пушці Вікторії Віталіївни

1. Тема дипломного проєкту: «Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих виливків «Муфта» та проєктування стрижневого відділення ливарного цеху», керівник: ст. викл. к.т.н. Лук'яненко І. В. затверджені наказом по університету № 992-с від «09» червня 2022 року.

2. Строк подання студентом проєкту: 13 червня 2022 р.

3. Вихідні дані: матеріали, зібрані у процесі проходження практики; літературні джерела; державні стандарти та інші нормативні документи; проєктна потужність ливарного цеху підприємства – 5 тис. т придатних виливків на рік; номенклатура виливків налічує 27 позицій масою від 5,2 кг до 32 кг із вуглецевих сталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 4.1 Провести аналіз виробничої програми ливарного цеху; 4.2 Спроєктувати стрижневе відділення ливарного цеху заводу енергетичного машинобудування; 4.3 Розробити технологію виготовлення виливків у разових піщаних формах із вуглецевої сталі; 4.4 Розрахувати основні параметри та спроєктувати устаткування для виготовлення стрижнів; 4.5 Розрахувати техніко-економічні показники; 4.6 Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1 План стрижневого відділення; 5.2 Технологія виготовлення виливків «Муфта»; 5.3 Модельна плита верху або низу із моделями; 5.4 Стрижневий ящик; 5.5 Форма у складеному вигляді; 5.6 Устаткування для виготовлення стрижнів.

6. Консультанти розділів дипломного проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н, доцент Нараєвський С.В.		
Охорона праці	д.т.н., зав.каф. Левченко О. Г.		

7. Дата видачі завдання: 03 травня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Практика	02.05.22-29.05.22 р.	
2	Аналіз номінальної виробничої програми ливарного комплексу	до 31.05.22 р.	
3	Проектування стрижневого відділення	до 02.06.22 р.	
4	Розроблення технології виготовлення виливка	до 06.06.22 р.	
5	Розрахунок та проектування устаткування для виготовлення стрижнів	до 07.06.22 р.	
6	Виконання економічної частини проекту	до 08.06.22 р.	
7	Виконання частини проекту щодо охорони праці	до 09.06.22 р.	
8	Виконання графічної частини проекту	до 11.06.22 р.	
9	Оформлення розділів дипломного проекту	до 13.06.22 р.	
10	Рецензування дипломного проекту	до 18.06.22 р.	
11	Захист дипломного проекту	22.06.22 р.	

Студент _____ **Пушка В.В.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ **Лук'яненко І.В.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих виливок
«Муфта» та проектування стрижневого відділення ливарного цеху»

Київ – 2022 р.

РЕФЕРАТ

Пушка Вікторія Віталіївна

Дипломний проєкт: 89 стор., 28 табл., 13 рис., 24 джерел посилання.

Об'єкт проєктування – цех дрібного сталевого литва заводу енергетичного машинобудування потужністю цеху 5 тис. тон придатного литва.

Мета проєкту – розроблення технологічного процесу виготовлення сталевого виливка «Муфта» та проєктування стрижневого відділення ливарного цеху.

Спроєктовано стрижневе відділення цеху дрібного сталевого литва серійного типу виробництва з використанням сучасних обладнання та матеріалів, розкриваючи засади продуктивності праці.

Розроблена технологія виготовлення сталевого виливка «Муфта» з високими показниками виходу придатного литва, при забезпеченні механізації та автоматизації процесів.

Для виготовлення стрижнів спроєктована піскострільна машина, яка забезпечує виготовлення різних класів складності стрижнів при високій продуктивності процесу в цілому.

СТРИЖНЕВЕ ВІДДІЛЕННЯ, СТАЛЕВИЙ ВИЛИВОК,
ПЛАСТМАСОВИЙ МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ, ПІСКОСТРІЛЬНА
МАШИНА

					ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив	Пушка				РЕФЕРАТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лук'яненко						6	89
Рецензент	Мініцький					НН ІМЗ ім. Є.О. Патона		
Н. Контр.	Лютий					ФЛ-81		
Затвердив	Ямшинський							

ABSTRACT

Pushka Viktoriia

Diploma project consists of: 87 pages, 28 tables, 13 pictures, 24 reference sources.

The object of design is a small steel casting plant of the power engineering plant with a capacity of 5 thousand tons of suitable casting.

The purpose of the project is to develop the technological process of manufacturing steel casting "Coupling" and designing the core department of the foundry.

The core department of the small steel casting shop of serial type of production with the use of modern equipment and materials was designed, revealing the principles of labor productivity.

The technology of manufacturing steel casting "Coupling" with high yields of suitable castings, with mechanization and automation of processes.

For the manufacture of rods designed sandblasting machine, which provides the manufacture of different classes of complexity of the rods with high productivity of the process as a whole.

CORE COMPARTMENT, STEEL CASTING, PLASTIC MODEL KIT,
CORE SHOOTING MACHINE

					<i>ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ABSTRACT</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Пушка</i>						<i>7</i>	<i>89</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Лук'яненко</i>							
<i>Рецензент</i>	<i>Мініцький</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Лютий</i>							
<i>Затвердив</i>	<i>Ямшинський</i>							
						<i>НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81</i>		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ, СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ	14
1.1 Виробнича програма	14
1.2 Аналіз виробничої програми	15
1.3 Структура ливарного цеху	16
1.4 Режим роботи цеху та фонд часу	17
2 РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ	19
2.1 Організація роботи та обсяг виробництва відділення	19
2.2 Енергетичне забезпечення відділення.....	25
2.2.1 Обсяг витрат електроенергії	25
2.2.2 Обсяг витрат стисненого повітря	26
3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТОЇ ДЕТАЛІ «МУФТА» МЕТОДОМ ЛИТТЯ У РАЗОВІ ПІЩАНІ ФОРМИ.....	28
3.1 Обґрунтування технології виготовлення виливка	28
3.1.1 Загальна характеристика литої деталі	28
3.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка	29
3.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі.....	30
3.1.4 Вибір припусків на механічне оброблення	31
3.1.5 Вибір кількості та меж стрижнів	33
3.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок.....	34

					<i>ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	
<i>Розробив</i>		<i>Пущка</i>			<i>ЗМІСТ</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Лук'яненко</i>			<i>Літера</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Мініцький</i>			<i>Аркуш</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лютий</i>			<i>Аркушів</i>
<i>Затвердив</i>		<i>Ямшинський</i>			<i>8</i>
					<i>89</i>
					<i>НН ІМЗ ім. Є.О. Патона</i>
					<i>ФЛ-81</i>

3.2.1	Розрахунок лінійних розмірів опок	34
3.2.2	Характеристика вибраних опок	37
3.3	Розрахунок ливникової системи.....	38
3.3.1	Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу в форму	38
3.3.2	Розрахунок надливів	38
3.3.3	Розрахунок площ основних елементів ливникової системи	40
3.3.4	Визначення лінійних розмірів усіх елементів	42
3.3.5	Розрахунок маси ливникової системи.....	46
3.4	Формувальні та стрижневі суміші.....	47
3.4.1	Обґрунтування вибору складу сумішей.....	47
3.4.2	Рецептура та властивості сумішей	49
3.4.3	Методи запобігання утворенню пригару	50
3.4.4	Технологія приготування сумішей.....	51
3.5	Характеристика модельного комплекту	52
3.5.1	Обґрунтування вибраних матеріалів	52
3.5.2	Склад модельного комплекту	53
3.5.3	Особливості конструкції модельної плити	53
3.5.4	Розрахунок лінійних розмірів моделі виливка	54
3.5.5	Особливості конструкції стрижневого ящика	54
3.5.6	Способи попередження прилипання суміші до елементів модельного комплекту	55
3.6	Опис технології виготовлення виливка	55

3.6.1 Інструменти та пристрої, що використовуються для виготовлення форм і стрижнів.....	55
3.6.2 Заливання і вибивання форми, технологія очищення та обрубки виливка	56
3.6.3 Можливі дефекти виливка, заходи з їх попередження і методи їх виправлення.....	56
3.7 Техніко-економічні показники	58
3.7.1 Розрахунок піднімальної сили	58
3.7.2 Розрахунок витрати формувальної та стрижневої сумішей на тону придатного литва.....	59
3.7.3 Розрахунок виходу придатного литва	61
4 ПРОЄКТУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ .	62
4.1 Технологічне обґрунтування для проєктування	62
4.2 Кінематична схема машини	63
4.3 Розрахунок основних параметрів машини.....	63
4.4 Принцип роботи машини та догляд за нею	68
5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ	70
5.1.1 Визначення чисельності робітників стрижневого відділення	70
5.1.2 Визначення фонду заробітної плати.....	70
6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ	73
6.1.1 Розрахунок капітальних вкладень	73
6.1.2 Розрахунок трудомісткості продукції	74
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	75
7.1 Характеристика відділення та умови його експлуатації	75
7.1.1 Специфікація технологічного обладнання.....	75

7.1.2 Оцінка наявності та впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів та речовин	77
7.2 Заходи забезпечення охорони праці працівників стрижневого відділення	81
7.3 Пожежна безпека.....	83
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	86
ДОДАТКИ	89

ВСТУП

Четверта промислова революція стала поштовхом до планування заходів для відновлення та інноваційного розвитку ливарної промисловості України.

Україна має значні сировинні, трудові ресурси та доробки наукових досліджень для прискореного переходу від сировинної моделі розвитку до моделі інноваційно-високотехнологічної. Така перспектива розвитку внутрішніх компаній та науково-технічних центрів дозволить наростити випуск продукції, розширюючи її експорт, а також експорт ливарних технологій в інші країни світу.

Основними завданнями програми розвитку ливарних виробництв є:

- оптимізація діючих ливарних виробництв і підвищення якості продукції, що випускається;
- зниження виробничих витрат і досягнення максимального завантаження ливарних потужностей;
- забезпечення зростання фінансово-економічних показників організацій;
- виробництво конкурентоспроможної продукції, що задовольняє вимоги споживачів;
- збереження здоров'я членів трудового колективу, запобігання забруднення довкілля у процесі виробничої діяльності, планомірне поліпшення екологічних показників та раціональне використання ресурсів.

					<i>ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Пущка</i>					12	89
<i>Перевірів</i>		<i>Лук'яненко</i>						
<i>Рецензент</i>		<i>Мініцький</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лютий</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Ямшинський</i>						
						<i>НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81</i>		

Як відомо, найбільшим споживачем металевих виливків є галузь автомобілебудування. Одним з вихідних конструкційних матеріалів, що володіють підвищеними механічними властивостями є сталі з різноматнітними хімічними властивостями.

В той же час, виробництво сталевих виливків має свої особливості, тим паче в поєднанні з їх литтям в піщано-глинясті форми. Протягом виконання проєкту намагатимемося конструктивно вирішити питання такого роду, аби зрештою отримати якісний виливок.

Також, в рамках проєкту виконаємо розрахунок стрижневого відділення ливарного цеху та проєктування стрижневої машини.

У енергетичному, організаційному та економічному розділах проведемо необхідні розрахунки для того, щоб довести що розроблений проєкт ефективний та продуктивний.

У розділі з охорони праці проаналізуємо потенційні небезпечні та шкідливі виробничі фактори на робочу місці в розрахованому стрижневому відділенні та розробимо заходи з їх усунення.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					13

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ, СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма розглядається на основі номенклатури виливків цеху дрібного сталевого литва заводу енергетичного машинобудування (табл. 1.1) потужністю цеху 5 тис. тон придатного литва.

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків

Індекс позиції	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість виливків на один виріб, шт	Маса виливків на один виріб, кг	Габаритні розміри виливка, мм			Режим термічного оброблення
						довжина	ширина	висота	
1	Корпус 1	25Л	20	1	20	200	200	150	Нормалізація
2	Корпус 4	25Л	22	1	22	230	250	100	
3	Боковина 1	25Л	29	2	58	300	100	100	
4	Ротор 1	25Л	13	1	13	Ø200		235	
5	Ротор 2	25Л	9,8	1	9,8	Ø150		100	
6	Камера	25Л	11,5	1	11,5	100	120	100	
7	Кришка 1	25Л	6,8	1	6,8	Ø125		170	
8	Станина	25Л	15,3	1	15,25	200	95	65	
9	Корпус 6	25Л	25	1	25	350	230	140	
10	Боковина 2	25Л	31,5	1	31,5	400	250	100	
11	Ротор 3	25Л	18,2	1	18,2	Ø250		200	
12	Плита 2	25Л	12,5	1	12,5	200	200	200	

ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив		Пущка			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко					14	89
Рецензент		Мініцький				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.		Лютій						
Затвердив		Ямшинський						

Продовження таблиці 1.1

13	Кришка 2	25Л	6,8	1	6,8	Ø150		90	Нормалізація
14	Казан	25Л	9	1	9	Ø230		150	
15	Муфта	25Л	32	2	64	Ø390		235	
16	Корпус 2	45Л	11	1	11	150	100	150	
17	Плита 1	45Л	7,5	2	15	100	100	100	
18	Корпус 3	45Л	29,5	1	29,5	300	300	200	
19	Корпус 5	45Л	28,2	1	28,2	250	250	200	
20	Півмуфта 1	45Л	5,6	2	11,2	Ø50		30	
21	Важіль	45Л	9,3	1	9,3	100	50	100	
22	Траверса 1	45Л	5,7	1	5,7	200	200	200	
23	Опора 1	45Л	14,8	4	59,2	250	150	100	
24	Опора 2	45Л	12,5	4	50	200	150	100	
25	Дверцята	45Л	9,5	1	9,5	100	50	200	
26	Траверса 2	45Л	15	2	30	300	300	200	
27	Півмуфта 2	45Л	5,2	2	10,4	Ø50		20	
Всього					592,4				

1.2 Аналіз виробничої програми

За загальною масою виливків на виріб та потужністю цеху за індивідуальним завданням розраховуємо річну кількість виробів (шт) за формулою 1.1:

$$N_{\text{виробів}} = \frac{P}{M} \quad (1.1)$$

де, P – потужністю цеху, т ($P = 5000$ т);

M – загальна маса виливків на виріб, т ($M = 0,59235$ т).

$$N_{\text{виробів}} = \frac{5000}{0,59235} \approx 8441 \text{ шт.}$$

Отже, тип організації ливарного виробництва – серійний.

Таблиця 1.2 – Режим роботи ливарного цеху та річні фонди часу

Індекс позиції	Найменування відділення, дільниці; тип устаткування	Кількість робочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год	
			устаткування	робітника
1	Плавильне відділення	2	3720	1840
2	Формувальне відділення	2	3760	1840
3	Сумішоприготувальне відділення	2	3800	1840
4	Стрижневе відділення	1	1920	1840
5	Відділення фінішних операцій	2	3720	1840
	з дільницею термічного оброблення	3	5460	1840
6	Допоміжні відділення	1	1840	1840

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

Ф/Л81.8107.1110.0000ПЗ

Аркуш

18

2 РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

2.1 Організація роботи та обсяг виробництва відділення

У сучасних ливарних цехах у серійному виробництві основним способом виготовлення стрижнів є піскострільний процес з використанням холоднотвердних сумішей (далі – ХТС).

Перевага піскострільного процесу над іншими обумовлена тим, що стрижнева суміш в піскострільній машині попередньо аерується стисненим повітрям, а потім цим же повітрям подається в порожнину оснащення, рівномірно заповнює її і ущільнюється. Таким чином, поєднання двох технологічних операцій (заповнення сумішшю і одночасне ущільнення) - найважливіша особливість піскострільного процесу.

Річну кількість виливків (шт) для відповідної деталі розраховуємо за формулою 2.1:

$$N_{\text{виливків}} = N_{\text{виробів}} \cdot n_{\text{виливків}} \quad (2.1)$$

де, $N_{\text{виробів}}$ – річна кількість виробів, шт;

$n_{\text{виливків}}$ – кількість виливків на один виріб, шт.

Потребу в стрижнях (шт) на річний випуск виливків розраховуємо за формулою 2.2:

$$P_{\text{СТ}} = n_{\text{р}} \cdot n_{\text{СТ.В.}} \quad (2.2)$$

де, $n_{\text{р}}$ – річна кількість виливків, шт;

$n_{\text{СТ.В.}}$ – потреба в стрижнях на вилівок, шт.

					ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Розробив		Пущка			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко				19	89
Рецензент		Мініцький			РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.		Лютий					
Затвердив		Ямшинський					

Річну потребу в стрижнях (шт) з урахуванням браку виливків розраховуємо за формулою 2.3:

$$P_{\text{ст.бр.}} = P_{\text{ст.}} \cdot B \quad (2.3)$$

де, $P_{\text{ст.}}$ – потреба в стрижнях на річний випуск виливків, шт;

B – брак виливків, % (приймаємо $B = 10\%$).

Примітки:

Значення округлюємо до найближчого цілого числа.

Масу стрижнів на річну програму (t) розраховуємо за формулою 2.4:

$$M_{\text{ст.р.п.}} = P_{\text{ст.бр.}} \cdot m_{\text{ст}} \quad (2.4)$$

де, $P_{\text{ст.бр.}}$ – річна потреба в стрижнях з урахуванням браку виливків, шт;

$m_{\text{ст}}$ – маса одного стрижня, т.

За отриманими даними складаємо точну виробничу програму, що представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Точна виробнича програма

Індекс позиції	Найменування деталі	Річна к-ть виливків, шт	Стрижні			Потреба в стрижнях, шт			Маса стрижнів на річну програму, т
			номер	габаритні розміри, мм	маса, кг	на вилівок	на річний випуск виливків	річна з урахуванням браку виливків	
1	Корпус 1	8441	1	120x120x100	8	1	8441	9286	74,29
2	Корпус 4	8441	1	150x120x20	8,5	1	8441	9286	78,94
3	Боковина 1	16882	1	200x60x60	9	1	16882	18571	167,14
4	Ротор 1	8441	1	Ø100x180	4,3	1	8441	9286	39,93
5	Ротор 2	8441	1	Ø75x50	2,1	1	8441	9286	19,51
6	Камера	8441	1	54x54x54	1,8	1	8441	9286	16,72
7	Кришка 1	8441	1	Ø68x65	0,6	1	8441	9286	5,58
8	Станина	8441	1	85x35x45	5,7	1	8441	9286	52,94
9	Корпус 6	8441	1	250x180x50	7,1	1	8441	9286	65,94
10	Боковина 2	8441	1	350x100x50	10	1	8441	9286	92,86
11	Ротор 3	8441	1	Ø150x130	1,6	1	8441	9286	14,86
12	Плита 2	8441	1	180x180x120	0,95	1	8441	9286	8,83

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата					20

Продовження таблиці 2.1

13	Кришка 2	8441	1	Ø100x30	0,5	1	8441	9286	4,65
14	Казан	8441	1	Ø80x60	1,4	3	25323	27856	39
15	Муфта	16882	1	145x145x54	0,81	4	67528	74281	60,17
			5	Ø108x175	1,76	1	16882	18571	18,58
16	Корпус 2	8441	1	40x40x40	2,9	2	16882	18571	32,69
17	Плита 1	16882	1	150x150x50	3,5	1	16882	18571	53,86
18	Корпус 3	8441	1	200x200x100	9	1	8441	9286	32,51
19	Корпус 5	8441	1	200x200x100	8,8	1	8441	9286	83,58
20	Півмуфта 1	16882	1	Ø20x10	0,3	1	16882	18571	163,43
21	Важіль	8441	1	50x20x50	1,2	1	8441	9286	2,79
22	Траверса 1	8441	1	180x180x100	1,1	1	8441	9286	11,15
23	Опора 1	33764	1	100x100x40	3,9	1	33764	37141	40,86
24	Опора 2	33764	1	75x75x40	2,85	1	33764	37141	144,85
25	Дверцята	8441	1	50x20x50	1,65	1	8441	9286	26,47
26	Траверса 2	16882	1	200x200x50	4,1	1	16882	18571	30,65
27	Півмуфта 2	16882	1	Ø20x10	0,3	1	16882	18571	76,15
Всього:								464278	1458,93

Потрібну кількість стрижнів за годину (шт) за годину розраховуємо за формулою 2.5:

$$P_{\text{ст.год}} = \frac{\Sigma P_{\text{ст.рік}}}{\tau_{\text{уст.ст}}} \quad (2.5)$$

де, $\Sigma P_{\text{ст.рік}}$ – сумарна маса стрижнів на річну програму, т;

$\tau_{\text{уст.ст.}}$ – дійсний річний фонд часу устаткування стрижневого відділення, год.

Потрібну кількість зйомів (шт) за рік розраховуємо за формулою 2.6:

$$P_{\text{зйом.рік}} = \frac{\Sigma P_{\text{ст.бр.}}}{n_{\text{ст.ящ}}} \quad (2.6)$$

де, $\Sigma P_{\text{ст.бр.}}$ – сумарна річна потреба в стрижнях з урахуванням браку виливків, шт;

$n_{\text{ст.ящ}}$ – кількість стрижнів в ящику, шт (приймаємо $n_{\text{ст.ящ}} = 1$ шт).

Примітки:

При одному стрижнів в ящику кількість зйомів за год рівна потребі в стрижнях за годину.

Для виконання заданої номенклатури стрижнів обрано піскострільну машину MYV C2S 3-in-1 з тривалістю виготовлення одного стрижня 32 с.

Продуктивність стрижневої машини показуємо виходячи з наступних положень:

- кількість зйомів стрижнів за год (шт) розраховуємо за формулою 2.7:

$$N_{\text{зйом.стр.маш.}} = \frac{\tau_{\text{виг.стр}}}{3600} \quad (2.7)$$

де, $\tau_{\text{виг.стр}}$ – тривалість виготовлення одного стрижня у відповідній машині, с.

$$N_{\text{зйом.стр.маш.}} = \frac{32}{3600} = 112 \text{ шт/год.}$$

- можливість обробки стрижневої суміші (т/год) розраховуємо за формулою 2.8:

$$O_{\text{ст.с.}} = N_{\text{зйом.стр.маш.}} \cdot m_{\text{макс.стр}} \quad (2.8)$$

де, $N_{\text{зйом.стр.маш.}}$ – кількість зйомів стрижнів за год у відповідній машині, шт ($N_{\text{зйом.стр.маш.}} = 112 \text{ шт/год}$);

$m_{\text{макс.стр}}$ – максимальна маса стрижня, що виготовляється у відповідній машині, т ($m_{\text{макс.стр}} = 0,01 \text{ т}$).

$$O_{\text{ст.с.}} = 112 \cdot 0,01 = 1,12 \text{ т/год.}$$

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				22

Кількість стрижневих машин (шт) розраховуємо за формулою 2.9:

$$M_{\text{ст.м.}} = \frac{\Sigma \text{П}_{\text{ст.бр.}} \cdot K_{\text{н}}}{(\Phi_{\text{д}} - t) \cdot N_{\text{зйом.стр.маш.}}} \quad (2.9)$$

де: $\Sigma \text{П}_{\text{ст.бр.}}$ – кількість зйомів стрижнів на річну програму з урахуванням браку, шт;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи машини (приймаємо

$K_{\text{н}} = 1,15$);

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.;

t – втрати часу на зміну стрижневих ящиків за рік, год.

$N_{\text{зйом.стр.маш.}}$ – кількість зйомів стрижнів за год у відповідній машині, шт ($N_{\text{зйом.стр.маш.}} = 112$ шт).

$$M_{\text{ст.м.}} = \frac{464278 \cdot 1,15}{(1920 - 14) \cdot 112} = 2,5.$$

Прийняту кількість стрижневих машин округлюємо в більшу сторону або задаємо конструктивно.

У відділенні встановлюємо 3 шт стрижневих машин.

Звідси коефіцієнт завантаження розраховуємо за формулою 2.10:

$$K_{\text{з}} = \frac{M_{\text{ст.м.}}}{M_{\text{ст.м.прийнята}}} \quad (2.10)$$

Узагальнені дані представлені в таблиці 2.2.

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				23

Таблиця 2.2 – Розрахунок кількості стрижневих машин

Група стрижнів	Потрібна к-ть, шт				Тип стрижневої машини	Продуктивність стрижневої машини		Кількість стрижневих машин		Коефіцієнт завантаження
	стрижнів		зйомів			зйомів за год	т/год	розрахована	прийнята	
	за рік	за год	за рік	за год						
До 10 кг	464278	241	464278	241	піскострільна	1,12	112	2,5	3	0,83

Річну потребу в приготуванні холоднотвердної суміші для виготовлення стрижнів COLD BOX AMIN процесом на стрижневих машинах MYV C2S 3-in-1 забезпечує один шнековий змішувач Triton TS2, технічні характеристики якого представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики шнекового змішувача Triton TS2

Габарити, мм	1300x1500x2600
Пропускна здатність, т/год	1-3
Кількість рукавів, шт	1
Радіус вильоту рукава, мм	735
Потужність приводу, кВт	2,2
Тип системи управління	ICS “Intelligent Control System”
Тип системи безпеки	Guard-master bolt

2.2 Енергетичне забезпечення відділення

2.2.1 Обсяг витрат електроенергії

Обсяг витрат електроенергії E (кВт·год) технологічного обладнання розраховуємо за формулою 2.11:

$$E = M\Phi_0\eta_{зв}K_1K_2 \quad (2.11)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год ($\Phi_0 = 1920$ год);

$\eta_{зв}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи;

K_2 – коефіцієнт використання потужності ($K_2 = 0,7$).

Витрати енергії піднімально-транспортного обладнання визначаємо виходячи з його потужності та вносимо у відомість основного обладнання (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Шнековий змішувач TRITON TS2	1	2,2	1920	1	1	0,7	2956,8
Пікострільна машина MYV C2S 3-in-1	3	5	1920	0,83	0,4	0,7	6693,12
Тельфер PARKSIDE PT-300600	2	1,05	-	-	-	-	2,1
Мостовий кран	1	23,5	-	-	-	-	23,5
Стрічковий конвеєр Flex SX-p 3600x300	2	2	-	-	-	-	4
Стрічковий конвеєр Flex SX-p 4400x300	2	2	-	-	-	-	4
						Всього	9683,52

Витрати енергії на освітлення Q (кВт·год) розраховуємо за формулою 2.12:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000} \quad (2.12)$$

де, S – освітлювальна площа, м²;

q – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м²;

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Дані узагальнено та занесено в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Витрати електроенергії на освітлення

Тип приміщення	Освітлювальна площа, м ²	Поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м ²	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Виробниче приміщення	196	12	1920	0,8	3612,672
Службове приміщення	20	10	1840	0,7	257,6
Всього					3870,272

2.2.2 Обсяг витрат стисненого повітря

Витрати стисненого повітря $P_{ст}$ стрижневою машиною MYV C2S 3- in- 1 розраховуємо за формулою 2.13:

$$P_{\text{ст}} = lq\Phi_0\eta \quad (2.13)$$

l – коефіцієнт, що враховує втрати стисненого повітря ($l = 1,6$)

q – середньогодинні витрати повітря, м³/год ($q = 1700$ м³/год);

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год ($\Phi_0 = 1920$ год);

η – коефіцієнт використання стиснутого повітря ($\eta = 0,8$).

$$P_{\text{ст}} = 1,6 \cdot 1700 \cdot 1920 \cdot 0,8 = 4177920 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сумарні витрати стисненого повітря $\Sigma P_{\text{ст}}$ розраховуємо за формулою 2.14:

$$\Sigma P_{\text{ст}} = nP_{\text{ст}} \quad (2.14)$$

де, n – кількість обладнання, яке використовує стиснене повітря, шт ($n = 2$ шт);

$P_{\text{ст}}$ – витрати стисненого повітря, м³/рік ($P_{\text{ст}} = 4177920$ м³/рік).

$$P_{\text{ст}} = 2 \cdot 4177920 = 8355840 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		27

3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТОЇ ДЕТАЛІ «МУФТА» МЕТОДОМ ЛИТТЯ У РАЗОВІ ПІЩАНІ ФОРМИ

3.1 Обґрунтування технології виготовлення виливка

3.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь «Муфта» сполучає однакові або різні вали в машинах для передачі енергії та руху. Крім зазначеного, муфти можуть виконувати інші важливі функції: компенсацію невеликих монтажних відхилень взаємного розташування вузлів і агрегатів, роз'єднання валів, автоматичне керування роботою машини, плавне сполучення валів при запуску машин, захист машин від поломок в аварійному режимі тощо. [2]

Деталь «Муфта» виготовлена зі сталі 25Л ДСТУ 8781:2018, хімічний склад і механічні та ливарні властивості якої наведено в таблицях 3.1 та 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сплаву сталь 25Л за ДСТУ 8781:2018

C, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %	Cu, %	Fe, %
0,22-0,3	0,35-0,9	0,2-0,52	до 0,04	До 0,045	до 0,3	до 0,3	до 0,3	решта

Таблиця 3.2 – Механічні та ливарні властивості сталі 25Л за ДСТУ 8781:2018

Механічні властивості	
Нормалізація або нормалізація з відпуском	
Межа текучості σ_T , МПа	235
Тимчасовий опір σ_B , МПа	441
Відносне видовження δ , %	19

					<i>ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Пушка</i>			<i>РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Лук'яненко</i>					28	89
<i>Рецензент</i>		<i>Міницький</i>				<i>НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лютий</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Ямшинський</i>						

Продовження таблиці 3.1

Відносне звуження ψ , %	30
Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²	392
Гартування і відпуск	
Межа текучості σ_T , МПа	294
Тимчасовий опір σ_B , МПа	491
Відносне видовження δ , %	22
Відносне звуження ψ , %	33
Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²	343
Ливарні властивості	
Рідкотекучість, од.	1
Лінійна усадка, %	2,2-2,3

Габаритні розміри: 390x235 мм.

Мінімальна товщина стінки 9 мм, максимальна – 15,5 мм.

Маса деталі 26 кг, відноситься до дрібного литва та 2ї групи складності.

Деталь має елементи, які литвом не отримуємо: шліци, 6 отворів Ø8 мм, 2 отвори Ø24 мм.

3.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка

Необхідно забезпечити певні положення одержання якісного виливка: мінімальні витрати, максимальна механізація та автоматизація. Вибір основних обставин розроблення технології отримання виливка суттєво залежить від способу формування.

Задля того, щоб скоротити цикл виробництва та витрати енергії під час виготовлення форм та вибивання виливків допомагає використання сирих форм із піщано-глинястої суміші (далі - ПГС).

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

Даний виливок виготовляється в серійному виробництві.

Виходячи із маси, конфігурації, товщини стінок, серійності виробництва та засад продуктивності праці обираємо машинну формовку в парних опоках із роз'ємною моделлю.

3.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі

При визначенні положення форми при заливанні виходимо з таких міркувань:

1) найбільш відповідальні поверхні виливки, що піддаються механічній обробці, необхідно розміщувати у нижній частині форми;

2) необхідно забезпечити найкоротший шлях проходження металу від ливникової системи до виливка;

3) положення виливка у формі має забезпечувати найпростіше оформлення ливникової системи;

4) форми для виливків, що мають конфігурацію тіл обертання з зовнішніми і внутрішніми поверхнями, що обробляються, краще заливати у вертикальному положенні;

5) для виливків, що мають порожнини, що оформлюються стрижнями, необхідно забезпечення надійної установки та фіксації стрижнів на знаках у нижній напівформі. Кріплення стрижнів у верхній напівформі є трудомістким і менш надійним.[3]

Вибір площини роз'єму підпорядкований вибору положення форми заливки.

Поверхня рознімання форми повинна забезпечувати такі положення:

- форма та модель, по можливості, повинні мати одну поверхню роз'єму, бажано плоску горизонтальну, зручну для виготовлення та збирання форми;

										ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
											30
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата							

- модель повинна вільно витягуватися з форми;
- при формуванні в парних опоках слід прагнути до того, щоб загальна висота форми була мінімальною. [3]

Деталь «Муфта» є тілом обертання. Керуючись правилами описаними вище, розташовуємо модель, вісь обертання якої перпендикулярна до площини розліву форми, у двох напівформах (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Схема розташування моделі у формі

3.1.4 Вибір припусків на механічне оброблення

Виливок має 4 циліндричних та 6 плоских поверхонь, що оброблюються. На циліндричну поверхню з номінальним розміром 110 мм призначаємо технологічний напуск для створення умов направленої кристалізації у відповідному термічному вузлі.

Величини припусків на механічне оброблення призначено у відповідності до вимог ГОСТ 26645-85 та занесено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Величини припусків на механічне оброблення

Тип сплаву	25Л ДСТУ 8781:2018
Технологічний процес	Форми по-сирому, ПГС, вологість 3,5-4,5%
Найбільший габаритний розмір, мм	390
Клас розмірної точності	11

Продовження таблиці 3.3

Ступінь жолоблення	7									
Ступінь точності поверхні	15									
Клас точності	10									
Номінальний розмір вилівка, мм	Ø92	Ø120	Ø390	Ø 372	135	120	390	117	107	138
Шорсткість поверхні	6,3	1,6	12,5	1,6	12,5	1,6	12,5	12,5	12,5	3,2
Допуск розміру вилівка, мм	4,4	5,0	6,4	6,4	5,0	5,0	6,4	5,0	5,0	5,0
Допуск форми, мм	0,5	0,5	1,6	1,6	0,64	0,5	1,6	0,5	0,5	0,5
Загальний допуск, мм	5,0	5,0	7,0	7,0	5,0	5,0	7,0	5,0	5,0	5,0
Вид кінцевої обробки	напівчистова	чистова	чорнова	чистова	чорнова	чистова	чорнова	чорнова	чорнова	напівчистова
Ряд припусків	8									
Загальний припуск на сторону, мм	5,3	6,0	4,8	7,8	3,8	6,0	4,9	3,8	3,8	5,3
Прийнятий припуск, мм	5,3	6,0	4,8	7,8	3,8	6,0	4,9	4,0	3,8	5,3

Точність вилівка 11-7-15-10 ГОСТ 26645-85.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					32

Припуски на механічне оброблення зображено на креслені згідно ГОСТ 3.1125-88.

3.1.5 Вибір кількості та меж стрижнів

Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та вилівка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

В нашому випадку для виконання внутрішніх отворів застосовується: 4 стрижня для виконання фасонних наскрізних отворів (рис. 3.2, а), стрижень для виконання центрального циліндричного отвору (рис. 3.2, б).

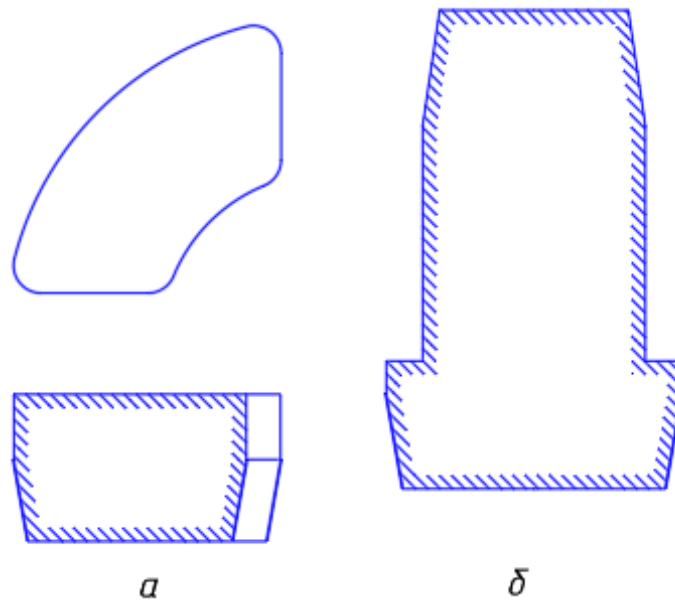


Рисунок 3.2 – Конфігурація стрижнів деталі «Муфта» для відтворення заданої внутрішньої поверхні:

а – фасонного наскрізного отвору;

б – центрального циліндричного отвору

Узагальнені дані розмірів стрижнів заносимо у таблицю 3.4.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					33

Таблиця 3.4 – Результати вибору розмірів знаків, зазорів, ухилів стрижнів

Номер стрижня	Номінальний розмір стрижня, мм	Висота стрижня, мм	Висота нижнього знаку, мм	Висота верхнього знаку, мм	Ухил знаку		Технологічний зазор, мм
					α	β	
					град	град	
1-4	225	24	30	-	10	-	0,4
5	108	140	35	-	10	-	0,4

Технологія стрижня на креслені зображено згідно ГОСТ 3.1125-88.

3.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок

3.2.1 Розрахунок лінійних розмірів опок

Основний принцип, яким керуються при виборі опок, є максимальне використання об'єму ливарної форми. При цьому треба враховувати, що надмірне близьке розташування моделей одна біля одної, а також від стінок і верху (низу) опоки може привести до руйнування форми при заливанні і витікання металу. Надмірно великі відстані між моделями приводять до зниження продуктивності праці на ділянках сумішеприготування, формування, вибивання, а також до підвищення витрати формувальних матеріалів.[4]

Враховуючи габаритні розміри вилівка 400x245 мм, масу вилівка 32 кг та розміщення елементів ливникової системи у формі розміщуємо один вилівок, з відповідним розміщенням у напівформах.

Таблиця 3.5 – Мінімальні відстані від вилівка до стінок опоки

Позначення	Від верху моделі до верху опоки	Від низу моделі до низу опоки	Від моделі до стінки опоки	Між моделлю та шлаковловлювачем
	a	b	c	d
Розмір, мм	70	90	50	40

Попередній розрахунок опоки проводимо за схемою (рис.3.3):

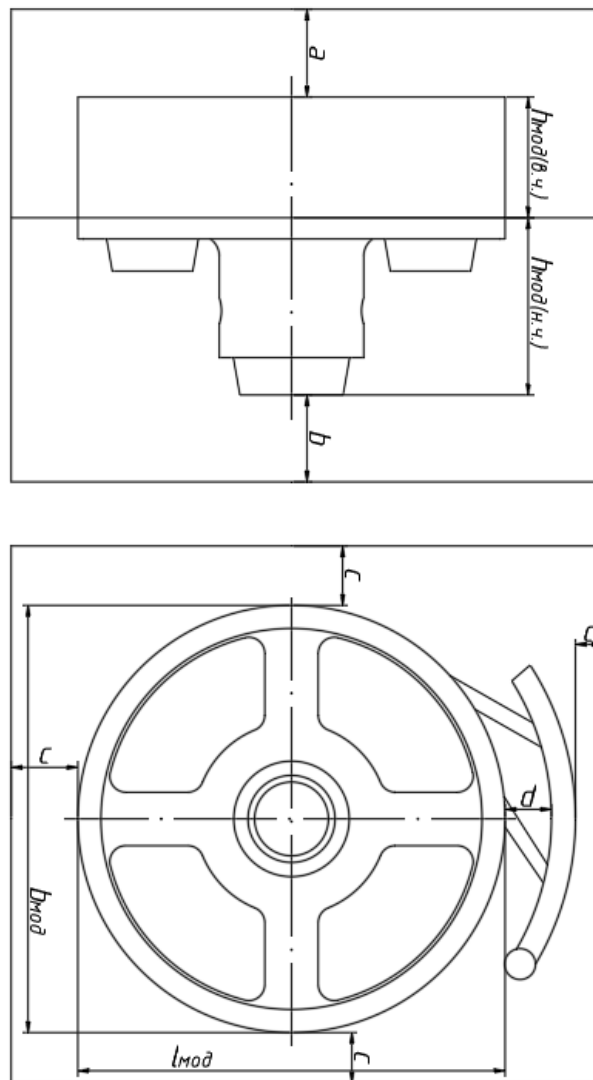


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку розмірів опоки

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
-----	-------	---------	--------	------

ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ

Аркуш

35

Довжина опоки:

$$L_{\text{оп(р)}} = l_{\text{мод}} + 2c + d \quad (3.1)$$

де, $L_{\text{оп(р)}}$ – розрахункова довжина опоки, мм;

$l_{\text{мод}}$ – довжина моделі, мм;

c – відстань від моделі до стінки опоки, мм;

d – довжина між моделлю та шлаковловлювачем, мм.

$$L_{\text{оп(р)}} = 390 + 2 * 50 + 40 = 530 \text{ мм.}$$

Ширина опоки:

$$B_{\text{оп(р)}} = b_{\text{мод}} + 2c \quad (3.2)$$

де, $B_{\text{оп(р)}}$ – розрахункова ширина опоки, мм;

$b_{\text{мод}}$ – ширина моделі, мм;

c – відстань від моделі до стінки опоки, мм.

$$B_{\text{оп(р)}} = 390 + 2 * 50 = 490 \text{ мм.}$$

Висота нижньої опоки:

$$H_{\text{оп(р)}}^{\text{Н}} = h_{\text{мод(н.ч)}} + b \quad (3.3)$$

де, $H_{\text{оп(р)}}^{\text{Н}}$ – розрахункова висота нижньої опоки, мм;

$h_{\text{мод(н.ч.)}}$ – висота моделі в нижній опоці, мм;

b – відстань від низу моделі до низу опоки.

$$H_{\text{оп(р)}}^{\text{Н}} = 165,8 + 90 = 255,8 \text{ мм.}$$

Висота верхньої опоки:

$$H_{\text{оп(р)}}^{\text{В}} = h_{\text{мод(в.ч.)}} + a = 112,9 + 70 = 182,9 \text{ мм} \quad (3.4)$$

де, $H_{\text{оп(р)}}^{\text{В}}$ – розрахункова висота верхньої опоки, мм;

$h_{\text{мод(в.ч.)}}$ – висота моделі у верхній опоці, мм;

a – відстань від низу моделі до низу опоки, мм.

$$H_{\text{оп(р)}}^{\text{В}} = 112,9 + 70 = 182,9 \text{ мм.}$$

Отже, розрахункові розміри опоки:

$$L \times B \times \frac{H^{\text{В}}}{H^{\text{Н}}} = 530 \times 490 \times \frac{183}{256}$$

За ГОСТ 15002-69 обираю таку опоку:

$$L \times B \times \frac{H^{\text{В}}}{H^{\text{Н}}} = 600 \times 500 \times \frac{200}{250}$$

3.2.2 Характеристика вибраних опок

Ливарна цільнолита чавунна прямокутна опока, призначена для виготовлення піщаних форм при машинному, піскометному та ручному формуванні.

Фіксування опок проводимо за допомогою направляючого та центрального штирів.

Скріплення приливів опок проводимо за допомогою скоб.

Транспортування опок, а також готових напівформ виконуємо за допомогою цапф.

У стінках опок передбачено отвори для виходу газів.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	Ф/Л81.8107.1110.0000ПЗ					37

3.3 Розрахунок ливникової системи

3.3.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу в форму

Процес заливання, що включає підведення рідкого сплаву до порожнини ливарної форми через сукупність каналів, значною мірою визначає якість литої заготовки. Неправильно розроблений процес заливання веде до одержання виливка з ливарними дефектами, навіть якщо ливарна форма та рідкий сплав доброї якості.

Для дрібних і середніх за масою виливків обирається переважно горизонтальна ливникова система з підведенням металу в площині розніму. Великою перевагою підведення металу в площині розніму є простота виконання при змозі одночасного досягнення необхідної якості виливка. [5]

3.3.2 Розрахунок надливів

Для створення направленої кристалізації сталевого виливка «Муфта» на термічні вузли встановлюємо надливи закритої напівсферичної форми з фігурним поперечним розрізом прямого живлення.

Параметри стінки виливка, що підживлюються за кресленням:

товщина $\delta_B = 27$ мм, висота $H_B = 42$ мм.

Розрахунок діаметру надливу:

$$D_H = (1,6 \dots 2,1)\delta_B \quad (3.5)$$

де, D_H – діаметр надливу, мм;

δ_B – товщина стінки виливка, що підживлюється, мм ($\delta_B = 27$ мм).

$$D_H = (1,6 \dots 2,1) \cdot 27 = 43,2 \dots 56,7 \text{ мм.}$$

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата						38

Діаметр надливу конструктивно зменшуємо до 40 мм.

Розрахунок висоти надливу:

$$H_H = (1,1 \dots 2,1)D_H \quad (3.6)$$

де, H_H – висота надливу, мм;

D_H – діаметр надливу, мм ($D_H = 40$ мм).

$$H_H = (1,1 \dots 2,1) \cdot 40 = 44 \dots 84 \text{ мм.}$$

Висоту надливу обираємо 44 мм.

Розрахунок довжини надливу:

$$B_H = (1,0 \dots 2,0)D_H \quad (3.7)$$

де, B_H – довжина наливу, мм;

D_H – діаметр надливу, мм ($D_H = 40$ мм);

$$B_H = (1,0 \dots 2,0) \cdot 40 = 40 \dots 80 \text{ мм.}$$

Довжину надливу конструктивно обираємо 40 мм.

Розрахунок радіусу дії надливу:

$$R_d = \frac{B_H}{2} + (1,25 \dots 1,5)\delta_B \quad (3.8)$$

де, R_d – радіус дії надливу, мм;

B_H – довжина наливу, мм ($B_H = 40$ мм);

δ_B – товщина стінки виливка, що підживлюється, мм ($\delta_B = 27$ мм).

$$R_d = \frac{40}{2} + (1,25 \dots 1,5) \cdot 27 = 53,75 \dots 60,5 \text{ мм.}$$

Розрахунок кількості надливів:

$$n = \frac{\pi R_B}{R_d} \quad (3.9)$$

де, n – кількість надливів, шт;

R_B – радіус розташування надливів, мм (за кресленням $R_B = 54$ мм);

R_d – радіус дії надливу, мм ($R_d = 53,75 \dots 60,5$ мм).

$$n = \frac{3,14 \cdot 54}{53,75 \dots 60,5} = 3,2 \dots 2,8.$$

Для одночасного живлення частин вилівка між фасонними отворами та термічних вузлів рідким металом кількість надливів конструктивно збільшуємо до 4х шт.

Отже, встановлюємо 4 надлива з відповідним розташуванням масою 0,5 кг кожен.

3.3.3 Розрахунок площ основних елементів ливникової системи

Розрахунок ливникових систем для сталевого литва за методом Г.М. Дубицького дає задовільні результати для дрібного литва при заливанні форм чайниковим ковшем. [5]

За формулою Дітерта (3.10) визначаємо середню розрахункову висоту металостатичного напору $H_{сер}$:

$$H_{сер} = H_0 - \frac{P^2}{2C} \quad (3.10)$$

де, H_0 – висота стояка до рівня металу у ливниковій воронці, мм ($H_0 = 20$ см);

P – висота частини вилівка над живильником, мм ($P = 11,3$ см);

C – висота вилівка у ливарній формі, мм ($C = 24,4$ см).

									Аркуш
									40
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				

$$H_{\text{сер}} = 20 - \frac{11,3^2}{2 \cdot 24,4} = 17,4 \text{ см.}$$

Сумарний переріз площі живильників $\Sigma F_{\text{ж}}$ визначаємо за формулою 3.11:

$$\Sigma F_{\text{ж}} = \frac{G}{\mu \cdot \tau \cdot 0,317 \sqrt{H_{\text{сер}}}} \quad (3.11)$$

де, G – маса виливків з ливниково-живлячою системою у ливарній форм, кг;

μ – загальний коефіцієнт витрати у ливниковій системі для сталевих виливків ($\mu = 0,32$);

τ – тривалість заливання, с;

$H_{\text{сер}}$ – середня розрахункова висота металостатичного напору, мм ($H_{\text{сер}} = 17,4 \text{ см}$).

Розрахунок складових формули 3.11:

$$G = G_{\text{в}} + G_{\text{лс}} + (n_{\text{надл}} \cdot m_{\text{надл}}) \quad (3.12)$$

де, $G_{\text{в}}$ – маса виливка, г ($G_{\text{в}} = 32 \text{ кг}$);

$G_{\text{лс}}$ – теоретично прийнята маса ливникової системи, г (20% від $G_{\text{в}}$);

$n_{\text{надл}}$ – кількість надливів на 1 виливок, шт ($n_{\text{надл}} = 4 \text{ шт}$);

$m_{\text{надл}}$ – маса одного надливу, г ($m_{\text{надл}} = 0,5 \text{ кг}$).

$$G = 32 + (0,2 \cdot 32) + (4 \cdot 0,5) = 40,4 \text{ кг.}$$

$$\tau = S^3 \sqrt{G \delta} \quad (3.13)$$

де, S – постійний коефіцієнт, який залежить від товщини стінки ($S = 1,5$);

δ – середня товщина стінок виливка, мм ($\delta = 24 \text{ мм}$).

$$\tau = 1,5^3 \sqrt{40,4 \cdot 24} = 14,8 \text{ с.}$$

$$\Sigma F_{\text{ж}} = \frac{40,4}{0,32 \cdot 14,8 \cdot 0,317 \sqrt{17,4}} = 6,45 \text{ см}^2.$$

При виготовленні невеликих сталевих виливків масою до 1 т у вологих формах співвідношення площ перерізів між елементами ливникової системи, з котрих розраховують площі перерізів інших елементів ливникової системи, приймаємо такими [5]:

$$\Sigma F_{\text{ж}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1,4:1:1,4 \quad (3.14)$$

де $\Sigma F_{\text{ж}}$ – сумарна площа перерізу живильників;

$\Sigma F_{\text{шл}}$ – сумарна площа перерізу шлаковловлювачів;

$\Sigma F_{\text{ст}}$ – сумарна площа перерізу стояків.

3.3.4 Визначення лінійних розмірів усіх елементів

Площу поперечного перерізу живильника $F_{\text{ж}}$ (см²) розраховуємо за формулою 3.15:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\Sigma F_{\text{ж}}}{n_{\text{ж}}} \quad (3.15)$$

де, $\Sigma F_{\text{ж}}$ – сумарна площа перерізу живильників, см²;

$n_{\text{ж}}$ – кількість живильників на форму ($n_{\text{ж}} = 2$ шт).

$$F_{\text{ж}} = \frac{6,45}{2} = 3,22 \text{ см}^2.$$

Приймаємо форму живильника – півсфера (рис 1.4).

Лінійний розмір живильника $R_{\text{ж}}$ розраховуємо за формулою 3.16:

$$R_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{\text{ж}}}{\pi}} \quad (3.16)$$

де, $F_{\text{ж}}$ – площа перерізу живильника, см².

$$R_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,22}{3,14}} = 1,5 \text{ см.}$$

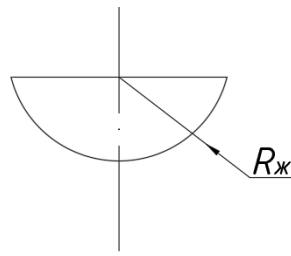


Рисунок 3.4 – Переріз живильника

Довжину живильника ($l_{\text{ж}}$) конструктивно задаємо 8 см.

Після стояка метал, що заливається, йде в одному напрямку, тому площа поперечного перерізу шлаковловлювача $F_{\text{шл}}$ визначається сумарною площею перерізу шлаковловлювачів $\Sigma F_{\text{шл}}$ та співвідношенням 3.14.

$$F_{\text{шл}} = \Sigma F_{\text{шл}} = \frac{\Sigma F_{\text{ж}}}{1,4} \quad (3.17)$$

$$F_{\text{шл}} = \frac{6,45}{1,4} = 4,61 \text{ см}^2.$$

Для якісного вбирання шлаку та інших неметалічних домішок встановлюємо шлаковловлювач трапецевидної форми (рис. 3.5).

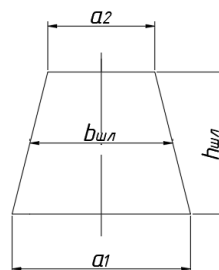


Рисунок 3.5 – Переріз шлаковловлювача

Розрахунок лінійних розмірів шлаковловлювача:

Ширина шлаковловлювача:

$$b_{\text{шл}} = \sqrt{F_{\text{шл}}} \quad (3.18)$$

де, $b_{\text{шл}}$ – ширина шлаковловлювача, см;

$F_{\text{шл}}$ – площа поперечного перерізу шлаковловлювача, см^2

($F_{\text{шл}} = 4,61 \text{ см}^2$).

$$b_{\text{шл}} = \sqrt{4,61} = 2,2 \text{ см.}$$

Висота шлаковловлювача:

$$h_{\text{ш}} = b_{\text{шл}} \quad (3.19)$$

де, $h_{\text{шл}}$ – висота шлаковловлювача, см;

$b_{\text{шл}}$ – ширина шлаковловлювача, см.

$$h_{\text{ш}} = 22 \text{ см.}$$

Довжина нижньої основи шлаковловлювача:

$$a_1 = b_{\text{шл}} + 5 \quad (3.20)$$

де, a_1 – довжина нижньої основи шлаковловлювача, см;

$b_{\text{шл}}$ – ширина шлаковловлювача, см.

$$a_1 = 2,2 + 5 = 2,7 \text{ см.}$$

Довжина верхньої основи шлаковловлювача:

$$a_2 = b_{\text{шл}} - 5 \quad (3.21)$$

де, a_2 – довжина нижньої основи шлаковловлювача, см;

$b_{\text{шл}}$ – ширина шлаковловлювача, см.

$$a_2 = 2,2 - 5 = 1,7 \text{ см.}$$

Довжину шлаковловлювача ($l_{\text{шл}}$) конструктивно задаємо 20 см.

Площа поперечного перерізу стояка $F_{\text{ст}}$ визначається сумарною площею перерізу стояка $\Sigma F_{\text{шл}}$ та співвідношенням 3.14.

$$F_{\text{ст}} = \Sigma F_{\text{ст}} = 1,4 \cdot \Sigma F_{\text{ж}} \quad (3.22)$$

$$F_{\text{ст}} = 1,4 \cdot 4,61 = 6,45 \text{ см}^2.$$

Приймаємо стояк з круглим поперечним перерізом (рис. 3.6).

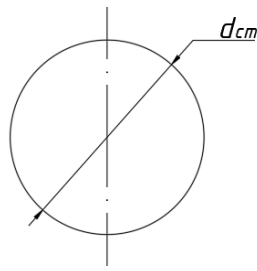


Рисунок 3.6 – Переріз стояка

Лінійний розмір стояка $d_{ст}$ розраховуємо за формулою 3.23:

$$d_{ст} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}}{\pi}} \quad (3.23)$$

де, $F_{ст}$ – площа поперечного перерізу стояка, $см^2$ ($F_{ст} = 6,45$ $см^2$).

$$d_{ст} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,45}{3,14}} = 2,9 \text{ см.}$$

Лінійний розмір стояка $d_{ст}$ конструктивно збільшено до 3 см.

Висоту стояка ($h_{ст}$) конструктивно задаємо 20 см.

Лінійні розміри ливникової воронки задаємо конструктивно.

Діаметр воронки $D_{вор}$ – 4,2 см.

Висота воронки $H_{вор}$ – 4 см.

Об'єм ливникової воронки $V_{вор}$ розраховуємо за формулою 3.24:

$$V_{вор} = \frac{\pi \cdot H_{вор}}{12} \cdot (D_{вор}^2 + d_{ст}^2 + D_{вор} \cdot d_{ст}) \quad (3.24)$$

де, $H_{вор}$ – висота воронки, см ($H_{вор} = 4$ см);

$D_{вор}$ – висота воронки, см ($D_{вор} = 4,2$ см);

$d_{ст}$ – лінійний розмір стояка, см ($d_{ст} = 3$ см).

$$V_{вор} = \frac{\pi \cdot 4}{12} \cdot (4,2^2 + 3^2 + 4,2 \cdot 3) = 41,1 \text{ см}^3$$

Примітки:

Всі лінійні розміри елементів ливникової системи вказані з округленням до більшого цілого числа.

Для плавного заповнення форми встановлюємо металоприймач.

3.3.5 Розрахунок маси ливникової системи

Об'єм ливникової системи $V_{\text{лс}}$ розраховуємо за формулою 3.25:

$$V_{\text{лс}} = F_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} + F_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}} \cdot n_{\text{шл}} + F_{\text{ст}} \cdot h_{\text{ст}} + V_{\text{вор}} \quad (3.25)$$

де, $F_{\text{ж}}$ – площа перерізу живильника, м^2 ($F_{\text{ж}} = 3,22 \text{ см}^2$);

$n_{\text{ж}}$ – кількість живильників на форму ($n_{\text{ж}} = 2$ шт);

$l_{\text{ж}}$ – довжина живильника, см ($l_{\text{ж}} = 8 \text{ см}$);

$F_{\text{шл}}$ – площа поперечного перерізу шлаковловлювача, см^2

($F_{\text{шл}} = 4,61 \text{ см}^2$);

$l_{\text{шл}}$ – довжина шлаковловлювача, см ($l_{\text{шл}} = 20 \text{ см}$);

$n_{\text{шл}}$ – кількість шлаковловлювачів на форму ($n_{\text{шл}} = 1$ шт);

$F_{\text{ст}}$ – площа поперечного перерізу стояка, см^2 ($F_{\text{ст}} = 6,45 \text{ см}^2$);

$h_{\text{ст}}$ – висота стояка, см ($h_{\text{ст}} = 20 \text{ см}$);

$V_{\text{вор}}$ – об'єм ливникової воронки, см^3 ($V_{\text{вор}} = 41,1 \text{ см}^3$).

$$V_{\text{лс}} = 3,22 \cdot 2 \cdot 8 + 4,61 \cdot 20 \cdot 1 + 6,45 \cdot 20 + 41,1 = 313,82 \text{ см}^3$$

Масу ливникової системи $G_{\text{лс}}$ (кг) розраховуємо за формулою 3.26:

$$G_{\text{лс}} = V_{\text{лс}} \cdot \gamma_{\text{р.м.}} \quad (3.26)$$

де, $V_{\text{лс}}$ – об'єм ливникової системи, см^3 ($V_{\text{лс}} = 313,82 \text{ см}^3$);

$\gamma_{\text{р.м.}}$ – густина рідкого металу, що заливається ($\gamma_{\text{р.м.}} = 7,83 \cdot 10^{-3} \text{ кг/см}^3$).

$$G_{\text{лс}} = 313,82 \cdot 7,83 \cdot 10^{-3} = 2,45 \text{ кг.}$$

Таким чином, спроектована ливникова система забезпечила менші витрати металу порівняно з теоретичним заданим значенням (6,4 кг).

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				46

Перерахуємо масу виливків з ливниково-живлячою системою у формі:

$$G = 32 + 2,45 + (4 \cdot 0,5) = 36,45 \text{ г.}$$

Звідси,

$$\tau = 1,5^3 \sqrt{36,46 \cdot 24} = 14,4 \text{ с.}$$

3.4 Формувальні та стрижневі суміші

3.4.1 Обґрунтування вибору складу сумішей

Для отримання якісних форм, стрижнів і придатних виливків формувальні і стрижневі суміші повинні володіти технологічними властивостями та відповідати певним вимогам.

У формувальних сумішах для сталевих виливків використовують кварцовий пісок марки 4К₃О₂02 ГОСТ 2138-91. Для дрібних виливків середній розмір зерна може бути знижений до 0,16 мм. Це пов'язано з необхідністю підвищити вогнетривкість сумішей та їх газопроникність.

У серійному виробництві виливків каолінові глини в єдиних формувальних сумішах дедалі частіше замінюються високоякісними бентонітовими глинами.

Подорожчання, пов'язане з використанням цих сумішей, компенсується меншим вмістом у суміші бентонітів по відношенню до каолінів, оскільки бентоніти мають більшу питому міцність, ніж каоліни, а також зменшенням рівня вологості сумішей, що дуже важливо для зниження їх газотвірності. Бентонітові суміші мають знижену термічну стійкість у порівнянні з каоліновими, але достатньою для тонкостінних виливків. Більш того, з використанням бентонітових сумішей підвищуються точність та якість поверхні виливків.[6]

									Аркуш
									47
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	Ф/Л81.8107.1110.0000ПЗ				

Враховуючи вимоги, які ставляться до виливка застосовуємо сиру єдину піщано-бентонітову суміш для виготовлення форм, склад та властивості якої наведено в таблиці 3.6.

Для стрижневих сумішей рекомендується використовувати формувальні піски вищого сорту з використанням зв'язуючих компонентів на основі смол гарячого та холодного тверднення при серійному виробництві виливків.[7]

В ХТС зв'язувальними компонентами є: карбомідні, карбомідофуранові, фенолофуранові смоли та інші, а також каталізатор, у присутності якого суміш зміцнюється. Каталізаторами служать органічні чи неорганічні кислоти (бензосульфокислота, ортофосфорна, азотна кислота тощо). ХТС має високу міцність, газопроникність, податливість, вибиваємість; її застосування дозволяє виключити із технологічного процесу теплове сушіння стрижнів. Склад та властивості обраної стрижневої суміші представлена у таблиці 3.7.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					48

3.4.2 Рецетура та властивості сумішей

Таблиця 3.6 – Піщано-бентонітова суміш для формування по-сирому

Тип суміші	Склад суміші, мас.%				Властивості суміші		
	Оборотна суміш	Кварцевий пісок 4K ₃ O ₂ 016	Бентонітова глина ІКО Bond G	Добавки	Вологість, %	Газопроникність	Межа міцності на стиск, кПа
Єдина для машинної формовки	90...95	3...7	0,4...0,8	0,03...0,07 ПАР	3,0-3,5	>120	170-210

Таблиця 3.7 – Склад та властивості стрижневої суміші

Тип суміші	Склад суміші, мас. %			Властивості
	Кварцовий пісок 1K ₁ O ₁ 02Б	Фенольноізоціанатна композиція PERMACURE 705 Part I	Газовий каталізатор (амін)	Живучість, год
Стрижнева для Cold-Box Amin процесу	99,2...99,5	0,5...0,8	PERMACURE TEA	2...4

3.4.3 Методи запобігання утворенню пригару

Пригар на виливках є одним із найпоширеніших дефектів, що значно збільшують трудомісткість фінішних операцій. Механізм утворення пригару вивчається вже багато років, проте досі ще не знайдено унікальний спосіб повного усунення пригару в рамках реального виробництва. Це пов'язано з великою кількістю факторів, що впливають на утворення пригару (сплав, що заливається, склад формувальної суміші, маса та конфігурація виливка тощо).

Для дрібного виливка із середньою товщиною стінки 24 мм виготовленого зі сплаву сталь 25Л ДСТУ 8781:2018, що заливається у сиру єдину піщано-бентонітну формувальну суміш наведено два алгоритма: для одержання пригару, що легко відділяється (поверхня метал-форма) та для максимального усунення пригару (поверхня метал-стрижень).

Алгоритм для запобігання утворенню пригару на поверхні метал-форма:

- 1) Використати дрібну фракцію формувального піску з підвищеним ступенем ущільнення форми;
- 2) Додати у єдину формувальну суміш невеликі (0,2-2%) добавки Mg_2CO_3 , $NaCl$ або інших солей;
- 3) Створити відновне середовище у формі;
- 4) Витримати на допустимому рівні температурно-часовий режим заливання форми для відповідної фракції піску.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					50

Алгоритм для запобігання утворенню металу на поверхні метал-стрижень:

- 1) Виготовити придатний до використання стрижень;
- 2) На стрижень нанести пензлем, розмішавши попередньо, готове до використання протипригарне самовисихаюче покриття на спиртовій основі Zirkofluid 1219[8].

3.4.4 Технологія приготування сумішей

В основі технологічного процесу приготування сирової єдиної формувальної суміші лежить рівномірне змішування таких компонентів: регенованої оборотної суміші, підготовлених свіжих матеріалів та води.

Глинясту складову вводимо у вигляді суспензії. Перевагою варіанту використання глинястої суспензії є усунення операцій сушіння та розмелювання, що супроводжуються рясним пиловиділенням.

Приготування проводимо у маятниковому змішувачі моделі Simpson Speedmullor Batch Mixer 100B[9]. Складові частини замісу завантажуються в міксер зверху через затвори відповідних витратних бункерів. Вода подається через водопровідну мережу.

Стрижневу ХТС готуємо в шнековому змішувачі Triton TS2.

Приготування суміші здійснюємо послідовним перемішуванням піску та зв'язувального компоненту. Продування газовим каталізатором здійснюється безпосередньо в стрижневій машині.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					51

3.5 Характеристика модельного комплекту

3.5.1 Обґрунтування вибраних матеріалів

Враховуючи масу виливка, серійне виробництво, спосіб формування, переваги, недоліки, особливості та термін експлуатації до капітального ремонту модельних комплектів обираємо пластмасовий модельний комплект.

Пластмасові моделі на основі епоксидних смол мають високу механічну міцність та точність, не піддаються коробленню, розбуханню, всиханню та корозії, мають малий коефіцієнт прилипання та незначну силу зчеплення з формувальною та стрижневою сумішами.[10]

Рецепт суміші для виготовлення пластмасового модельного комплекту вказано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Рецепт суміші для виготовлення пластмасового модельного комплекту

Тип суміші	Склад суміші, мас. ч.			
	Смола	Пластифікатор	Затверджувач	Наповнювач
Для виготовлення пластмасового модельного комплекту	ЕД-16	Дибутилфталат	Поліетиленполнамін	Скловолокно
	ГОСТ 10587-84			
	100	20	10	40

Для виготовлення стрижнів використовуємо алюмінієвий стрижневий ящик зі сплаву АК5М, хімічний склад та механічні властивості якого наведено в таблицях 3.9 та 3.10 відповідно.

Таблиця 3.9 – Хімічний склад сплаву АК5М за ДСТУ 2839-94

Mg, %	Si, %	Cu, %	Al, %
0,4-0,65	4,5-5,5	1,0-1,5	решта

Таблиця 3.10 – Властивості сплаву АК5М за ДСТУ 2839-94

Сплав	Тимчасовий опір на розрив, МПа	Відносне подовження, %	Твердість, НВ	Лінійна усадка, %	Рідкотекучість, мм (за спіральною пробою)
АК5М	147-235	0,5-2,0	65-70	1,10	750

3.5.2 Склад модельного комплекту

Перелік модельного комплекту для виготовлення виливка «Муфта»:

- модельна плита верху та низу (по 1 шт);
- модель виливка (складається з двох частин) (1 шт);
- модель живильника (2 шт);
- модель шлаковловлювача (1 шт);
- модель стояка (1 шт);
- модель металоприймача (1 шт);
- модель воронки (1 шт);
- стрижневий ящик (2 шт)

3.5.3 Особливості конструкції модельної плити

Встановлюємо модель низу на модельній плиті 0280-0301 ГОСТ 20094-74. Кріплення моделі та елементів ливникової системи на модельній плиті здійснюємо гвинтами; центрування моделі – штифтами.

Товщина стінки моделі 9 мм, модель доповнена ребрами жорсткості за ГОСТ 19505-86.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					53

Клас точності модельного комплекту – 6 (згідно ГОСТ 3212-92).

3.5.4 Розрахунок лінійних розмірів моделі вилівка

Діаметр моделі вилівка D_M (мм) розраховуємо за формулою 3.27:

$$D_M = (D + 2\delta) \cdot \left(1 + \frac{Y}{100}\right) \quad (3.27)$$

де, D – діаметр деталі, мм ($D = 390$ мм);

δ – величина припуску на механічне оброблення, мм ($\delta = 4,8$ мм);

Y – величина усадки сплаву вилівка, % ($Y = 1,6\%$).

$$D_M = (390 + 2 \cdot 4,8) \cdot \left(1 + \frac{1,6}{100}\right) = 405,99 \text{ мм.}$$

Висоту моделі H_M (мм) визначаємо за формулою 3.28:

$$H_M = (H + \delta_B + \delta_H) \cdot \left(1 + \frac{Y}{100}\right) + h_{\text{н.зн.}} \quad (3.28)$$

де, H – висота деталі, мм ($H = 235$ мм);

δ_B, δ_H – величина припуску на механічне оброблення на відповідну сторону ($\delta_B = 4,9$ мм, $\delta_H = 3,8$ мм);

Y – величина усадки сплаву вилівка, % ($Y = 1,6\%$);

$h_{\text{н.зн.}}$ – висота нижнього знаку центрального стрижня, мм

($h_{\text{н.зн.}} = 35$ мм).

$$H_M = (235 + 4,9 + 3,8) \cdot \left(1 + \frac{1,6}{100}\right) + 35 = 282,6 \text{ мм.}$$

3.5.5 Особливості конструкції стрижневого ящика

За ГОСТ 19370-74 товщина стінок ящика – 8 мм, ребер жорсткості – 7 мм, бортів 12 мм. Стрижневий ящик – витряхний, нероз’ємний. Одномісний. На стрижневий ящик встановлюємо броню для збільшення терміну його експлуатації та кріпимо її гвинтами.

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					54

3.5.6 Способи попередження прилипання суміші до елементів модельного комплекту

Враховуючи малий коефіцієнт прилипання сумішей до пластмасових модельних комплектів, його елементи достатньо покрити сріблястим графітом.

Алюмінієві стрижневі ящики обробляємо антфрикційною модельною змазкою ОК-72.

3.6 Опис технології виготовлення виливка

3.6.1 Інструменти та пристрої, що використовуються для виготовлення форм і стрижнів

Виробництво форм та стрижнів для деталі «Муфта» забезпечує наступне устаткування:

1) автоматична формувальна лінія SIBLITMASH L420TV на якій виконуються наступні операції: вибивання виливка з форми, очищення опок; розбирання опок та їх послідовне передавання на формувальну машину; виготовлення напівформ піскострільним способом з подальшим підпресовуванням, збирання форм; транспортування форм в зону заливки та охолодження;

2) піскострільна стрижнева машина MYV C2S 3-in-1, яка призначена для виготовлення дрібних за вагою стрижнів COLD BOX AMIN процесом.

					Ф/Л81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		55

3.6.2 Заливання і вибивання форми, технологія очищення та обрубки виливка

Заливання проводимо чайниковим ковшем місткістю 1 т.

Температура заливання останньої форми сплавом сталь 25Лі ДСТУ 8781:2018 близько 1550°C.

Час заливання однієї форми 14,4 с.

Охолодження виливка відбувається близько 2 год до температури 200°C, після чого його вибивають з форми.

Елементи ливникової системи від виливка відрізаємо пневматичними кусачками.

Надливи відрізаємо кисневим списом.

Очищення поверхні виливка (пригар, залишки стрижневої суміші) проводимо в дробометній установці Gostol TST G.

Режим термічного оброблення: нормалізація при 880 - 900°C.

3.6.3 Можливі дефекти виливка, заходи з їх попередження і методи їх виправлення

Можливі дефекти виливка та заходи з їх попередження та виправлення показані в таблиці 3.11.

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		56

Таблиця 3.11 – Характерні дефекти для виливка «Муфта»

Дефект	Причина утворення	Заходи з попередження, методи виправлення
Незлитина	Наслідок незлиття потоків металу з пониженою рідкотекучістю або неправильного вибору місця підведення металу до порожнини форми	Підвищення рідкотекучості сталі; оптимальний час заливання форми; підвищення напору металу
Ужимина	Нерівномірна ущільненість форми, її підвищена вологість та газотвірність, недостатня газопроникність форми	Не допускати надмірного ущільнення суміші в формі
Газова шорсткість	Сирі форми і стрижні; низька газопроникність ливарної форми; захоплення повітря металом під час заливання його в форму	Підвищити газопроникність форми і поставити випори; визначити оптимальну швидкість заповнення форми металом

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ

Аркуш

57

3.7 Техніко-економічні показники

3.7.1 Розрахунок піднімальної сили

Загальна піднімальна сила на верхню півформу F_{Σ} з урахуванням кількості виливків та стрижнів у формі та гідравлічного удару в момент завершення заливання виливка «Муфта» розраховуємо за формулою 3.29:

$$F_{\Sigma} = K \cdot (F_B \cdot n_B - G_{\text{ВПФ}} + F_{\text{ЛС}}) \quad (3.29)$$

де, K – коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар ($K = 1,4$);

F_B – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н

n_B – кількість виливків у формі, шт ($n_B = 1$ шт);

$G_{\text{ВПФ}}$ – вага верхньої півформи (опоки з сумішшю), Н;

$F_{\text{ЛС}}$ – сила рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н.

Розрахунок складових формули 3.29:

$$F_B = n_B \cdot \rho \cdot g \cdot h_c \cdot S_M \quad (3.30)$$

де, n_B – кількість виливків у формі, шт ($n_B = 1$ шт);

ρ – густина металу, що заливається, кг/м³ ($\rho = 7830$ кг/м³);

g – прискорення земного тяжіння, м/с² ($g = 9,8$ м/с²);

h_c – середній металостатичний напір у верхній формі, м

($h_c = 0,174$ м);

S_M – площа горизонтальної проекції моделі, м² ($S_M = 0,119$ м²).

$$F_B = 1 \cdot 7830 \cdot 9,8 \cdot 0,174 \cdot 0,119 = 1589 \text{ Н.}$$

$$G_{\text{ВПФ}} = (m_{\text{оп}} + m_{\text{фс.впф}}) \cdot g \quad (3.31)$$

де, $m_{\text{оп}}$ – маса верхньої опоки, кг ($m_{\text{оп}} = 90$ кг);

$m_{\text{фс.впф}}$ – маса формувальної суміші у верхній півформі, кг.

$$m_{\text{фс.впф}} = (L_{\text{в.оп}} \cdot B_{\text{в.оп}} \cdot H_{\text{в.оп}} - V_B^{\wedge} \cdot n_B) \cdot \rho_{\text{фс}} \quad (3.32)$$

де, $L_{\text{в.оп}}, B_{\text{в.оп}}, H_{\text{в.оп}}$ – довжина, ширина, висота верхньої опоки відповідно, м;

V_B^{\wedge} – частина об'єму виливка, яка знаходиться у верхній півформі, м³
($V_B^{\wedge} = 0,0031 \text{ м}^3$);

n_B – кількість виливків у формі, шт ($n_B = 1$ шт);

$\rho_{\text{фс}}$ – густина формувальної суміші, кг/м³ (1600 кг/м³).

$$m_{\text{фс}} = (600 \cdot 500 \cdot 200 - 0,0031 \cdot 1) \cdot 1600 = 1691 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{впф}} = (90 + 1691) \cdot 9,8 = 17454 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{лс}} = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot S_{\text{лс}} \quad (3.33)$$

де, ρ – густина металу, що заливається, кг/м³ ($\rho = 7830 \text{ кг/м}^3$);

g – прискорення земного тяжіння, м/с² ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

h_c – середній металостатичний напір у верхній формі, м

($h_c = 0,174 \text{ м}$);

$S_{\text{лс}}$ – площа горизонтальної проекції ливникової системи, м²

($S_{\text{лс}} = 0,000002 \text{ м}^2$).

$$F_{\text{лс}} = 7830 \cdot 9,8 \cdot 0,174 \cdot 0,000002 = 0,03 \text{ Н.}$$

$$F_{\Sigma} = 1,4 \cdot (1589 \cdot 1 - 17454 + 0,03) = -22211 \text{ Н.}$$

Отже, додатково навантажувати форму непотрібно.

3.7.2 Розрахунок витрати формувальної та стрижневої сумішей на тонну придатного литва

Масу формувальної суміші у формі визначаємо за формулою:

$$m_{\text{фс}} = (L \cdot B \cdot H - \Sigma V_{\text{ст}} - \Sigma V_{\text{надл}} - n_B \cdot V_B - V_{\text{лс}}) \cdot \rho_{\text{фс}} \quad (3.34)$$

де, L, B, H – довжина, ширина, висота складеної форми, м;

$\Sigma V_{\text{ст}}$ – сумарний об'єм стрижнів, м³ ($\Sigma V_{\text{ст}} = 0,003 \text{ м}^3$);

$\Sigma V_{\text{надл}}$ – сумарний об'єм надливів м³ ($\Sigma V_{\text{надл}} = 0,000067 \text{ м}^3$);

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		59

3.7.3 Розрахунок виходу придатного литва

Технологічний вихід придатного литва (%) визначаємо за формулою 3.35:

$$ВП_{\text{тех}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}{G} \cdot 100\% \quad (3.35)$$

де, $m_{\text{в}}$ – маса виливка, кг ($m_{\text{в}} = 32$ кг);

$n_{\text{в}}$ – кількість виливків у формі, шт ($n_{\text{в}} = 1$ шт);

G – маса виливків з ливниково-живлячою системою у ливарній форм, кг ($G = 36,45$ кг).

$$ВП_{\text{тех}} = \frac{32 \cdot 1}{36,45} \cdot 100 = 87,8\%$$

Металургійний вихід придатного литва (%) визначаємо за формулою 3.36:

$$ВП_{\text{мет}} = ВП_{\text{тех}} \cdot \frac{(100-Y)(100-B)(100-Б)}{10^6} \quad (3.36)$$

де Y – угар металу при плавленні ($Y = 2\%$);

B – безповоротні втрати металу ($B = 1,5\%$)

$Б$ – брак литва ($Б = 3\%$);

$$ВП_{\text{мет}} = 87,8 \cdot \frac{(100 - 2)(100 - 1,5)(100 - 3)}{10^6} = 82,2\%$$

Маса металозавалки (кг) визначаємо за формулою 1.37:

$$M = \frac{1000}{ВП_{\text{мет}}} \cdot 100\% \quad (3.37)$$

де, $ВП_{\text{мет}}$ – металургійний вихід придатного литва, %.

$$M = \frac{1000}{82,2} \cdot 100 = 1216 \text{ кг}$$

									Аркуш
									61
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				

4 ПРОЄКТУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ

4.1 Технологічне обґрунтування для проєктування

Засади модернізації виробничих процесів пов'язані з підвищенням якості поверхонь та геометричної точності виливків. Жорсткі вимоги привели до створення нових технологій, в тому числі і з використанням піскострільного процесу.

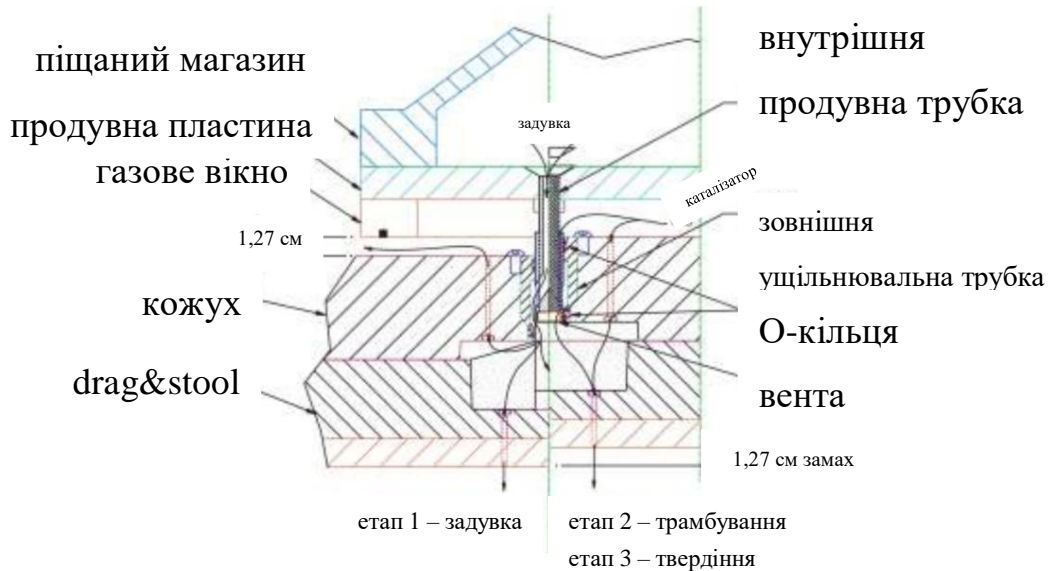
Піскострільний процес базується на використанні кінетичної енергії стисненого повітря, тож перед конструкторами-розробниками стрижневих машин поставлена ціль створити всередині машини систему герметичних пристроїв, що забезпечують прохід стисненого повітря через акумулятор стрижневої суміші, її захват, транспортування потоку суміші із максимальною швидкістю в стрижневу оснастку з ціллю досягнення технологічно необхідної густини стрижня.

Підхід до створення технології 3 в 1 зосереджений на розробці більш простого дизайну, який можна легко перенести на існуючі основні верстати, набори інструментів, а також на загальноприйнятих методах продування, набивання, затвердіння в спрощену вигляді. Трамбування стрижня виключає його пост-обробку.

					<i>ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Пущка</i>			<i>ПРОЄКТУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ</i>			
<i>Перевірів</i>		<i>Лук'яненко</i>					62	89
<i>Рецензент</i>		<i>Мініцький</i>				<i>НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лютий</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Ямшинський</i>						

4.2 Кінематична схема машини

Кінематична схема стрижневої піскострільної машини MYV C2S 3- in- 1 зображена на рисунку 4.1.



4.3 Розрахунок основних параметрів машини

Розрахункова схема основних параметрів машини наведена на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Типова розрахункова схема піскострільної машини

Діаметр гільзи піскострільного резервуару D_p (мм) визначаємо за формулою 4.1:

$$D_p = (90 \dots 100) \cdot \sqrt[3]{m_{ст}} \quad (4.1)$$

де, $m_{ст}$ – маса стрижня, кг.

Максимальна маса стрижня, що виготовляється у заданій номенклатурі (табл.2.2) 10 кг.

$$D_p = (90 \dots 100) \cdot \sqrt[3]{10} = 193,9 \dots 215,44 \text{ мм.}$$

Конструктивно задаємо діаметр гільзи піскострільного резервуару 195 мм.

Висота верхньої частини гільзи H_B (мм) визначаємо за формулою 4.2:

$$H_B = (0,4 \dots 0,6) \cdot D_p \quad (4.2)$$

де, D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, мм ($D_p = 195$ мм).

$$H_B = (0,4 \dots 0,6) \cdot 195 = 78 \dots 117 \text{ мм.}$$

Конструктивно обираємо висоту верхньої частини гільзи 80 мм.

Висота нижньої частини гільзи визначається за формулою 4.3:

$$H_H = (1,5 \dots 1,8) \cdot D_p \quad (4.3)$$

де, D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, мм ($D_p = 195$ мм).

$$H_H = (1,5 \dots 1,8) \cdot 195 = 292,5 \dots 351 \text{ мм.}$$

Конструктивно обираємо висоту нижньої частини гільзи 300 мм.

Загальна висоту гільзи H (мм) визначаємо за формулою 4.4:

$$H = H_B + H_H \quad (4.4)$$

де, H_B – висота верхньої частини гільзи, мм ($H_B = 80$ мм);

H_H – висота нижньої частини гільзи, мм ($H_H = 300$ мм).

$$H = 80 + 300 = 380 \text{ мм.}$$

Діаметр отвору вдувного клапана $d_{кл}$ (мм) визначаємо за формулою 4.5:

									Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ				64

$$d_{\text{кл}} = (0,2 \dots 0,5) \cdot D_p \quad (4.5)$$

де, D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, мм ($D_p = 195$ мм).

$$d_{\text{кл}} = (0,2 \dots 0,5) \cdot 195 = 39 \dots 97,5 \text{ мм.}$$

Конструктивно задаємо діаметр отвору вдувного клапана 50 мм.

Площа перерізу прорізів у верхній частині гільзи f_B (мм²) визначаємо за формулою 4.6:

$$f_B = (0,3 \dots 0,4) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{кл}}}{4} \quad (4.6)$$

де, $d_{\text{кл}}$ – діаметр отвору вхідного клапана, мм ($d_{\text{кл}} = 50$ мм).

$$f_B = (0,3 \dots 0,4) \cdot \frac{3,14 \cdot 50}{4} = 588,75 \dots 785 \text{ мм}^2.$$

Конструктивно обираємо площу перерізу прорізів у верхній частині гільзи 600 мм².

Площа перетину прорізів у нижній частині гільзи f_H (мм²) визначаємо за формулою 4.7:

$$f_H = (0,8 \dots 1,2) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{кл}}}{4} \quad (4.7)$$

де, $d_{\text{кл}}$ – діаметр отвору вхідного клапана, мм ($d_{\text{кл}} = 50$ мм).

$$f_H = (0,8 \dots 1,2) \cdot \frac{3,14 \cdot 50}{4} = 1570 \dots 2355 \text{ мм}^2.$$

Конструктивно обираємо площу перерізу прорізів у нижній частині гільзи 1600 мм².

Діаметр вихідного отвору $d_{\text{вих}}$ (мм) визначаємо за формулою 4.8:

$$d_{\text{вих}} = (0,3 \dots 0,4) \cdot D_p \quad (4.8)$$

де, D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, мм ($D_p = 195$ мм).

$$d_{\text{вих}} = (0,3 \dots 0,4) \cdot 195 = 58,5 \dots 78 \text{ мм.}$$

Конструктивно задаємо діаметр вихідного отвору 60 мм.

Кут нахилу твірної конуса насадки приймаємо 60°.

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		65

Сумарну площу перетинів вентиляційних отворів $F_{\text{вент}}$ (мм²) визначаємо за формулою 4.9:

$$F_{\text{вент}} = (0,5 \dots 1,0) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вих}}^2}{4} \quad (4.9)$$

де, $d_{\text{вих}}$ – діаметр вихідного отвору, мм ($d_{\text{вих}} = 60$ мм).

$$F_{\text{вент}} = (0,5 \dots 1,0) \cdot \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 1413 \dots 2826 \text{ мм}^2.$$

Конструктивно обираємо сумарну площу перетинів вентиляційних отворів 1500 мм².

Об'єм ресивера V_P (см³) розраховуємо за формулою 4.10:

$$V_P = V_{\Gamma} \cdot \left(\frac{\ln \frac{1}{\varphi}}{1,032 + 0,3 \cdot D_p} \right)^{3,7} \quad (4.10)$$

де, V_{Γ} – об'єм гільзи піскострільного резервуару, см³;

φ – коефіцієнт зменшення об'ємної маси стрижня ($\varphi = 0,05$);

D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, см ($D_p = 19,5$ см).

Об'єм гільзи піскострільного резервуару V_{Γ} (см³) визначаємо за формулою 4.11:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot H \quad (4.11)$$

де, D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, см ($D_p = 19,5$ см);

H – загальна висота гільзи, см ($H = 38$ см).

$$V_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 19,5^2}{4} \cdot 38 = 11343 \text{ см}^3.$$

$$V_P = 11343 \cdot \left(\frac{\ln \frac{1}{0,05}}{1,032 + 0,03 \cdot 19,5} \right)^{3,7} = 111060 \text{ см}^3 = 111 \text{ дм}^3.$$

Необхідне зусилля притискання стрижневого ящика до плити піскострільного резервуару $P_{\text{пр}}$ (кН) визначаємо за формулою 4.12:

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		66

$$P_{\text{пр}} = (0,5 \dots 0,6) \cdot P \cdot F_{\text{ящ}} + Q - R \quad (4.12)$$

де, P – тиск повітря у стрижневому ящику, кПа;

$F_{\text{ящ}}$ – площа горизонтальної проекції стрижневого ящика, м²;

Q – маса частин, що підіймається, кН ($Q \approx 5$ кН);

R – сила тертя, кН.

Тиск повітря у стрижневому ящику P (кПа) визначаємо за формулою 4.13:

$$P = (0,7 - 0,9) \cdot P_0 \quad (4.13)$$

де, P_0 – тиск стисненого повітря у мережі цеху, кПа ($P_0 = 500$ кПа).

$$P = (0,7 - 0,9) \cdot 500 = 350 \dots 450 \text{ кПа.}$$

Конструктивно задаємо тиск повітря у стрижневому ящику 400 кПа.

Площу основи стрижневого ящика $F_{\text{ящ}}$ (м²) визначаємо за формулою 4.14:

$$F_{\text{ящ}} = l \cdot b \quad (4.14)$$

де, l – довжина стрижневого ящика, м ($l = 0,4$ м);

b – ширина стрижневого ящика, м ($b = 0,35$ м).

$$F_{\text{ящ}} = 0,4 \cdot 0,35 = 0,14 \text{ м}^2.$$

Силу тертя R (кН) визначаємо за формулою 4.15:

$$R = 0,05 \cdot Q \quad (4.15)$$

де, Q – маса частин, що підіймається, кН ($Q \approx 5$ кН).

$$R = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{пр}} = (0,5 \dots 0,6) \cdot 400 \cdot 0,14 + 5 - 0,25 = 32,75 \dots 38,35 \text{ кН.}$$

Конструктивно задаємо необхідне зусилля притискання стрижневого ящика до плити піскострільного резервуару 35 кН.

Діаметр циліндра присконого пристрою $D_{\text{ц}}$ (м) визначаємо за формулою 4.16:

										Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ					67

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{пр}}{\pi \cdot P_0}} \quad (4.16)$$

де: $P_{пр}$ – зусилля притискання столу, кН ($P_{пр} = 35$ кН);

P_0 – тиск повітря в мережі цеху, кПа ($P_0 = 500$ кПа)

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35}{3,14 \cdot 500}} = 0,3 \text{ м.}$$

4.4 Принцип роботи машини та догляд за нею

MYV C2S 3-in-1 пневматична конструкція з циклом «air-over-oil», можливістю продування 10 літрів суміші зоною продувки 356×356 мм, з функціоналом механічної обробки стрижня та столом, що викочується, із зовнішньою системою викиду. Розмір стрижневого ящика – 400×350×160 мм. Скрабер – AEROSPACE 1000 CFM.

Механізм роботи машини зображено на рисунку 4.3.

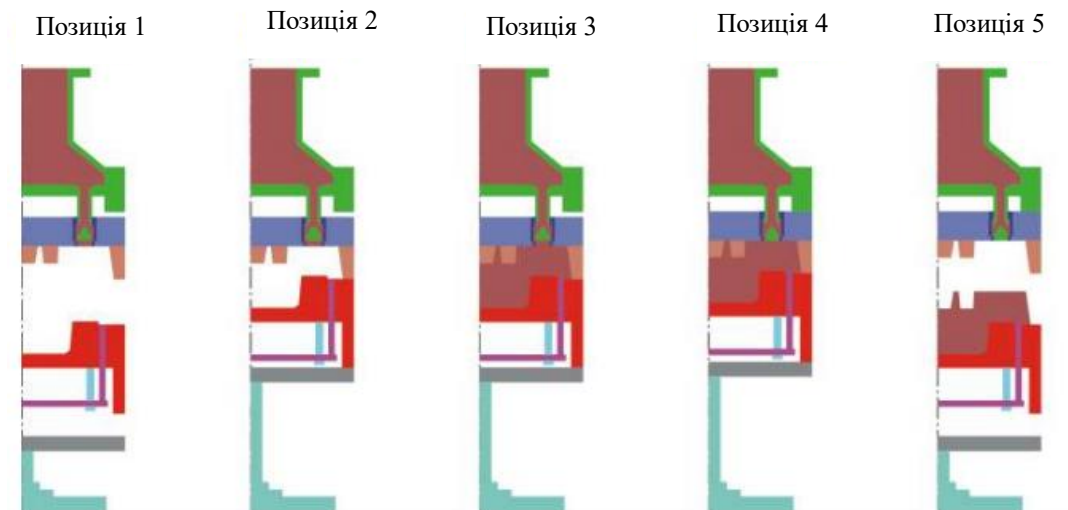


Рисунок 4.3 – Механізм роботи стрижневої машини MYV C2S 3-in-1

Позиція 1: робочий стіл із нижньою частиною ящика піднімається до стрижневого ящика.

Позиція 2: механізм готовий до наповнення стрижневою сумішшю.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ

5.1.1 Визначення чисельності робітників стрижневого відділення

Чисельність працівників визначається специфікою їхньої роботи.

Для розрахованого відділення наводимо штат основних робітників (табл 5.2).

5.1.2 Визначення фонду заробітної плати

При визначенні фонду заробітної плати розрахованого відділення використовуємо тарифну сітку установлену в Україні (табл. 5.1) та положення закону України «Про державний бюджет на 2022 рік».

Згідно державного бюджету України на 2022 рік погодинна ставка становить 39,26 грн.

Таблиця 5.1 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів:								
- абсолютне		0,088	0,116	0,146	0,181	0,269	0,092	0,108
- відносне		8,8	10,7	12,1	13,4	1,7,6	5,1	5,7

ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив		Пущка			ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко					70	89
Рецензент		Мініцький				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.		Лютий						
Затвердив		Ямшинський						

Таблиця 5.2 – Розрахунок фонду основної заробітної плати основних робітників розрахованого відділення

Спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік	Основна заробітна плата, грн
Оператор стрижневої машини	4	53,001	1	1672	88617,67
Спеціаліст підготування стрижня до формування	1	39,26	2	1672	65642,72
Оператор піднімально-транспортного обладнання відділення	2	42,72	1	1672	71419,28
Разом					225679,67

Розрахунок додаткової заробітної плати проводимо за такими коефіцієнтами:

- 1) премії: 40% від основної заробітної плати;
- 2) за роботу в особливих умовах: 18% від основної заробітної праці;
- 3) оплата відпусток: 12% від основної заробітної праці;
- 4) інші доплати та надбавки: 10% від основної заробітної праці;

Узагальнені дані розрахунку фонду заробітної плати представлено в таблиці 5.3.

6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ

6.1.1 Розрахунок капітальних вкладень

Розраховані капітовкладення в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено в таблиці 6.1.

Розрахунок вартості транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беремо у розмірі 10% від його ціни.

Таблиця 6.1 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Всього, тис. грн
Шнековий змішувач TRITON TS2	1	150	150	15	165
Піскострільна машина MYV C2S 3-in-1	3	115	345	34,5	379,5
Тельфер PARKSIDE PT-300600	2	4	8	0,8	8,8
Мостовий кран	1	16	16	1,6	17,6
Стрічковий конвеєр Flex SX-p 3600x300	2	45	90	9	99
Стрічковий конвеєр Flex SX-p 4400x300	2	48	96	9,6	105,6
Загалом					775,5

ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив		Пущка			ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ ПРОЄКТУ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Луцьяненко					73	89
Рецензент		Мініцький				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.		Лютій						
Затвердив		Ямшинський						

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Характеристика відділення та умови його експлуатації

7.1.1 Специфікація технологічного обладнання

Специфікацію технологічного обладнання наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Специфікація технологічного обладнання розрахованого відділення

№ п.п.	Найменування	Розміри, мм	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
1	Шнековий змішувач TRITON TS2	1300x1500x2600	Потужність приводу – 2,2 кВт Радіус вильоту рукава – 735 мм	1	1
2	Піскострільна машина MYV C2S 3-in-1	1280x910x1825	Об'єм ресивера – 111 дм ³ Потужність: 5 кВт Зусилля притискання стрижневого ящика до плити піскострільного резервуару 35 кН	3	2
3	Тельфер PARKSIDE PT-300600	-	Вантажопідйомність – 300 кг Вага – 13кг Швидкість підйому-опускання вантажу – 5 м/хв Потужність приводу – 1,1 кВт	1	3
4	Мостовий кран	-	Вантажопідйомність – 5 т Швидкість переміщення – 0,8 м/хв Потужність двигуну – 23,5 кВт	1	4

ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив		Пушка			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко					75	89
Рецензент		Мініцький				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81		
Н. Контр.		Лютий						
Затвердив		Ямшинський						

Продовження таблиці 7.1

5	Стрічковий конвеєр Flex SX-p 3600x300	300x3600x680	Швидкість переміщення стрічки – 0,2 м/с Потужність приводу – 2 кВт	2	5
6	Стрічковий конвеєр Flex SX-p 4400x300	300x4400x680	Швидкість переміщення стрічки – 0,2 м/с Потужність приводу – 2 кВт	2	6

План розрахованого відділення зображено на рисунку 7.1.

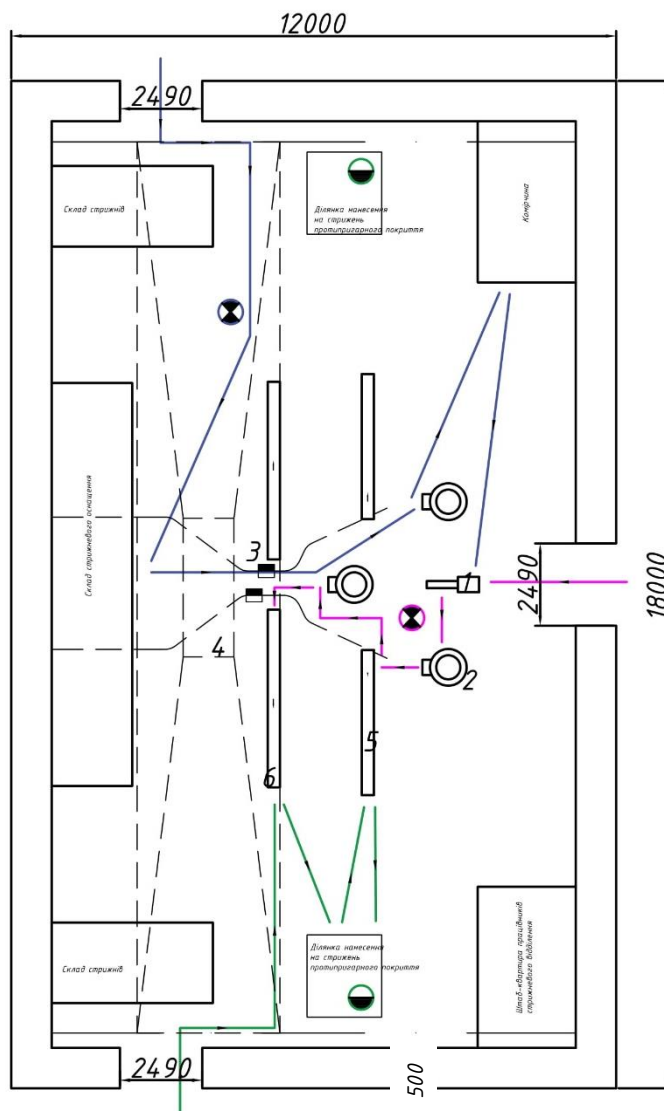


Рисунок 7.1 – План розрахованого стрижневого відділення

Таблиця 7.3 – Основні небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№	Найменування обладнання	Вид небезпеки	Джерело небезпеки	Причина небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Шнековий змішувач TRITON TS2	Хімічна	Фенолформальдегідна смола	Виділення парів фенолу та формальдегід у	Хімічне отруєння
		Механічна	Рукав	Обертання рукава	Ушкодження на тілі
2	Піскострільна машина MYV C2S 3-in-1	Хімічна	Піскострільна суміш	Утворення кварцового пилу	Силікоз
		Механічна	Робочий стіл	Переміщення робочого столу	Ушкодження на тілі
		Психофізіологічна	Режим роботи машини	Перенавантаження аналізаторів	Психоемоційний розлад
3	Тельфер PARKSIDE PT-300600	Механічна	Гак	Переміщення гаку	Ушкодження на тілі
4	Мостовий кран	Механічна	Тельфер	Переміщення тельферу	Ушкодження на тілі

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
-----	-------	---------	--------	------

ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ

Аркуш

78

Таблиця 7.5 – Порівняння реальних та нормативних характеристик

№ п.п.	Параметр	Реальне значення	Нормативне значення
1	Корисна площа на 1 працівника, (м ²) [12]	54	4,5
2	Корисний об'єм на 1 працівника, (м ³) [12]	421	15
3	Ширина проходів, проїздів, (м) [12]	1,5	1,5
4	Запилення приміщення, мг/м ³ [15]	1,2	1
5	Фенол у повітрі, мг/м ³ [16]	0,07	0,1
6	Максимальна завантаженість крану, т [17]	5	40
7	Довжина прольоту моста крану, м [17]	12	16-34
8	Рівень шуму, дБА [18]	81	75

7.2 Заходи забезпечення охорони праці працівників стрижневого відділення

Передбачаємо заходи забезпечення охорони праці та узагальнюємо їх в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Заходи забезпечення охорони праці працівників стрижневого відділення

№	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Заходи з виробничої санітарії	Модульна витяжна парасоля FLEXHOOD [19]	Дозволяє охопити велику робочу площу, де необхідна локалізація та видалення шкідливих летючих речовин (пил, пари); дана установка деякою мірою знижує рівень шуму в приміщенні
		Шумозахисний екран з полікарбонату товщиною 5 мм [18]	Забезпечує захист від впливу на працівника шуму
		Респіратор ЗУБР РПГ-67 [20]	Захист органів дихання від шкідливого впливу виробничих факторів

Продовження таблиці 7.6

		Захисні окуляри OZON 7-034 A/F [21]	Захисту очей від шкідливого впливу виробничих факторів
		Захисні рукавиці Werk WE2114 [22]	Захист рук від шкідливого впливу виробничих факторів
		Каска захисна промислова Inar-Master [23]	Захист робітників від механізмів, що рухаються
2	Організаційні	Інструктаж з питань пожежної безпеки	За вимогами законодавства
		Медогляд робітників	За вимогами законодавства
3	Режимні	Недопущення появи сторонніх осіб на об'єкті	За вимогами підприємства
4	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування [24]	Усунення розповсюдження шкідливих речовин через несправності устаткування

План евакуації персоналу цеху у випадку пожежі зображено на
рисунку 7.2.

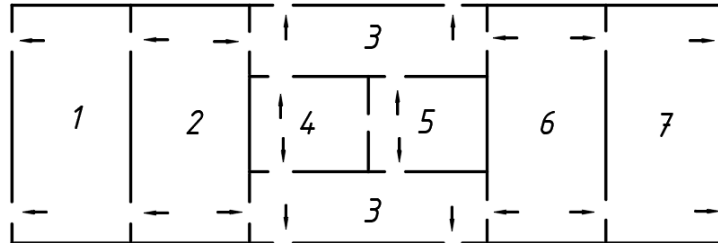


Рисунок 7.2 – План евакуації персоналу цеху у випадку пожежі

ВИСНОВКИ

В рамках дипломного проектування:

- 1) розраховано стрижневе відділення ливарного цеху дрібного сталевого литва заводу енергетичного машинобудування потужністю цеху 5 тис. тон придатного литва;
- 2) розроблено технологію виготовлення деталі «Муфта» зі сплаву 25ЛІ ДСТУ 8781:2018;
- 3) розраховано техніко-економічні показники розробленої технології;
- 4) спроектовано стрижневу піскострільну машину;
- 5) розраховано енергетичну, організаційну та економічну частини проекту;
- 6) передбачено заходи забезпечення охорони праці працівників стрижневого відділення.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ			
Розробив		Пушка			ВИСНОВКИ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко					85	89
Рецензент		Мініцький				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона		
Н. Контр.		Лютий				ФЛ-81		
Затвердив		Ямшинський						

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Фанталов Л.И. Основы проектирования литейных цехов и заводов – Москва: «Машиностроение», 1979. – 376 с.
2. Муфта [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D1%84%D1%82%D0%B0>.
3. Григорьев В. М. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ / В. М. Григорьев. – Хабаровск: ДВГУПС, 2004. – 67 с.
4. Кузовов О.Ф., Иванов В.Г. Методичні вказівки до курсового проекту з дисциплін «Технологія ливарного виробництва» та «Технологія ливарної форми» – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. – 34 с.
5. Иванова Л.Х., Хричиков В.Є. Ливникові системи та їх розрахунки – Дніпро: «ДніпроVAL», 2011. – 504 с.
6. ФОРМОВОЧНЫЕ ГЛИНЫ И ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СМЕСИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://extxe.com/368/formovochnyye-gliny-i-peschano-glinistye-smesi/>.
7. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник – Москва: «Машиностроение», 2006. – 507 с.
8. Техническая информация на Zirkofluid 1219 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ucp-ha.ru/upload/iblock/pdftr/28a2b67da1eb92d079ab099f77ee4558.pdf>.
9. Foundry sand preparation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.simpsongroup.com/media/usa/Sand-Preparation_English_Imperial.pdf.

					ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	
Розробив		Пушка			ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ
Перевірів		Лук'яненко			
Рецензент		Мініцький			
Н. Контр.		Лютій			
Затвердив		Ямшинський			
					Літера
					Аркуш
					86
					Аркушів
					89
					НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81

10. Абрамов Г.Г. Справочник молодого литейщика. 2е изд., перераб. и доп. – Москва: «Высш. шк.», 1983. – 207 с.

11. How to solve the problem of core shooting machine [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://foundrymachining.com/problem-of-core-shooting-machine/>.

12. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення.

13. ДБН В.2.5.28-2006. Природне та штучне освітлення.

14. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.Г. Левченко, Г.В. Демчук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 16 с.

15. ДСН 3.3.6-042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

16. Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони, № 741/35024 від 03.08.2020 р.

17. НПАОП 00.0-5.18-96. Типова інструкція з безпечного ведення робіт для кранівників (машиністів) кранів мостового типу.

18. ДСНЗ.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

20. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.

21. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

22. ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць.

23. ДСТУ EN 397:2017. Каски захисні промислові.

24. НПАОП 0.00-6.18-04. Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

					ФЛ81.8107.1110.0000ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		88

ДОДАТКИ

ФЛ81.8107.11100.0000ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив	Пушка				ДОДАТКИ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лук'яненко						89	89
Рецензент	Мініцький					НН ІМЗ ім. Є.О. Патона		
Н. Контр.	Лютий					ФЛ-81		
Затвердив	Ямшинський							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФЛ81.8107.1110.0001	План відділення		
				<u>Інші вироби</u>		
		1		Ємність із каталізатором твердіння	3	
		2		Тельфер PARKSIDE PT-300600	2	
		3		Монорейка	2	
		4		Мостовий кран	1	
		5	ФЛ81.8107.1110.0006	Піскострільна машина MYV C2S 3-in-1	3	
		6		Резервуар із зв'язувальним компонентом	1	
		7		Стрічковий транспортер Flex SX-p 3600x300	2	
		8		Стрічковий конвеєр Flex SX-p 4400x300	2	
		9		Шнековий змішувач TRITON TS2	1	

					ФЛ81.8107.1110.0001			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пущка				Стрижневе відділення цеху дрібного литва серійного виробництва	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Лук'яненко							1
Н.контр.	Лютій				НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81			
Затв.	Ямшинський							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A2				Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Модель вилівка	1	
		2		Модель живильника	2	
		3		Модель зумпфа	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Гайка М12-6Н.5 (S18)		
				ГОСТ 5927-70	2	
		5		Гвинт А.М3-6dх25.48		
				ГОСТ 17475-80	3	
		6		Гвинт А.М5-6dх30.48		
				ГОСТ 17475-80	4	
		7		Шайба 12Л 65Г 05		
				ГОСТ 6402-70	2	
		8		Штифт 8х35 ГОСТ 3128-70	2	
		9		Штир напрямний 0290-2552		
				ГОСТ 20123-74	1	
		10		Штир центрувальний 0290-2502		
				ГОСТ 20122-74	1	

ФЛ81.8107.1110.0003

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Пущка		
Перев.		Лук'яненко		
Н.контр.		Лютий		
Затв.		Ямшинський		

Модельна плита
низу з моделлю

Літ.	Аркуш	Аркушів
		1
НН ІМЗ ім. Е.О. Патона ФЛ-81		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1				Складальне креслення		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		1		Втулка напрямна 0290-1252		
				ГОСТ 15019-69	2	
		2		Втулка центрувальна 0290-1052		
				ГОСТ 15019-69	2	
		3		Опока 0270-0003 ГОСТ 15002-69	1	
		4		Опока 0270-0004 ГОСТ 15002-69	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		5		Стрижень №1	4	
		6		Стрижень №5	1	
				<u>Матеріали</u>		
		7		Суміш формувальна		

ФЛ81.8107.1110.0005				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Пушка		
Перев.		Лук'яненко		
Н.контр.		Лютій		
Затв.		Ямшинський		
Складена форма			Літ.	Аркуш
				Аркушів
				1
			НН ІМЗ ім. Є.О. Патона ФЛ-81	

Имя пользователя:
Ямшинский Михайло Михайлович

ID проверки:
1011596920

Дата проверки:
16.06.2022 16:21:48 EEST

Тип проверки:
Doc vs Library

Дата отчета:
16.06.2022 16:22:31 EEST

ID пользователя:
76785

Название файла: диплом Пушка В

Количество страниц: 92 Количество слов: 11703 Количество символов: 89342 Размер файла: 2.85 MB ID файла: 1011465653

10.7% Совпадения

Наибольшее совпадение: 5.61% с источником из Библиотеки (ID файла: 1011448582)

Поиск совпадений с Интернетом не производился

10.7% Источники из Библиотеки 954

Страница 94

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 403