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

Кафедра ливарного виробництва

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
«___» _____2024 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ
на здобуття ступеня бакалавра
за спеціальністю 136 «Металургія»
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення срібної каблучки та проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків»

Виконала: здобувачка IV курсу, групи ФЛ-01
Катерина МІЩЕНКО _____

Керівник: доцент Євген БИБА _____

Консультант
з економічної частини: доцент Сергій НАРАЄВСЬКИЙ _____

Консультант
з охорони праці: професор Олег ЛЕВЧЕНКО _____

Консультант
з нормоконтролю: доцент Ростислав ЛЮТИЙ _____

Рецензент: професор Анатолій МІНІЦЬКИЙ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Здобувачка _____

Київ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
ім. Є. О. Патона
Кафедра ливарного виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 136 Металургія
Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
"___"_____2024 р.

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

Міщенко Катерині Миколаївні

1. Тема дипломного проєкту: «Розроблення технологічного процесу виготовлення срібної каблучки та проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків», керівник доц. Биба Є. Г. затверджені наказом по університету № 2210-с від «30» травня 2024 року.

2. Строк подання здобувачкою проєкту: «13» червня 2024 р.

3. Вихідні дані: матеріали, зібрані у процесі проходження практики; літературні джерела; державні стандарти та інші нормативні документи; проєктна потужність відділення – 2500 кг придатних виливків на рік із мідних та срібних сплавів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 4.1 Провести аналіз виробничої програми ливарного підприємства; 4.2 Спроєктувати відділення

виробництва художніх та ювелірних виливків підприємства; 4.3 Розробити технологію виготовлення виливка «Каблучка» зі сплаву срібла; 4.4 Розрахувати основні параметри та спроєктувати устаткування для прожарювання форм-монолітів; 4.5 Розрахувати техніко-економічні показники; 4.6 Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1 План відділення виробництва художніх та ювелірних виливків; 5.2 Технологія виготовлення виливка «Каблучка»; 5.3 Прес-форма для виготовлення моделі виливка; 5.4 Форма-моноліт; 5.5 Устаткування для прожарювання форм-монолітів; 5.6 Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів дипломного проєкту

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

7. Дата видавання завдання: 15 квітня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна практика	15.05.24-19.05.24 р.	
2	Аналіз номінальної виробничої програми ливарного підприємства	до 21.05.24 р.	
3	Проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків	до 24.05.24 р.	
4	Розроблення технології виготовлення виливка	до 27.05.24 р.	
5	Розрахунок та проєктування устаткування для прожарювання форм-монолітів	до 31.05.24 р.	
6	Виконання економічної частини проєкту	до 03.06.24 р.	
7	Виконання частини проєкту щодо охорони праці	до 04.06.24 р.	
8	Виконання графічної частини проєкту	до 10.06.24 р.	
9	Оформлення розділів дипломного проєкту	до 13.06.24 р.	
10	Рецензування дипломного проєкту	до 18.06.24 р.	
11	Захист дипломного проєкту	20.06.24 р.	

Здобувачка Катерина МІЩЕНКО

Керівник Євген БИБА

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	А4	ФЛ01.0106.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	91	
3	А1	ФЛ01.0106.1110.0001 ДП	Відділення виробництва художніх та ювелірних виливків	1	
4	А1	ФЛ01.0106.1110.0002 ДП	Технологія виготовлення виливка «Каблучка»	1	
5	А1	ФЛ01.0106.1110.0003 СК	Прес-форма для виготовлення моделі виливка «Каблучка»	1	
6	А1	ФЛ01.0106.1110.0004 СК	Складена форма-моноліт	1	
7	А1	ФЛ01.0106.1110.0005 СК	Муфельна піч	1	
8	А1	ФЛ01.0106.1110.0006 ДП	Техніко-економічні показники	1	

				ФЛ01.0106.1110.0000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Міщенко К. М.			ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ	Лист	Листів
Керівник	Биба Є. Г.				5	96
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	
Н/контр.	Лютий Р. В.					
Зав. каф.	Ямшинський М.М.					

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення срібної каблучки та проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків»

Київ – 2024

РЕФЕРАТ

Розроблення технологічного процесу виготовлення срібної каблучки та проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків

Міщенко Катерини Миколаївни

Дипломний проєкт: 96 стор., 50 табл., 17 рис.

Об’єкт проєктування: відділення виробництва художніх та ювелірних виливків.

Предмет проєктування: розроблення технологічного процесу виготовлення ювелірних виливків, впровадження надсучасних технологій та організація відділення виробництва художніх та ювелірних виливків.

Результат проєктування: розроблення дизайну та технології виготовлення виливка «Каблучка» методом лиття за моделями, що витоплюються, за допомогою вакуумно-індукційної машини з використанням гіпсо-кристобалітних сумішей.

Результати проєктування можуть бути запропоновані для використання у виробництві ювелірної продукції зі сплавів на основі дорогоцінних металів у рамках серійного виробництва.

У дипломному проєкті здійснено ключові розрахунки щодо організаційно-економічних аспектів, а також надано основні заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, забезпечуючи належні умови праці.

ХУДОЖНЄ ТА ЮВЕЛІРНЕ ЛИТВО, КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ, БЛАГОРОДНІ МЕТАЛИ, ПРЕС-ФОРМА, ВИЛИВОК, ФОРМА-МОНОЛІТ, МУФЕЛЬНА ПІЧ, ГІПСОКРИСТОБАЛІТНА СУМІШ.

ABSTRAKT

Entwicklung des technologischen Prozesses zur Herstellung von Silberringen und Gestaltung der Abteilung zur Herstellung von Kunst- und Schmuckgussteilen

Kateryna Mishchenko

Diplomarbeit: 96 S., 50 Tab., 17 Abbild.

Projektobjekt: Werkstatt zur Herstellung von Kunst- und Schmuckguss.

Projektgegenstand: Entwicklung des Produktionsprozesses des Schmuckgusses, Einführung moderner Technologien und Organisation der Werkstatt zur Herstellung von Kunst- und Schmuckguss.

Designergebnis: Entwicklung der Design- und Produktionstechnologie des Gussstücks „Kabluchka“ durch Gießen nach geschmolzenen Modellen mit Hilfe einer Vakuum-Induktionsmaschine unter Verwendung von Gips-Cristobalit-Mischungen.

Für die Massenproduktion von Schmuck aus Edelmetalllegierungen können Designergebnisse angeboten werden.

Die Diplomarbeit führte wesentliche Berechnungen zu organisatorischen und wirtschaftlichen Aspekten durch und stellte grundlegende Maßnahmen zum Arbeitsschutz und zur Sicherheit in Notsituationen bereit, um ordnungsgemäße Arbeitsbedingungen sicherzustellen.

KUNST- UND SCHMUCKGUSS, NICHTEISENMETALLE, EDELMETALLE, PRESSEFORMULAR, CASTING, MONOLITHFORM, MUFFELOFEN, GIPS-CRISTOBALIT-MISCHUNG.

ЗМІСТ

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ 11
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ 12
1.1 Виробнича програма 12
1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного цеху 15
2 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ 17
3 ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ХУДОЖНІХ ТА ЮВЕЛІРНИХ ВИЛИВКІВ ПІДПРИЄМСТВА 20
3.1 Модельна дільниця 20
3.2 Формувальна дільниця 26
3.3 Плавильно-заливальна дільниця 30
3.4 Дільниця фінішних операцій 36
4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА 40
4.1 Обґрунтування вибраної технології 40
4.1.1 Загальна характеристика литої деталі 40
4.1.2 Конструкція литого виробу 40
4.1.3 Аналіз можливих способів виготовлення виливка 41
4.2 Проєктування тривимірної моделі виробу 42
4.3 Визначення розмірів опоки 43
4.4 Сумішеприготування та формування 44
4.5 Підготовка форми 44
4.6 Елементи ливникової системи 44
4.6.1 Обґрунтування та вибір ливникової системи 44
4.6.2 Розрахунок ливникової системи 45

4.7 Плавлення та лиття металу 46
4.8 Фінішні операції 49
5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 50
5.1 Основні відомості 50
5.2 Розрахунок електронагрівачів 52
5.3 Перевірка можливості розміщення нагрівачів на стіні печі 56
6 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ 58
7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІНЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ 61
7.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників 61
7.2 Визначення фондів заробітної плати 62
7.3 Розрахунок продуктивності праці 63
7.4 Розрахунок капітальних вкладень 64
7.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції 67
7.6 Розрахунок показників економічної ефективності проєктного рішення 69
8 ОХОРОНА ПРАЦІ 73
8.1 Загальна характеристика об’єкту та умови його експлуатації на металургійному підприємстві 73
8.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів 76
8.2.1 Теплові небезпеки 78
8.2.2 Небезпеки при роботі з системами, що знаходяться під тиском 80
8.2.3 Електронебезпека 81
8.2.4 Шкідливі речовини 82
8.2.5 Шум 83
8.2.6 Небезпека займання 84
8.3 Вентиляція 85
8.4 Пожежна безпека 87
ВИСНОВКИ 88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 89
ДОДАТКИ 92

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

На сьогоднішній день досить великим ринком є саме ювелірна продукція, яка виготовляється методом лиття за моделями, що витоплюються. Задля забезпечення високої якості виробів необхідно вводити в експлуатацію модернізоване устаткування та впроваджувати нові технології. Це, в свою чергу, призводить до збільшення робочих місць та потреби нових досвідчених майстрів.

Задачею даного дипломного проєкту є проєктування відділення виробництва художніх та ювелірних виливків та розроблення технології отримання виливків при дотриманні наступних вимог:

- річна потужність відділення 2500 кг придатного литва;
- для проєктування відділення використовувати номенклатуру виливків, що наведена у таблиці 1.1;
- виробничий комплекс розташовується у м. Київ;
- використовувати сучасне устаткування з високим рівнем автоматизації;
- основні джерела забезпечення роботи відділення:
  - а. шихтові матеріали – очищений зворот власного виробництва, придбаний метал
  - б. формувальні матеріали;
  - в. вода – ПрАТ «АК «Київводоканал»»;
  - г. електроенергія – ДТЕК;
  - в. опалення – ДТЕК.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Для проєктування виробництва у ливарному цеху використовується точна (подетальна) виробнича програма. Вона містить всі необхідні дані про вироби. Номенклатура виливків, що представлена у табл. 1.1, розділена за видами сплавів:

- СрМ925 ДСТУ ГОСТ 6836:2004 [1];
- Л68 ДСТУ 3473-96 [2];
- БрО5Ц5С5 ДСТУ 3474-96 [3].

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків

Індекс позиції	*Код деталі*	*Найменування деталі*	*Марка сплаву*	*Маса виливка, г*	*К-сть виливків на 1 виріб, шт.*	*Маса виливків на 1 виріб, г*	*Габаритні розміри виливка, мм*			*Покриття*
							довжина	*ширина*	*висота*	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	ФЛ011	Затискач для краватки «Танк»	Л68	10	1	10	60	7	2	Позолота
2	ФЛ012	Брелок «Кабанчик»	Л68	20	1	20	44	33	2	Чорніння
3	ФЛ013	Брелок «Національна поліція України»	Л68	20	1	20	Ø32		3	Чорніння
4	ФЛ014	Брелок «НОК новий»	Л68	20	1	20	41	23	3	Позолота
5	ФЛ015	Брелок «Кріп»	Л68	10	1	10	32	24	2	-
6	ФЛ016	Затискач «Тризуб»	Л68	10	1	10	60	7	2	Позолота
7	ФЛ017	Медаль «Хрест хоробрих»	Л68	60	1	60	44	40	4	Позолота
8	ФЛ018	Король К	БрО5Ц5С5	150	2	300	45	45	95	Позолота
9	ФЛ019	Ферзь К	БрО5Ц5С5	140	2	280	40	40	85	Позолота
10	ФЛ0110	Слон К	БрО5Ц5С5	130	4	520	35	35	70	Позолота
11	ФЛ0111	Кінь К	БрО5Ц5С5	120	4	480	30	30	60	Позолота

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	ФЛ0112	Тура К	БрО5Ц5С5	110	4	440	25	25	55	Позолота
13	ФЛ0113	Пішак К	БрО5Ц5С5	100	16	1600	20	20	50	Позолота
14	ФЛ0114	Статуетка «Воїн»	БрО5Ц5С5	850	1	850	100	100	200	-
15	ФЛ0115	Статуетка «Гравець»	БрО5Ц5С5	800	1	800	90	100	170	-
16	ФЛ0116	Сувенір «НОК Ріо»	БрО5Ц5С5	500	1	500	60	60	60	-
17	ФЛ0117	Статуетка «Яблуко»	БрО5Ц5С5	200	1	200	50	50	50	-
18	ФЛ0118	Кулон «Серце»	СрМ925	2	1	2	12	5	2	-
19	ФЛ0119	Кулон «Янгол»	СрМ925	3	1	3	15	7	2	-
20	ФЛ0120	Сережки 1	СрМ925	3	2	6	10	5	7	-
21	ФЛ0121	Сережки 2	СрМ925	5	2	10	15	7	8	-
22	ФЛ0122	Каблучка 1	СрМ925	2	1	2	18	2	20	-
23	ФЛ0123	Каблучка 2	СрМ925	2	1	5	18,8	4,5	22,7	-
24	ФЛ0124	Перстень	СрМ925	15	1	15	26	5	28	-
					Всього	**6160**				

Кількість виробів, які виготовляє підприємство за рік, розраховується за формулою:

$$N = \frac{P}{M}, \tag{1.1}$$

де P – річна потужність цеху, кг;

M – загальна маса виливків на виріб, кг.

Підставивши дані значення у формулу 1.1, отримаємо:

$$N = \frac{2500}{6{,}160} \approx 406 \text{ шт.}$$

За даними табл. 1.1 та отриманою кількістю виробів складаємо точну (подетальну) виробничу програму (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма ливарного цеху

Індекс позиції	*Код деталі*	*Найменування деталі*	*Матеріал і марка*	*Маса, кг*		*Кількість на виріб*		*Річна прогама випуску виливків*						
				готові деталі	*виливка*	*шт.*	*кг*	*на основні вироби*		*на запасні частини*			*всього*	
								шт.	*кг*	*%*	*шт.*	*кг*	*шт.*	*кг*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Срібні виливки														
1	ФЛ0118	Кулон «Серце»	СрМ925	0,002	0,002	1	0,002	345	0,7	15	61	0,12	406	0,8
2	ФЛ0119	Кулон «Янгол»	СрМ925	0,002	0,003	1	0,003	345	1,0	15	61	0,18	406	1,2
3	ФЛ0120	Сережки 1	СрМ925	0,002	0,003	2	0,006	690	2,1	15	122	0,37	812	2,4
4	ФЛ0121	Сережки 2	СрМ925	0,004	0,005	2	0,01	690	3,4	15	122	0,61	812	4,1
5	ФЛ0122	Каблучка 1	СрМ925	0,002	0,002	1	0,002	345	0,7	15	61	0,12	406	0,8
6	ФЛ0123	Каблучка 2	СрМ925	0,004	0,005	1	0,005	345	1,7	15	61	0,30	406	2,0
7	ФЛ0124	Перстень	СрМ925	0,012	0,015	1	0,015	345	5,2	15	61	0,91	406	6,1
Всього									**13,8**			**2,44**		**17,5**
Латунні виливки														
8	ФЛ011	Затискач для краватки «Танк»	Л68	0,008	0,01	1	0,01	365	3,7	10	41	0,41	406	4,1
9	ФЛ015	Брелок «Кріп»	Л68	0,008	0,01	1	0,01	365	3,7	10	41	0,41	406	4,1
10	ФЛ016	Затискач «Тризуб»	Л68	0,008	0,01	1	0,01	365	3,7	10	41	0,41	406	4,1
11	ФЛ012	Брелок «Кабанчик»	Л68	0,016	0,02	1	0,02	365	7,3	10	41	0,81	406	8,1
12	ФЛ013	Брелок «Національна поліція України»	Л68	0,016	0,02	1	0,02	365	7,3	10	41	0,81	406	8,1
13	ФЛ014	Брелок «НОК новий»	Л68	0,016	0,02	1	0,02	365	7,3	10	41	0,81	406	8,1
14	ФЛ017	Медаль «Хрест хоробрих»	Л68	0,048	0,06	1	0,06	365	21,9	10	41	2,44	406	24,4
Всього									**54,8**			**6,09**		**60,9**
Бронзові виливки														
15	ФЛ0113	Пішак К	БрО5Ц5С5	0,080	0,1	16	1,6	4545	454,5	30	1948	194,81	6494	649,4
16	ФЛ0112	Тура К	БрО5Ц5С5	0,088	0,11	4	0,44	1461	160,7	10	162	17,86	1623	178,6
17	ФЛ0111	Кінь К	БрО5Ц5С5	0,096	0,12	4	0,48	1461	175,3	10	162	19,48	1623	194,8
18	ФЛ0110	Слон К	БрО5Ц5С5	0,104	0,13	4	0,52	1461	189,9	10	162	21,10	1623	211,0
19	ФЛ019	Ферзь К	БрО5Ц5С5	0,112	0,14	2	0,28	731	102,3	10	81	11,36	812	113,6
20	ФЛ018	Король К	БрО5Ц5С5	0,120	0,15	2	0,3	649	97,4	20	162	24,35	812	121,8
21	ФЛ0117	Статуетка «Яблуко»	БрО5Ц5С5	0,160	0,2	1	0,2	365	73,1	10	41	8,12	406	81,2
22	ФЛ0116	Сувенір «НОК Ріо»	БрО5Ц5С5	0,400	0,5	1	0,5	365	182,6	10	41	20,29	406	202,9
23	ФЛ0115	Статуетка «Гравець»	БрО5Ц5С5	0,640	0,8	1	0,8	325	259,7	20	81	64,94	406	324,7
24	ФЛ0114	Статуетка «Воїн»	БрО5Ц5С5	0,680	0,85	1	0,85	325	276,0	20	81	68,99	406	345,0
Всього									**1971,6**			**451,30**		**2422,9**
Разом														**2501,2**

1.2 Характеристика виробництва та структура ливарного цеху

Цех, що має потужність 2500 кг придатного литва на рік, відноситься до ливарних цехів дрібно-серійного виробництва. Виготовляється жудожньо-ювелірна продукція зі сплавів срібла, латуні та бронзи різної складності: прості, складні та унікальні. Складність виробів залежить від їх конфігурації.

На основі аналізу виробничої програми виливки класифікуються за наступними ознаками:

- за видом ливарного сплаву:
  - а. на основі міді:
    1. латунь Л68;
    2. бронза БрО5Ц5С5;
  - б. на основі срібла: СрМ925;
- за масою: дрібні;
- за складністю: прості, середньої складності, складні, унікальні;
- за серійністю виробництва: дрібносерійне;
- за методом виробництва виливків: лиття за моделями, що витоплюються.

Кількість браку від всієї виробничої програми не перевищує 3%. До браку відносять виливки, які мають один із наступних дефектів:

- недолив;
- тріщини (холодні та гарячі);
- дефекти поверхні.

Цех ливарного виробництва розділяється на декілька відділень:

- відділення технологів;
- відділення 3D моделювання;
- відділення виробництва художніх та ювелірних виливків;
- відділення лазерної обробки;
- емальєрне відділення;
- дільниця контролю якості.

Через те що підприємство невелике, відділення виробництва художніх та ювелірних виливків поділяється на наступні дільниці:

- модельна дільниця;
- формувальна дільниця;
- плавильно-заливальна дільниця;
- вибивна дільниця;
- дільниця фінішних операцій;
- склад опок та шихти.

У зв'язку з тим, що розміри приміщення невеликі, переміщення матеріалів в ливарне відділення здійснюється за допомогою ручної праці. Воскові блоки передають із модельної дільниці на формувальну, де виготовляються форми-моноліти. Після чого форми переміщуються в зону плавлення, де вони проходять цикл витоплювання модельної композиції, прожарювання та заливки.

Після охолодження заповнені форми передають на вибивну дільницю, після чого готові виливки передають на дільницю фінішних операцій. Там проводяться завершальні технологічні операції та контроль якості литва для отримання готової продукції. При необхідності вироби відправляють в емальєрне відділення.

2 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи на підприємстві визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків. Найкращим є режим, коли на різних виробничих дільницях всі операції виконуються одночасно. А оскільки підприємство є дрібно-серійним, то оптимальним є однозмінний паралельний режим роботи.

Календарний фонд часу роботи розраховується за формулою:

$$Ф_к = Р \cdot Д, \tag{2.1}$$

де Р – кількість днів у році;

Д – кількість годин у добі.

Підставивши необхідні значення у формулу 2.1, отримаємо:

$$Ф_к = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу – час, протягом якого виконується робота, розраховується за наступною формулою:

$$Ф_н = С \cdot Г, \tag{2.2}$$

де С – кількість робочих днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Г – кількість годин за одну зміну.

Згідно Закону України «Про відпустки» від 15.11.1996 розділу 2 «Щорічні відпустки» статті 6 промислово-виробничому персоналу металургійної

промисловості надається щорічна основна відпустка тривалістю 24 календарних днів із збільшенням за кожних два відпрацьованих роки на 2 календарних дні, але не більше 28 календарних днів [4]. Кількість робочих днів на рік становить 250.

Таким чином підставивши зазначені дані у формулу 2.2, отримаємо:

$$Ф_н = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу розраховується за формулою враховуючи номінальний фонд та витрати на відпустку, освоєння виробництва:

$$Ф_д = Ф_н - В, \quad (2.3)$$

де В – витрати на освоєння виробництва, відпустку.

Оскільки відпустка 28 днів, це 160 годин на рік, тоді:

$$Ф_д = 2000 - 160 = 1840 \text{ год.}$$

Дані про режим роботи устаткування та робітників наведено в табл. 2.1 [5].

Таблиця 2.1 – Режим роботи часу виробництва

Індекс позиції	*Найменування відділень цеху, дільниць, тип устаткування*	*Кількість змін на добу*	*Дійсний річний фонд часу, год*	
			устаткування	*працівників*
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Відділення 3D моделювання	1	1900	1840
2	Модельна дільниця	1	1940	1840
3	Формувальна дільниця	1	1900	1840
4	Плавильно-заливальна дільниця	1	1940	1840
3	Емальєрне відділення	1	1920	1840

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
4	Відділення лазерної обробки	1	1940	1840
5	Дільниця фінішних операцій	1	1940	1840
6	Дільниця контролю якості	1	1900	1840

3 ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ХУДОЖНІХ ТА ЮВЕЛІРНИХ ВИЛИВКІВ ПІДПРИЄМСТВА

Виливки виготовляються литтям у гіпсові форми моноліти. Ливарними сплавами є Л68, БРО5Ц5С5 та СрМ925, хімічний склад яких наведено у табл. 3.1. Відділення проєктується під реально існуюче приміщення, площа якого складає 46,55 м^2.

Таблиця 3.1 – Хімічний сплав ливарних сплавів [1, 2, 3]

Сплав	*Масова частка, %*					
	Основні компоненти					Домішки, не більше
	Ag	Cu	Zn	Pb	Sn	
Л68	-	67-70	29,7-33	-	-	0,3
БрО5Ц5С5	-	80,7-88	4-6	4-6	4-6	1,3
СрМ925	92,5-93	6,76-7,38	-	-	-	0,12

3.1 Модельна дільниця

На модельній дільниці створюють моделі виробів з модельних композицій. Витрати розраховується за формулою:

$$m_{\text{воску}} = \frac{m_{\text{вил}}}{k}, \tag{3.1}$$

де $m_{вил}$ – маса виливка, г;

k – коефіцієнт, який враховує відношення питомої ваги сплаву до питомої ваги моделі.

$$k = \frac{\rho_{\text{роз.}}}{\rho_{\text{віск}}}, \qquad (3.2)$$

$\rho_{роз.}$ – густина розплаву, г/см^3;

$\rho_{віск}$ – густина модельної композиції, г/см^3.

Оскільки густина модельної композиції приблизно 1 г/см^3, то коефіцієнт буде дорівнювати густині сплаву. Розрахунки відомості модельної ділянки наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунки відомості модельної ділянки

Індекс позиції	*Код деталі*	*Найменування деталі*	*Марка сплаву*	*Маса виливка, г*	*Питома вага, г/см^3*	*Витрати мод. комп. на деталь, г*	*К-сть моделей на блок*	*К-сть блоків на програму*	*Маса модельного складу, г*		
									на модель	*на блок*	*на програму*
Срібні виливки											
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	ФЛ0118	Кулон «Серце»	СрМ925	2	10,36	0,19	54	8	0,19	10,42	78,35
2	ФЛ0119	Кулон «Янгол»	СрМ925	3	10,36	0,29	54	8	0,29	15,64	117,52
3	ФЛ0120	Сережки 1	СрМ925	3	10,36	0,29	54	15	0,29	15,64	235,04
4	ФЛ0121	Сережки 2	СрМ925	5	10,36	0,48	54	15	0,48	26,06	391,74
5	ФЛ0122	Каблучка 1	СрМ925	2	10,36	0,19	54	8	0,19	10,42	78,35
6	ФЛ0123	Каблучка 2	СрМ925	5	10,36	0,48	36	11	0,48	17,37	195,87
7	ФЛ0124	Перстень	СрМ925	15	10,36	1,45	30	14	1,45	43,44	587,61
							Всього	**77**			**1684,49**
Латунні виливки											
8	ФЛ011	Затискач для краватки «Танк»	Л68	10	8,5	1,18	60	7	1,18	70,59	477,46
9	ФЛ015	Брелок «Кріп»	Л68	10	8,5	1,18	10	41	1,18	11,76	477,46
10	ФЛ016	Затискач «Тризуб»	Л68	10	8,5	1,18	60	7	1,18	70,59	477,46
11	ФЛ012	Брелок «Кабанчик»	Л68	20	8,5	2,35	10	41	2,35	23,53	954,93
12	ФЛ013	Брелок «Національна поліція України»	Л68	20	8,5	2,35	10	41	2,35	23,53	954,93
13	ФЛ014	Брелок «НОК новий»	Л68	20	8,5	2,35	10	41	2,35	23,53	954,93

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	ФЛ017	Медаль «Хрест хоробрих»	Л68	60	8,5	7,06	8	51	7,06	56,47	2864,78
							Всього	**227**			**7161,96**
Бронзові виливки											
15	ФЛ0113	Пішак К	БрО5Ц5С5	100	7,5	13,33	4	1623,38	13,33	53,33	86580,09
16	ФЛ0112	Тура К	БрО5Ц5С5	110	7,5	14,67	4	405,84	14,67	58,67	23809,52
17	ФЛ0111	Кінь К	БрО5Ц5С5	120	7,5	16,00	4	405,84	16,00	64,00	25974,03
18	ФЛ0110	Слон К	БрО5Ц5С5	130	7,5	17,33	4	405,84	17,33	69,33	28138,53
19	ФЛ019	Ферзь К	БрО5Ц5С5	140	7,5	18,67	4	202,92	18,67	74,67	15151,52
20	ФЛ018	Король К	БрО5Ц5С5	150	7,5	20,00	4	202,92	20,00	80,00	16233,77
21	ФЛ0117	Статуетка «Яблуко»	БрО5Ц5С5	200	7,5	26,67	4	101,46	26,67	106,67	10822,51
22	ФЛ0116	Сувенір «НОК Ріо»	БрО5Ц5С5	500	7,5	66,67	4	101,46	66,67	266,67	27056,28
23	ФЛ0115	Статуетка «Гравець»	БрО5Ц5С5	800	7,5	106,67	1	405,84	106,67	106,67	43290,04
24	ФЛ0114	Статуетка «Воїн»	БрО5Ц5С5	850	7,5	113,33	1	405,84	113,33	113,33	45995,67
							Всього	**4261,36**			**323051,95**
							Разом	**4565,37**			**331898,39**

Для створення майстер-моделі використовується фрезерний модельний верстат моделі VSM105 [6] (рис. 3.1), технічні характеристики якого наведено у табл. 3.3. Даний верстат має 5 осей та розроблений спеціально для ювелірного виробництва.

Рисунок 3.1 – Фрезерний модельний верстат VSM105 [6]

Таблиця 3.3 – технічні характеристики фрезерного модельного верстату VSM105 [6]

Параметр	*Характеристика*
Кількість осей	X/Y/Z/A/B
Граничний хід переміщення X/Y/Z, мм	110/130/120
Граничний хід обертання A/B, град	±135/0-360
Оберти шпинделя, об/хв	8000-24000
Максимальний діаметр фрези, мм	6,0
Габаритні розміри, мм	700*500*800
Напруга живлення, В	220
Потужність, кВт	2,0
Маса, кг	80

Для подальшого тиражування виробу використовують гумові прес-форми, що виготовляються за допомогою вулканізатора. Обираємо вулканізатора мод. ПЛС73А [7] від компанії ВТК (табл. 3.4), що представлений на рис. 3.2.

Рисунок 3.2 – Вулканізатор ПЛС73А [7]

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики вулканізатора ПЛС73А [7]

Параметр	*Характеристика*
Розмір нагрівних плит, мм	120x160
Максимальне розведення плит, мм	100
Час витримки, хв	Від 0 до 90
Діапазон підтримки температури, °С	30-200
Габаритні розміри, мм	340x230x465
Напруга живлення, В	220
Потужність, кВт	0,5
Маса, кг	25

Воскові моделі виготовляються шляхом запресовування модельної композиції у порожнину гумової прес-форми. Цей процес відбувається за допомогою інжектора. Після заповнення форми її розміщують на холодильну установку та беруть наступну, вже охолоджену форму, з якої акуратно виймають модель і припаюють до стояка. Порожню форму посипають тальком і знову наповнюють воском. Цей процес повторюється циклічно.

З огляду на те, що швидкість виготовлення моделей залежить від оператора, приймаємо, що в середньому за годину буде отримуватись 500 г з модельної композиції. В такому випадку обираємо інжектор мод. LOGIMEC [8] (рис. 3.3), характеристики якого представлено у табл. 3.5.

Рисунок 3.3 – Інжектор LOGIMEC [8]

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики інжектора LOGIMEC [8]

Параметр	*Характеристика*
Максимальне завантаження модельною композицією, кг	1,5
Робоча температура, °С	90
Точність одержання температури, °С	±0,1
Габаритні розміри, мм	160x160x520
Напруга живлення, В	220
Потужність, кВт	0,16
Маса, кг	6

Необхідна кількість інжекторів розраховується за наступною формулою:

$$N = \frac{В_р}{Ф_д \cdot q}, \tag{3.1}$$

де q – циклова продуктивність, кг/год;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу устаткування;

$В_р$ – річна кількість модельної композиції, кг.

$$N = \frac{331{,}898}{1940 \cdot 0{,}5} = 0{,}34.$$

Приймаємо 1 інжектор. Коефіцієнт завантаженості розраховується за наступною формулою:

$$К_з = \frac{n}{n_y}, \tag{3.2}$$

де n – розрахована необхідна кількість устаткування;

n_y – прийнята кількість устаткування.

$$К_з = \frac{0,34}{1} = 0,34.$$

Після виготовлення моделей, вони напаюються на стояк, утворюючи ялинку. Кількість моделей залежить від їх розмірів та висоти опоки. Після цього готовий блок моделей передається на формувальну дільницю.

3.2 Формувальна дільниця

Оскільки для ювелірних виливків необхідно мати високу якість поверхні після лиття, то в якості формувального матеріалу використовуються гіпсокристобалітні суміші. Дані суміші постачаються у вигляді дрібно-дисперсної структури та заточені саме для виготовлення виливків з дорогоцінних та кольорових металів.

Однією з таких сумішей є SRS SILK [9] (табл. 3.6). Ця суміш при правильному приготуванні має гладку кремоподібну консистенцію та легко вимивається після лиття.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики формувальної суміші SRS SILK [9]

Параметр	*Характеристика*
Співвідношення вода/суміш	100/38-40
Живучість, хв	8
Час тужавіння, хв	12-14
Розширення при 750 °С, %	1,1

Об’єм формувальної суміші на виготовлення однієї форми розраховується за формулою:

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{опоки}} - V_{\text{мод.блоку}}, \tag{3.3}$$

де $V_{опоки}$ – об’єм простору в опоці, см^3;

$V_{мод.блоку}$ – об’єм модельного блоку, см^3.

А відсоток суміші від загального об’єму розраховується за формулою:

$$\frac{(V_{\text{сум}} \cdot 100)}{V_{\text{опоки}}}, \tag{3.4}$$

де $V_{сум}$ – об’єм формувальної суміші, см^3.

Всі розрахунки заносимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Витрати формувальної суміші

Індекс позиції	*Код деталі*	*Найменування деталі*	*Марка сплаву*	*Маса виливка, г*	*Об'єм моделі, см^3*	*К-сть моделей на блок*	*Об'єм блоку, см^3*	*К-сть блоків на програму*	*Об'єм форми, см^3*	*Об'єм суміші на 1 форму, см^3*	*Відсоток суміші, %*	*Об'єм суміші на програму, см^3*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Срібні виливки												
1	ФЛ0118	Кулон «Серце»	СрМ925	2	0,12	54	26	8	1145,11	1119,10	97,73	8410,74
2	ФЛ0119	Кулон «Янгол»	СрМ925	3	0,21	54	31	8	1145,11	1114,24	97,30	8374,22
3	ФЛ0120	Сережки 1	СрМ925	3	0,35	54	38	15	1145,11	1106,68	96,64	16634,80
4	ФЛ0121	Сережки 2	СрМ925	5	0,84	54	65	15	1145,11	1080,22	94,33	16237,07
5	ФЛ0122	Каблучка 1	СрМ925	2	0,72	54	58	8	1145,11	1086,70	94,90	8167,24
6	ФЛ0123	Каблучка 2	СрМ925	5	1,92	36	84	11	1145,11	1060,94	92,65	11960,51
7	ФЛ0124	Перстень	СрМ925	15	3,64	30	123	14	1145,11	1022,38	89,28	13830,90
											Всього	**83615,48**
Латунні виливки												
8	ФЛ011	Затискач для краватки «Танк»	Л68	10	0,84	60	71	7	1145,11	1073,68	93,76	7262,45
9	ФЛ015	Брелок «Кріп»	Л68	10	1,54	10	24	41	1145,11	1121,22	97,91	45504,06
10	ФЛ016	Затискач «Тризуб»	Л68	10	0,84	60	71	7	1145,11	1073,68	93,76	7262,45
11	ФЛ012	Брелок «Кабанчик»	Л68	20	2,90	10	38	41	1145,11	1107,54	96,72	44948,86

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	ФЛ013	Брелок «Національна поліція України»	Л68	20	3,07	10	39	41	1145,11	1105,86	96,57	44880,68
13	ФЛ014	Брелок «НОК новий»	Л68	20	2,77	10	36	41	1145,11	1108,91	96,84	45004,26
14	ФЛ017	Медаль «Хрест хоробрих»	Л68	60	7,04	8	64	51	1145,11	1080,76	94,38	54827,52
											Всього	**249690,27**
Бронзові виливки												
15	ФЛ0113	Пішак К	БрО5Ц5С5	100	20	4	92	1623	1145,11	1053,11	91,97	1709594,16
16	ФЛ0112	Тура К	БрО5Ц5С5	110	34,38	4	150	406	1145,11	995,61	86,94	404062,50
17	ФЛ0111	Кінь К	БрО5Ц5С5	120	54	4	228	406	1145,11	917,11	80,09	372203,73
18	ФЛ0110	Слон К	БрО5Ц5С5	130	85,75	4	355	406	1145,11	790,11	69,00	320661,53
19	ФЛ019	Ферзь К	БрО5Ц5С5	140	136	4	556	203	1145,11	589,11	51,45	119543,43
20	ФЛ018	Король К	БрО5Ц5С5	150	192,38	4	782	203	1145,11	363,61	31,75	73784,50
21	ФЛ0117	Статуетка «Яблуко»	БрО5Ц5С5	200	125	4	512	101	1145,11	633,11	55,29	64236,00
22	ФЛ0116	Сувенір «НОК Ріо»	БрО5Ц5С5	500	216	4	876	101	1145,11	269,11	23,50	27304,18
23	ФЛ0115	Статуетка «Гравець»	БрО5Ц5С5	800	1530	1	1542	406	4682,94	3140,94	67,07	1274732,14
24	ФЛ0114	Статуетка «Воїн»	БрО5Ц5С5	850	2000	1	2012	406	4682,94	2670,94	57,04	1083985,39
											Всього	**5450107,55**
											Разом	**5783413,30**

Таким чином на рік необхідно 5,78 м^3 формувальної маси, де 4,13 м^3 дистильованої води та 1,65 м^3 суміші. З огляду на те, що від гіпсокристобалітних сумішей досить багато пилу, необхідно зменшити час контактування з нею. Для цього обираємо вібровакуумну установку KWS EB 10/16S [10] (рис. 3.4), технічні характеристики якої наведено у табл. 3.8. Дана установка дозволяє готувати суміш автоматично, без втручання працівників, з подальшим заливанням суспензії в опоки від вакуумом та вібрацією.

Рисунок 3.4 – Вібровакуумна установка KWS EB 10/16S [10]

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики установки KWS EB 10/16S [10]

Характеристика	*Параметр*
Максимальний діаметр опок, мм	140
Максимальна висота опок, мм	270
Максимальна кількість опок, шт.	6
Формомаса, кг	до 16
Потужність, кВт	1,7
Живлення, В	400
Габаритні розміри, мм	1130x640x1600
Маса, кг	183

Послідовність формування:

1. Підготувати матеріали та устаткування.
2. Зважити блок воскових моделей.
3. Закріпити воскову ялинку на прогумованій плиті.
4. Встановити перфоровану опоку.
5. Розмістити на формувальному столі.
6. Обмотати опоку еластичним мартенсовим бинтом.
7. Приготувати формувальну суспензію. Щоб уникнути утворення грудок, засипати формувальну суміш у воду, а не навпаки.
8. Встановити опоку на вібровакуумну установку.
9. Залити готову суспензію та вакуумувати опоку на вібростолі.
10. Тверднення форми на повітрі протягом 15-20 хвилин.
11. Зняти бинт та підкладну плиту.
12. Транспортувати форму-моноліт на плавильно-заливальну дільницю.

Кількість вібровакуумних установок розраховуємо за формуло 3.1:

$$N = \frac{4565{,}37}{1900 \cdot 6} = 0{,}4.$$

Приймаємо 1 установку. Коефіцієнт завантаженості розраховується за формулою 3.2:

$$К_з = \frac{0,4}{1} = 0,4.$$

3.3 Плавильно-заливальна дільниця

Після виготовлення форми-моноліту її прожарюють у муфельній печі. Цикл прожарювання зазначено виробником формувальної суміші [9] (рис. 3.5). Метою прожарювання є видалення воску з форми, здійснення структурних перетворень, зміцнення форми та забезпечення оптимальної температури для подальшого заливання.

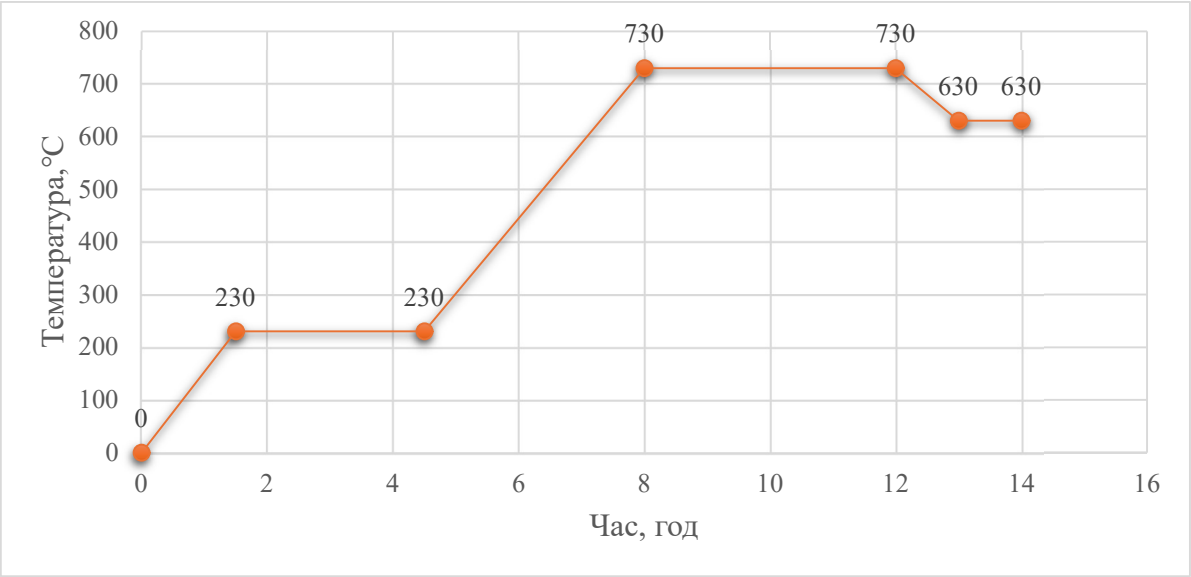

Рисунок 3.5 – Графік прожарювання форм-монолітів [9]

Для прожарювання використовуються муфельні печі. Оскільки цей процес є досить тривалим, то необхідно використовувати таку піч, яка зможе помістити в своїй робочій камері якомога більшу кількість форм. Тому вибираємо піч СНОЛ 54/1100 [11] (рис. 3.6), технічні характеристики наведено у табл. 3.9. В цій печі можна прожарити 10 форм діаметром 90 мм за один цикл. З урахуванням того,

що цикл прожарювання займає 14 годин, то за формулою 3.1 необхідна кількість печей:

$$N = \frac{4565{,}37}{\frac{1940}{14} \cdot 10} = 3{,}29.$$

Приймаємо 4 печі. Коефіцієнт завантаженості за формулою 3.2:

$$К_з = \frac{3{,}29}{4} = 0{,}82.$$

Рисунок 3.6 – Муфельна піч СНОЛ 54/1100 [11]

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики муфельної печі [11]

Параметр	*Характеристика*
Потужність, кВт	12
Максимальна робоча температура печі, °С	1100
Середовище в робочому просторі	Повітря
Час розігрівання до максимальної температури, хв	85
Розміри камери, мм	300x600x300
Габаритні розміри, мм	980x1270x1000
Маса, кг	360

Загальний угар металу розраховується за формулою:

$$У = \sum \frac{N \cdot X_c}{100 - y} - N, \quad (3.5)$$

де N – загальна маса сплаву на річну програму, кг;

X_c – відсотковий вміст елементу у сплаві, %;

y – угар елементу при плавці;

Для прикладу знайдемо загальний угар для сплаву СрМ925:

– загальна маса сплаву на річну програму N = 17,5 кг;
– відсотковий вміст елементів: Ag – 92,5%; Cu – 7,38%;
– угар елементів при плавці: Ag – 0,4%; Cu – 1,9%;

Підставивши дані значення в формулу 3.5, отримаємо:

$$У = \left(\frac{(17{,}5 \cdot 92{,}5)}{100 - 0{,}4} + \frac{17{,}5 \cdot 7{,}38}{100 - 1{,}9}\right) - 17{,}5 = (16{,}25 + 1{,}32) - 17{,}5 =$$
$$= 17{,}57 - 17{,}5 = 0{,}07 \text{ кг.}$$

Потреба срібла на рік становить:

$$М_{ср} = 17{,}5 \cdot 0{,}925 = 16{,}19 \text{ кг.}$$

Для визначення маси металозавалки необхідно мати наступні дані:

– маса придатного литва на рік;
– маса металу, що йде на ливникові системи;
– витрати металу на угар, безповоротні витрати та брак.

Угар розраховується за формулою 3.6. Річні витрати на ливники та брак приймаємо 35% для сплаву СрМ925 та 30% для сплавів Л68 і БрО5Ц5С5, вихід придатного литва – 65% для СрМ925 та 70% для мідних сплавів.

Баланс металу наведено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Баланс металу

Індекс позиції	*Марка сплаву*	*Придатне литво*		*Ливники, брак*		*Рідкий метал*		*Угар, безповоротні втрати*		*Металозавалка*		*Спосіб*	*Тип плавильного*
		%	*кг/рік*	*%*	*кг/рік*	*%*	*кг/рік*	*%*	*кг/рік*	*%*	*кг/рік*		
1	СрМ925	65	17,5	35	9,40	99,74	26,85	0,26	0,07	100	26,92	Індукційний	Indutherm
2	Л68	70	60,9	30	26,09	98,02	86,97	1,98	1,76	100	88,73		
3	БрО5Ц5С5	70	2422,9	30	1038,38	99,38	3461,27	0,62	21,47	100	3482,74		
Всього			**2501,22**		**1073,87**		**3575,09**		**23,3**		**3598,39**		

Потреба рідкого металу на годину розраховується за формулою:

$$M = \frac{B_р}{Ф_д}, \tag{3.6}$$

де $B_р$ – річна кількість металозавадки, кг;
$Ф_д$ – дійсний фонд часу устаткування, год.

Для сплаву СрМ925:

$$M_с = \frac{26{,}92}{1940} = 0{,}01\,\frac{кг}{год}.$$

Для Л68:

$$M_л = \frac{88{,}73}{1940} = 0{,}05\ кг/год.$$

Для БрО5Ц5С5:

$$M_б = \frac{3482{,}74}{1940} = 1{,}8\ кг/год.$$

Для плавлення металу та подальшого лиття обираємо ливарну вакуумну машину Indutherm VC500D [12] (табл. 3.11), що представлена на рис. 3.7.

Ця установка виконує наступні процеси:

– вакуумування камери;
– індукційний нагрів металу та плавлення під захисною атмосферою інертного газу аргону;
– перемішування розплаву за допомогою низькочастотних імпульсів та вихрових струмів;
– лиття з вакуумним всмоктуванням і додатковим пресуванням інертним газом аргоном.

Машина має ряд переваг, зокрема:

– висока щільність і відсутність таких дефектів у виливках, як усадка, недолив, пористість;
– плавлення під захисною атмосферою з використанням тигля із соплом та запірним стопором, що зменшує турбулентність потоку металу;
– повністю автоматизований контроль процесу лиття.

Порядок операцій лиття:

1. Підготувати шихту.
2. Встановити тигель. Використовується графітний тигель.
3. Завантажити шихту.
4. Довести метал до температури плавлення з перегрівом на 50-60 °С.
5. Встановити опоку, яка має оптимальну температуру після прожарювання.
6. Вакуумувати камери з опокою та тиглем.
7. Подати інертний газ.
8. Підняти опоку пневмоліфтом до отвору плавильної камери.
9. Підняти стопор і залити метал у форму під тиском 4 атмосфери інертного газу, витримуючи до температури кристалізації.

Вибивання виливків відбувається шляхом занурення форми у теплу воду, в якій вона тане та витікає з опоки.

Рисунок 3.7 – Індукційна ливарна машина Indutherm VC500D [12]

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики Indutherm VC500D [12]

Параметр	*Характеристика*
Габаритні розміри, мм	600x820x1450
Потужність, кВт	10
Максимальна температура, °С	1600
Максимальні розміри опок, мм	Ø130x260
Надлишковий тиск інертного газу, бар	До 3
Кількість ливарних програм	20
Схема гранулювання	Опція
Маса, кг	165

Кількість устаткування на плавильній ділянці розраховується за наступною формулою:

$$P_{п} = \frac{В}{Ф_{д} \cdot h}, \tag{3.7}$$

де В – річна кількість металу, кг/рік;

$Ф_{д}$ – дійсний фонд часу устаткування, год;

h – час продуктивності устаткування, кг/год.

Підставивши всі необхідні значення в формулу, отримаємо:

$$P_{\text{п}} = \frac{3598{,}39}{1940 \cdot 5} = 0{,}37.$$

Приймаємо 1 індукційну ливарну машину Indutherm VC-500D. Коефіцієнт завантаженості становить:

$$\text{К}_{\text{з}} = \frac{0{,}37}{1} = 0{,}37.$$

3.4 Дільниця фінішних операцій

Після лиття та охолодження форми транспортуються на дільницю фінішних операцій. Тут блок виливків очищається від формувальної суміші шляхом занурення опоки у теплу воду. Для очищення виливків від залишків формувальної маси використовується парова мийка ElmaSteam 5000 ES-5 [13] (рис. 3.8), технічні характеристики якої наведено у табл. 3.12.

Для очищення виливків під час обробки, або після її закінчення використовується ультразвукова мийка JP-100S [14] (рис. 3.9). Данна мийка додатково комплектується сіткою-контейнером для розвішування виробів. Технічні характеристики наведено у табл. 3.13.

Рисунок 3.8 – Парова мийка ElmaSteam 5000 ES-5 [13]

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики парової мийки ElmaSteam 5000 [13]

Параметр	*Характеристика*
Потужність, кВт	2,9
Об’єм камери, л	4,5
Діапазон робочого тиску пари, бар	5-8
Температура пари, °С	160-200
Габаритні розміри, мм	288x305x420
Маса, кг	21,4

Рисунок 3.9 – Ультразвукова мийка JP-100S [14]

Таблиця 3.13 – Технічні характеристики ультразвукової мийки JP-100S [14]

Параметр	*Характеристика*
Потужність, Вт	600
Потужність елемента, що нагріває, Вт	500
Розміри ван, мм	500x300x200
Об’єм, л	30
Маса, кг	12,5
Габаритні розміри, мм	530x325x325

Щоб надати виливкам металічний блиск їх необхідно відполірувати. Найзручніше це робити за допомогою верстатів. Обираємо полірувальний верстат Mini DM-2 [15] (табл. 3.14), що представлений на рис. 3.10.

Таблиця 3.14 – Технічні характеристики полірувального верстату Mini DM-2 [15]

Параметр	*Характеристика*
Потужність, Вт	370
Швидкість обертання шпинделя, об./хв	1750
Максимальний діаметр круга, мм	500x300x200
Маса, кг	18
Габаритні розміри, мм	570x250x420

Рисунок 3.10 – Полірувальний верстат Mini DM-2 [15]

Для нанесення захисного або декоративного покриття використовується гальванічна установка PGG 10/3-B [16] (рис. 3.11). Цей апарат може наносити шар з золота, срібла, родію, міді, нікелю та інших металів, окрім хрому. Окрім того наявна система оповіщення оператора про закінчення процесів. Технічні характеристики наведено у табл. 3.15.

Рисунок 3.11 – Гальванічна установка PGG 10/3-B [16]

Таблиця 3.15 – Технічні характеристики гальванічної установки PGG 10/3-B [16]

Параметр	*Характеристика*
Кількість ван	3
Розмір ван, мм	150x100x150
Об’єм, л	1,5
Габаритні розміри, мм	500x260x280
Маса, кг	15
Потужність, Вт	180

4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

4.1 Обґрунтування вибраної технології

4.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Ювелірний виріб «Каблучка» виготовляється зі срібного сплаву марки СрМ925, що відповідає 925 пробі, характеристики якого наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики сплаву СрМ925

Параметр		*Характеристика*
Марка сплаву		СрМ925
Проба		925
Колір сплаву		Срібний
Хімічний склад, %	Ag	92,5-93
	Cu	6,76-7,38
	Домішки, не більше	0,12
Щільність, г/см^3		10,36
Інтервал плавлення, °С		779-896

4.1.2 Конструкція литого виробу

Конструкція литого виробу складається з однієї частини: саме кільце з декоративними елементами та пазом для вставки дорогоцінного каміння з 4 крапанами (рис. 4.1). Габаритні розміри виливка: 18,8х4,5х22,7 мм, маса 5 г.

4.1.3 Аналіз можливих способів виготовлення виливка

При аналізі можливих методів виготовлення виливків враховують основні виробничі фактори, такі як серійність виробництва, тип сплаву, вимоги до якості продукції, розміри виливків.

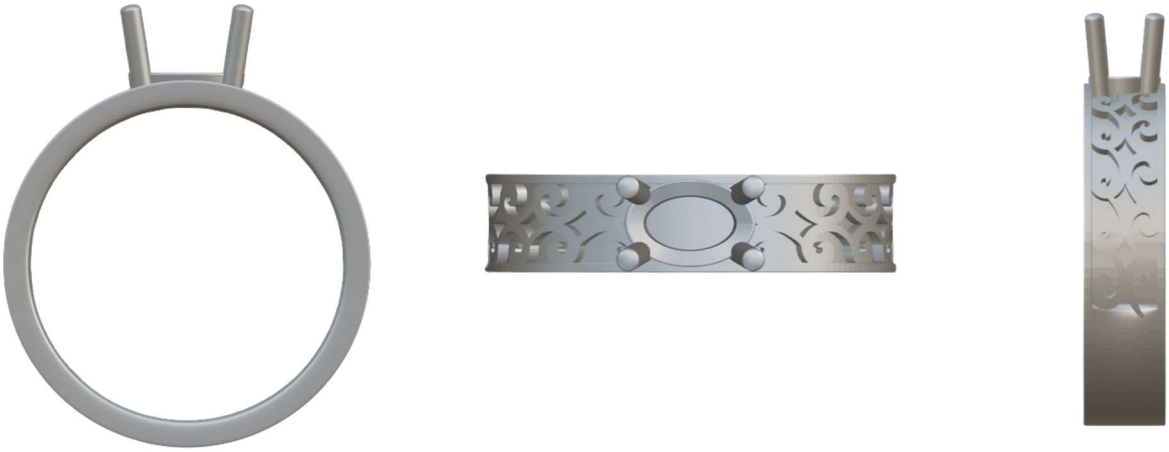

Рисунок 4.1 – Тривимірна модель виробу «Каблучка»

Єдиний можливий спосіб виготовлення ювелірної продукції – це лиття за витоплюваними моделями з використанням гіпсокристобалітових сумішей. Основні переваги цього методу:

- швидке тиражування воскових моделей за допомогою гумових прес-форм, матеріал яких відносно недорогий
- великий вибір гіпсокристобалітових сумішей;
- легка обробка воскової моделі та простота регенерації модельного матеріалу для повторного використання;
- використання форм-монолітів, що усуває необхідність у рознімних формах та забезпечує кращу поверхню виробу;
- відносно низька вартість оснащення;
- зменшення ручної праці при формуванні;
- простота виготовлення необхідної суспензії для сумішоприготування;

– повне обтікання суспензією моделі та забезпечення точного відтворення конфігурації у формі;
– можливість використання лиття під вакуумом та відцентровою силою, що забезпечує більш якісне лиття, виключає вплив зовнішнього середовища на розплав, та забезпечує високу проливаємість виробів, включаючи найтонші ділянки;
– висока розмірна точність литих виливків, що потребують лише поверхневої обробки, знімаючи метал у межах 0,2…0,4%.

Серед недоліків: багато операцій, довгий цикл прожарювання та відносно висока вартість формувальних сумішей.

4.2 Проєктування тривимірної моделі виробу

Для проєктування тривимірної моделі використовувалося програмне забезпечення Blender. Паз для вставки дорогоцінного каміння моделювався, використовуючи розміри існуючого каміння – блакитного сапфіру овальної огранки та його фотографія (рис. 4.2).

Рисунок 4.2 – Фотографія блакитного сапфіру

Після отримання тривимірної моделі виробу (рис. 4.1), моделюється ялинка (рис. 4.3) для уявлення кількості моделей та подальших розрахунків.

Для отримання моделі у воску використовується фрезерний модельний верстат. За даними табл. 3.2 на виготовлення однієї моделі виливка необхідно 0,48 г воску.

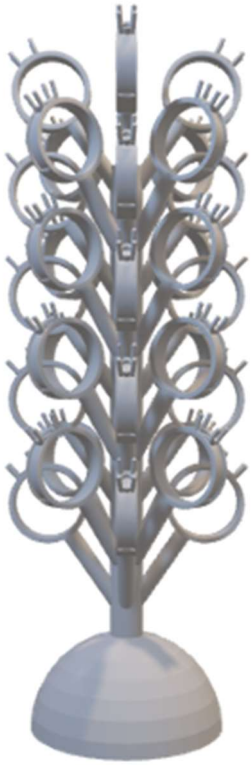

Рисунок 4.3 – Розміщення моделей на ялинці

Для отримання моделі у воску використовується фрезерний модельний верстат. За даними табл. 3.2 на виготовлення однієї моделі виливка необхідно 0,48 г воску.

4.3 Визначення розмірів опоки

Для лиття виливків обрано вакуумну індукційну ливарну машину Indutherm VC500D [12], що дозволяє застосовувати опоки з максимальним діаметром 130 мм та висотою 260 мм.

Враховуючи розміри виливків та спроектованої ялинки, вибираємо перфоровану опоку розміром Ø90x180 мм.

Кількість моделей на блок – 36 шт.

4.4 Сумішеприготування та формування

Сумішоприготування та формування форм з модельним блоком здійснюється за допомогою вібровакуумної установки KWS EB 10/16S.

Процес приготування суміші та формування форми-моноліт див. п. 3.2.

4.5 Підготовка форми

Перед заливанням форм з них необхідно витопити модельну композицію та прожарити. Під час цієї операції витоплюється віск та відбувається зміцнення гіпсокристобалітної суміші. Детальний процес прожарювання див. п. 3.3.

4.6 Елементи ливникової системи

4.6.1 Обґрунтування та вибір ливникової системи

Ливникова система повинна забезпечити однорідне розподілення рідкого металу по всій мережі розгалужених каналів виливків. Елементи ливникової системи мають мати плавні переходи, які направляють розплав до форми, уникаючи турбулентного потоку, який може спричинити газову пористість, ерозію металу та захоплення неметалічних включень [17].

Ливникова система також має враховувати переріз виливка на всіх ділянках, забезпечуючи направлене або одночасне затвердіння, щоб уникнути передчасного затвердіння частин, які можуть перешкоджати протіканню розплаву.

Таким чином при виборі ливникової системи для каблучки метал підводимо одним живильником циліндричної форми до нижньої зовнішньої частини шинки.

4.6.2 Розрахунок ливникової системи

Розрахунок ливникової системи ведеться за наступною формулою [17]:

$$\delta_{\text{жив}} = \frac{\sqrt[4]{z^3 \cdot G} \cdot \sqrt[3]{l_{\text{жив}}}}{\delta_{\text{ст}}}, \tag{4.1}$$

де $\delta_{ст}$ – зведена товщина перетину стояка, мм;

z – зведена товщина масивного вузла виливка, мм;

G – маса виливка, г;

$l_{жив}$ – довжина живильника, мм;

Зведена товщина масивного вузла розраховується за формулою:

$$z = \frac{V_{\text{вил}}}{S_{\text{вил}}}, \tag{4.2}$$

де $V_{вил}$ – об'єм виливка, мм^3;

$S_{вил}$ – площа поверхні виливка, мм^2.

За даними тривимірної моделі площа поверхні виливка та його об'єм складають 64,27 мм^2 та 440,42 мм^3 відповідно.

Підставивши необхідні значення у формулу 4.2 отримаємо:

$$z = \frac{440{,}42}{64{,}27} = 6{,}85 \text{ мм.}$$

Розраховуємо зведену товщину стояка за формулою 4.3:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{S_{\text{ст}}}{P_{\text{ст}}}, \tag{4.3}$$

де $S_{ст}$ – площа поверхні стояка, мм^2;

$P_{ст}$ – периметр стояка, мм.

Діаметр стояка обирається в залежності від маси виливка і потреби у живленні металом. Тому вибираємо діаметр 10 мм. Підставляємо значення у формулу 4.3 і отримаємо:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot 5^2}{2 \cdot \pi \cdot 5} = 2{,}5 \text{ мм.}$$

Довжину живильника обираємо так, щоб модель розташовувалася не більш як на 5,5 мм від стінки опоки. Тому обираємо довжину живильника 20 мм.

Підставляємо всі значення у формулу 4.1:

$$\delta_{\text{жив}} = \frac{\sqrt[4]{6{,}85^3 \cdot 5} \cdot \sqrt[3]{20}}{2{,}5} = 6{,}87 \text{ мм.}$$

4.7 Плавлення та лиття металу

Плавлення та подальше лиття відбувається за допомогою індукційної вакуумної ливарної машини Indutherm VC500D [12]. Розрахунок шихти на один виріб з урахуванням угару ведеться за наступною формулою:

$$E_m = \frac{m \cdot E_{\text{спл}}}{100 - y}, \tag{4.4}$$

де m – маса готового сплаву, г;

$E_{спл}$ – відсотковий вміст елементу у готовому сплаві, %;

$У$ – відсоток угару при плавці, %;

Підставивши необхідні значення у формулу 4.4, отримаємо:

$$Ag = \frac{5 \cdot 92{,}5}{100 - 0{,}4} = 4{,}64 \text{ г.}$$

$$Cu = \frac{5 \cdot 7{,}38}{100 - 1{,}9} = 0{,}38 \text{ г.}$$

Загальна маса складає 5,02 г, з них лігатури 0,38 г.

Загальна маса металу на 1 модельний блок розраховується за формулою:

$$M_{\text{блок}} = m_{\text{вил}} \cdot n_{\text{вил}} + V_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{спл}} + \sum V_{\text{жив}} \cdot \rho_{\text{спл}}, \quad (4.5)$$

де $m_{вил}$ – маса виливка, г (5 г);

$n_{вил}$ – кількість виливків на блок, шт. (36 шт.);

$V_{ст}$ – об'єм стояка, см^3 (6,03 см^3);

$V_{жив}$ – об'єм живильника, см^3 (0,25 см^3);

$\rho_{спл}$ – щільність сплаву, г/см^3 (10,36 г/см^3).

Підставляємо всі значення у формулу 4.5:

$$M_{\text{блок}} = 5 \cdot 36 + 6{,}03 \cdot 10{,}36 + (0{,}25 \cdot 36) \cdot 10{,}36 = 215{,}75 \text{ г.}$$

Загальна шихта на блок з урахуванням угару:

$$Ag = \frac{215{,}75 \cdot 92{,}5}{100 - 0{,}4} = 200{,}37 \text{ г.}$$

$$Cu = \frac{215{,}75 \cdot 7{,}38}{100 - 1{,}9} = 16{,}23 \text{ г.}$$

Загальна маса складатиме 216,6 г, з них лігатури 16,23 г.

Загальна відомість по шихті представлена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Загальна відомість по шихті

Марка сплаву	*Виливок «Каблучка», г*				*Модельний блок, г*			
	$m_в$	m_{Ag}	m_{Cu}	$\sum m$	$M_{блок}$	M_{Ag}	M_{Cu}	$\sum M$
СрМ925	5	4,64	0,38	5,02	215,75	200,37	16,23	216,6

Технологія плавлення:

1. Переплавлення відходів виробництва, таких як стружка, ливники, брак. Спочатку стружку піддають обробці при низькій температурі для очищення від зайвих домішок, після чого змішують з флюсами та розплавляють. Розплав охолоджують на сталевій плиті. Якщо у сплаві є домішки, виконують окислювальну та відновлювальну плавки.
2. Підготовка тигля до плавлення, розігрівання його до температури 950 °С.
3. Завантаження шихти та підвищення температури до потрібного рівня плавлення. Розплав перемішують за допомогою магнітного поля та вихрових струмів, створених індуктором. Плавлення проводиться в атмосфері аргону та вакууму.
4. Після досягнення температури 945 °С встановити форму-моноліт, яку перед цим підігріли в муфельній печі до 630 °С.
5. Розплав перегрівають на 40-50 °С і заливають у форму шляхом піднімання штоку. Розплав заповнює порожнину форми під дією земного тяжіння, аргону та вакууму.
6. Після повного заповнення форми, її необхідно витримати протягом деякого часу до температури нижче 870 °С.
7. Вийняти форму і залишити охолоджуватися на 10-15 хвилин.
8. Після охолодження вилучити блок виливків шляхом розмивання формувальної суміші та транспортувати у відділення фінішних операцій.

4.8 Фінішні операції

Останнім етапом є відділення виливків від ливникової системи, їх очищення у паровій та ультразвуковій мийках та полірування. Після усіх процесів закріплюється дорогоцінне каміння.

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Основні відомості

При використанні спеціального способу лиття, а саме лиття за моделями, що витоплюються, одним з головних етапів є витоплення воскового блоку з форми, та її зміцнення. Для цього використовуються муфельна піч. В залежності від розмірів внутрішньої камери можна прожарювати форми-моноліти різної висоти та діаметра.

Окрім прожарювання форм-монолітів, ці печі мають ряд інших застосувань:

– в лабораторних аналітичних процесах;
– для термічної та високотемпературної обробки деталей (загартовування, випалювання, нормалізація, відпал та відпуск);
– для обпалювання кераміки.

З огляду на те, що в даному проєкті розробляється технологія виготовлення ювелірного виробу в опоці діаметром 90 мм та висотою 180 мм, обрано муфельну піч СНОЛ 54/1100 від компанії TermoLab (рис. 5.1, табл. 5.1) [10].

Рисунок 5.1 – Муфельна піч СНОЛ 54/1100 [10]

Значення букв і цифр у назві печі:

- С – опору;
- Н – камерна;
- О – окислювальна;
- Л – лабораторна;
- 54 – обсяг робочого простору, л;
- 1100 – номінальна температура, °С.

Принцип роботи муфельної печі заснований на непрямому нагріванні. Нагрівальні елементи розташовані за межами робочої камери, а матеріал для нагрівання поміщається в окремий відсік, який називається муфелем. Муфель виготовлений з кераміки, що забезпечує високу надійність під час експлуатації.

Піч СНОЛ 54/1100 оснащена програмованим мікропроцесорним керуванням. Корпус печі виготовлений із листової сталі та пофарбований порошковою фарбою. Робоча камера виготовлена з шамотної цегли. Термоелектричний перетворювач – ТХА.

У комплекті йде керамічна підова плита.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики муфельної печі СНОЛ 54/1100 [10]

Параметр	*Характеристика*
Максимальна робоча температура, °С	1100
Стабільність температури у сталому тепловому режимі, °С	±5
Середовище у робочому просторі	Повітря
Час виходу на 900 °С, хв	40
Час розігріву до номінальної температури, хв	85
Розміри робочої камери, мм	300x600x300
Габаритні розміри печі, мм	980x1270x1000
Живлення, В Гц	 380 50
Потужність, кВт	12
Маса, кг	360

5.2 Розрахунок електронагрівачів

Робоча температура нагрівача становить 1100°С. Матеріал нагрівача ніхром Х15Н60.

Величина питомого електроопору визначається за формулою:

$$\rho = 1{,}1 \cdot 10^{-6} + 14 \cdot 10^{-11} \cdot t_{\text{н}}, \tag{5.1}$$

де $t_н$ – робоча температура нагрівача, °С.

$$\rho = 1{,}1 \cdot 10^{-6} + 14 \cdot 10^{-11} \cdot 1100 = 1{,}254 \cdot 10^{-6}\ \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

Питома поверхнева потужність розраховується за наступною формулою:

$$\omega_{\text{пт}} = \frac{C_0 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{н}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{м}}} - 1} \cdot \left[\left(\frac{\text{Т}_{\text{н}}}{100}\right)^4 - \left(\frac{\text{Т}_{\text{м}}}{100}\right)^4\right], \tag{5.2}$$

де C_0 – коефіцієнт випромінення абсолютно чорного тіла, 5,67;

$\varepsilon_н$ – ступінь чорноти нагрівача, 0,8;

$\varepsilon_м$ – ступінь чорноти муфеля, 0,8;

$T_н$ – температура нагрівача, 1373 К;

$T_м$ – температура муфеля, 1273 К.

Підставивши всі значення у формулу 5.2, отримаємо:

$$\omega_{\text{пт}} = \frac{5{,}67 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{0{,}8} + \frac{1}{0{,}8} - 1} \cdot \left[\left(\frac{1373}{100}\right)^4 - \left(\frac{1273}{100}\right)^4\right] = 35{,}06 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Для вибору типу нагрівача необхідно розрахувати відносну потужність стіни:

$$N_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{з}}}{F_{\text{ст}} \cdot \omega_{\text{пт}}}, \tag{5.3}$$

де $P_з$ – потужність печі, 12 кВт;

$F_{ст}$ – площа поверхні внутрішньої стіни, 0,18 м^2.

$$N_{\text{ст}} = \frac{12}{0{,}18 \cdot 35{,}06} = 1{,}9 \text{ кВт}.$$

Вибираємо дріт, що розміщений у керамічній трубці. Для цього типу коефіцієнт $a = 0{,}33$. За допомогою цього коефіцієнта можна розрахувати питому поверхневу потужність:

$$\omega_{\text{п}} = \alpha\omega_{\text{пт}} = 0{,}33 \cdot 35{,}06 = 11{,}57 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Схема електричного з'єднання «зірка». Діаметр дроту розраховується за наступною формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^3 \cdot \rho \cdot N_{\text{ф}}^2}{\pi^2 \cdot U_{\text{ф}}^2 \cdot \omega_{\text{п}}}}, \tag{5.4}$$

де $N_ф$ – потужність, кВт;

ρ – питомий електроопір, Ом*м;

$U_ф$ – напруга, при з'єднанні «зіркою» 220 В.

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^3 \cdot 1{,}254 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{12}{3}\right)^2}{\pi^2 \cdot 220^2 \cdot 11{,}57}} = 2{,}44 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Довжина дроту:

$$l = \frac{1}{10} \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}25 \cdot N_{\text{ф}} \cdot U_{\text{ф}}^2}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_{\text{п}}^2}}, \tag{5.5}$$

Всі значення відомі, підставляємо їх у формулу:

$$l = \frac{1}{10} \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}25 \cdot 4 \cdot 220^2}{\pi \cdot 1{,}254 \cdot 10^{-6} \cdot 11{,}57^2}} = 45{,}11 \text{ м.}$$

Таким чином діаметр нагрівача становить 2,44 мм, а довжина – 45,11 м. Для перевірки необхідно провести уточнений розрахунок. Розраховуємо опір фази:

$$R_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{ф}}^2}{N_{\text{ф}} \cdot 10^3} = \frac{220^2}{4 \cdot 10^3} = 12{,}1 \text{ Ом.}$$

Уточнена довжина нагрівача на одну фазу розраховується за формулою:

$$L_{\text{ф}} = \frac{R_{\text{ф}} \cdot S}{\rho}, \tag{5.6}$$

де S – площа перерізу нагрівача, м^2.

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0{,}00244^2}{4} = 4{,}68 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

$$L_{\text{ф}} = \frac{12{,}1 \cdot 4{,}68 \cdot 10^{-6}}{1{,}254 \cdot 10^{-6}} = 45{,}16 \text{ м.}$$

Питома поверхова потужність прийнятого нагрівача розраховується:

$$\omega'_{\text{п}} = \frac{N_{\text{ф}}}{F}, \tag{5.7}$$

де F – площа нагрівача для фази, м^2.

$$\omega'_{\text{п}} = \frac{4}{\pi \cdot 2{,}44 \cdot 10^{-3} \cdot 45{,}16} = 11{,}55 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Розрахована питома поверхнева потужність рівна припустимій 11,57 ~ 11,55. Отже розрахунок зроблено правильно. Проте на ринку є лише дріт діаметром 2 і 2,2 мм, то обираємо діаметр 2,2 мм. Слід перерахувати питому поверхневу потужність та довжину дроту.

Підставляємо новий діаметр у формули 5.6 та 5.7 і отримуємо:

$$L_{\text{ф}} = \frac{12{,}1 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}0022^2}{4}}{1{,}254 \cdot 10^{-6}} = 36{,}68 \text{ м}.$$

$$\omega'_{\text{п}} = \frac{4}{\pi \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 36{,}68} = 15{,}78 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Розраховуємо наступні параметри спіралі для однієї фази.

Крок:

$$\frac{h}{d} = 2 => h = 2d = 2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-3} = 4{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Діаметр:

$$D = 6d = 6 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-3} = 13{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Сумарна довжина осі спіралі:

$$l_{ф} = \frac{L_{ф}h}{\pi D} = \frac{36{,}68 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 13{,}2 \cdot 10^{-3}} = 3{,}89 \text{ м.}$$

Число витків нагрівача:

$$n_{ф} = \frac{L_{ф}}{\pi D} = \frac{36{,}68}{\pi \cdot 13{,}2 \cdot 10^{-3}} = 885.$$

5.3 Перевірка можливості розміщення нагрівачів на стіні печі

Загальна довжина осі спіралі:

$$l_{н} = 3 \cdot l_{ф} = 3 \cdot 3{,}89 = 11{,}67 \text{ м.}$$

Оскільки нагріваючі елементи розташовуються на двох стінах, то загальна довжина спіралі на одній стіні буде:

$$l = \frac{11{,}67}{2} = 5{,}84 \text{ м.}$$

Кількість рядів нагрівачів по висоті однієї стіни розраховується за формулою:

$$K = \frac{l}{P}, \tag{5.8}$$

де P – периметр стіни, м;

$$K = \frac{5{,}84}{2 \cdot (0{,}6 + 0{,}3)} = 3{,}24.$$

Приймаємо *К = 4.*

Крок нагрівачів:

$$t = \frac{h}{K} = \frac{0{,}3}{4} = 0{,}075 \text{ м}^2.$$

6 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Завданням енергетичного розділу проєкту є визначення обсягу електроенергії, потрібної для функціонування цеху, а також підрахунок витрат палива, газів та інших енергетичних ресурсів.

Споживання електроенергії розраховується на основі вибору та підрахунку кількості технологічного обладнання, а також використання його номінальної потужності у запланованому режимі роботи та розраховується за формулою:

$$\mathrm{E} = \mathrm{M} \cdot \Phi_0 \cdot \mu_{36} \cdot K_1 \cdot K_2, \tag{6.1}$$

де М – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год;

μ_{36} – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи;

K_2 – коефіцієнт використання потужності.

Коефіцієнт одночасності роботи для електричних печей приймається 0,6, для електродвигунів – 0,3, для генераторів високочастотного нагріву – 0,8 а коефіцієнт використання потужності – 0,7.

Підставляємо всі значення у формулу 6.1 і заносимо отримані значення у табл. 6.1.

Витрати енергії на освітлення розраховуються за наступною формулою:

$$Q = \frac{S \cdot q \cdot \tau \cdot f}{1000}, \quad (6.2)$$

де S – площа освітлювання, м^2;

q – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м^2;

τ – час горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Зазвичай поверхнева густина для виробничих приміщень складає 11-15 Вт/м^2, приймаємо 13 Вт/м^2.

Час горіння приймається в залежності від кількості змін в цеху. Оскільки на ювелірно-сувенірному підприємстві однозмінний робочий день, то час горіння буде 1840 год.

Коефіцієнт одночасного горіння для виробничих прогонів – 0,8.

Підставляємо дані у формулу 6.2:

$$Q = \frac{46{,}55 \cdot 13 \cdot 1840 \cdot 0{,}8}{1000} = 890{,}78 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 6.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	*К-сть споживачів*	*Потужність, кВт*	*Фонд робочого часу на рік, год*	*Коеф. Завантаженості*	*Коеф. одночасності*	*Коеф. Використання потужності*	*Річні витрати електроенергії, кВт*год*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Фрезерний модельний верстат VSM105	1	2	1940	0,8	0,3	0,7	651,84
Прес вулканізатор ПЛС73АВ	3	0,5	1940	0,8	0,3	0,7	488,88
Інжектор LOGIMEC	1	0,16	1940	0,34	0,3	0,7	22,16
Вібровакуумна установка KWS EB10/16S	1	1,7	1900	0,4	0,3	0,7	271,32

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Муфельна піч СНОЛ 54/1100	4	12	1940	0,82	0,6	0,7	32070,53
Індукційна ливарна вакуумна машина Indutherm VC500D	1	10	1940	0,37	0,8	0,7	4019,68
Парова мийка ElmaSteam 5000	1	2,9	1940	0,73	0,3	0,7	862,47
Ультразвукова мийка JP-100S	1	1,1	1940	0,75	0,3	0,7	336,11
Полірувальний верстат Mini DM-2	2	0,37	1940	0,62	0,3	0,7	186,92
Гальванічна установка PGG 10/3-B	1	0,18	1940	0,62	0,3	0,7	45,47
						Всього	**38 955,36**

7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІНЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

7.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Для визначення загальної кількості працівників на підприємстві використовується метод коректування базової чисельності, або метод розрахунку планової чисельності.

Зважаючи на те, що виробництво є невеликим, чисельність працівників буде залежати напряму від трудомісткості роботи та кількості устаткування. Таким чином на модельній ділянці необхідно 2 працівника, що будуть виготовляти воскові форми за допомогою інжектора (модельщик). На формувальній ділянці – 1 формувальник. На плавильно-заливальну ділянку – 1 ливарник. Та на ділянку фінішних операцій необхідно 2 робітника. Ливарник, в свою чергу, відповідає за прожарювання форм-монолітів, підготовку шихти та плавлення з заливанням металу.

Всі необхідні дані заносяться в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Чисельність основних і допоміжних робітників відділення

Професія, спеціальність	*Кваліфікований розряд*	*Явочна чисельність*	*Загалом на добу*	*Коеф. Переведення явочної чисельності в облікову*	*Облікова чисельність*
Модельщик	2	2	2	1,119	3
Формувальник	4	1	1	1,119	2
Ливарник	5	1	1	1,119	2
Слюсар	2	2	2	1,119	3
Разом		**6**	**6**		**10**

7.2 Визначення фондів заробітної плати

Головним організаційно-правовим інструментом для обґрунтування диференціації заробітної плати працівників підприємств різних форм господарської діяльності є тарифно-посадова система. Вона включає основні елементи, такі як тарифно-кваліфікаційні довідники, кваліфікаційні довідники посад керівників, спеціалістів і службовців, тарифні сітки та ставки, а також схеми посадових окладів або єдину тарифну сітку.

Тарифна сітка визначає співвідношення в оплаті праці працівників різного рівня кваліфікації. Вона являє собою перелік тарифних розрядів та відповідних коефіцієнтів. Параметри тарифної сітки, які діють в Україні, наведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Тарифна сітка робітників

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

Згідно Закону України «Про Державний бюджет України на 2024 рік» від 09.11.2023 року статті 8 з 1 квітня встановлено мінімальну заробітну плату в місячному розмірі – 8000 гривень, у погодинному розмірі – 48 гривень [15].

Розрахунок фонду заробітної плати наведено у табл. 7.3 та 7.4.

Таблиця 7.3 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	*Чисельність, осіб*	*Місячний посадовий оклад, грн*	*Річний фонд заробітної плати, грн*
1	**2**	**3**	**4**
Керівник			
Начальник відділення	1	35 000	420 000

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4
Майстер	1	30 000	360 000
		Разом	**780 000**
Спеціалісти			
Інженер-технолог ІІ-ї категорії	1	25 000	300 000
		Разом	**300 000**
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Прибиральниця	1	8 000	96 000
		Разом	**96 000**
		Усього по відділенню	**1 176 000**

Таблиця 7.4 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальність	*Розряд*	*Годинна тарифна ставка, грн*	*Обліковий склад, осіб*	*К-сть годин роботи за рік*		*Основна зарплата, тис. грн*	*Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн*					*Загальний фонд зарплати, тис. грн*
				1 робітника	*усіх*		*Надбавки та доплати*				*разом*	
							премії	*за роботу в особливих умовах*	*оплата відпусток*	*інше*		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Модельщик	3	57,79	3	1840	5520	319,01	127,60	57,42	38,38	31,90	255,21	574,22
Формувальник	4	65	2	1840	3680	238,46	95,39	42,92	28,62	23,85	190,77	429,24
Ливарник	5	73,49	2	1840	3680	270,44	108,17	48,68	32,45	27,04	216,35	486,78
Слюсар	2	52,22	3	1840	5520	288,28	115,31	51,89	34,59	28,83	230,62	518,90
Усього по відділенню						**1116,19**						**2009,14**

7.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці відображає ефективність роботи працівників. Вона розраховується за формулою:

$$П = \frac{G}{\sum Ч}, \quad (7.1)$$

де G – обсяг продукції, що виготовлена за рік, кг;

Ч – чисельність працівників усіх категорії.

Підставивши всі необхідні значення в формулу 7.1, отримаємо:

$$П = \frac{2500}{14} = 178{,}57 \text{ кг/особу.}$$

7.4 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають інвестиції в основні засоби, такі як технологічне та допоміжне обладнання, оснащення тощо, а також вкладення в оборотні нормовані засоби.

Зведена таблиця капітальних вкладень в обладнання наведено у табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування	*К-сть одиниць*	*Вартість за одиницю, тис. грн*	*Загальна вартість, тис. грн*	*Витрати на транспортування, тис. грн*	*Усього, тис. грн*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Фрезерний модельний верстат VSM105	1	623,41	623,41	124,682	748,092
Прес вулканізатор ПЛС73АВ	1	21,26	21,26	4,252	25,512
Інжектор LOGIMEC	1	29,64	29,64	5,928	35,57
Вібровакуумна установка KWS EB 10/16S	1	1122,46	1122,46	224,49	1346,95
Муфельна піч СНОЛ 54/1100	4	118,56	474,24	23,712	497,952

Продовження табл. 7.5

1	2	3	4	5	6
Індукційна ливарна вакуумна машина Indutherm VC500D	1	1735,73	1735,73	347,15	2082,88
Парова мийка ElmaSteam 5000	1	69,64	69,64	13,93	83,57
Ультразвукова мийка JP-100S	1	32,3	32,3	6,46	38,76
Полірувальний верстат Mini DM-2	2	24,38	48,76	4,88	53,64
Гальванічна установка PGG 10/3-B	1	93,61	93,61	18,72	112,33
				Загалом по відділенню	**5025,25**

Обсяг інвестицій у будівництво виробничих об'єктів визначається на основі площі цеху та середніх нормативних показників вартості будівельних конструкцій і промислових комунікацій (табл. 7.6).

Таблиця 7.6 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт

Елементи робіт	*Вартість, грн/м^3*	*На відділення, тис. грн*
1. Виробничі будівлі	5 000	698,25
2. Водопостачання виробничих приміщень	40	5,59
3. Каналізація виробничих приміщень	35	4,89
4. Електропроводка виробничих приміщень	70	9,78
5. Вентиляція виробничих приміщень	82	11,45
6. Зовнішній благоустрій	120	16,76
7. Невраховані витрати	700	97,76
	Разом	**844,48**

Постійна виробнича діяльність цеху або дільниці забезпечується оборотними засобами, мінімальна необхідна кількість яких називається нормативом оборотних засобів. Найбільшим складником цього нормативу, що може становити до 70%, є поточний запас матеріалів. Цей запас створюється для підтримки виробничого процесу матеріальними ресурсами в період між двома послідовними поставками. Середній поточний запас ($З_м$) розраховується за такою формулою:

$$З_м = М_д \cdot \frac{Т_{пост}}{2}, \qquad (7.2)$$

де $М_д$ – середньодобове споживання матеріалів, грн;

$Т_{пост}$ – інтервал між поставками матеріалів.

Зазвичай інтервал між поставками матеріалів знаходить в межах 15-30 днів.

Середньодобове споживання матеріалів розраховується шляхом ділення вартості річної потреби в основних і допоміжних матеріалах на 360, що є розрахунковою кількістю днів у році. Розмір усіх інших компонентів загального нормативу оборотних засобів можна встановлювати на рівні 50% від обчисленого нормативу поточних запасів.

Річні витрати на формувальні та шихтові матеріали представлено у табл. 7.7.

Таблиця 7.7 – Річні витрати на формувальні і шихтові матеріали

Матеріал	*Кількість на рік, кг*	*Ціна за 1 кг, грн*	*Ціна на річну програму, грн*
Модельна композиція	331,90	805	267 178,21
Формувальна суміш SRS SILK	1 619,36	92	148 980,73
Ср999	16,19	30 000	485 700
БрО5Ц5С5	3 705,30	680	2 519 604,40
Л68	94,32	480	45 272,91
		Разом	**3 312 711,50**

Підставивши значення у формулу 7.2, отримаємо:

$$З_м = \frac{3\ 312\ 711{,}50}{360} \cdot \frac{30}{2} = 138\ 029{,}65 \text{ грн.}$$

Загальний річний норматив оборотних коштів розраховується за формулою:

$$Н_{заг} = 1{,}5 \cdot З_м, \qquad (7.3)$$

І складає:

$$Н_{заг} = 1{,}5 \cdot 138\ 029{,}65 = 207\ 044{,}48 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні вкладення наведено у табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Загальні капітальні вкладення

Елемети капіталовкладень	*Сума*	
	тис. грн	*%*
Виробничі будівлі	844,48	14
Устаткування	5 025,25	83
Норматив оборотних засобів	207,04	3
Всього	**6 076,77**	**100**

7.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для визначення планової собівартості продукції на підприємствах зазвичай складаються планові та фактичні калькуляції. Планові калькуляції розраховуються на основі запланованих норм витрат, тоді як фактичні - за реальними витратами.

Процес складання калькуляцій включає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць і статей витрат, а також методику розрахунку. Об'єктом калькулювання виступає продукція чи послуга, собівартість яких підлягає розрахунку. Головним об'єктом калькулювання є готова продукція, призначена для реалізації на ринку.

Таблиця 7.9 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	*Витрати на річну програму, тис. грн*	*Примітки*
1. Сировина та матеріали	3 312,71	З табл. 7.7
2. Паливо та енергія на технологічні цілі	20,59	528,57 грн за 1 МВт*год
3. Основна заробітна плата технологічних робітників	1 116,19	З табл. 7.4
4. Додаткова заробітна плата технологічних робітників	892,95	З табл. 7.4
5. Єдиний соціальний внесок	442,01	22% від (3+4)
6. Утримання та експлуатація устаткування	1 674,28	150% від 3
7. Загальновиробничі витрати	1 116,19	100% від 3
8. Загальногосподарські витрати	1 116,19	100% від 3
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва	558,09	50% від 3
Виробнича собівартість річної програми	10 249,20	Сума 1-9
10. Позавиробничі витрати	5 124,60	5% від суми 1-9
Повна собівартість річної програми	15 373,81	Сума 1-10

Повна собівартість одного кг продукції розраховується за формулою:

$$С_п = \frac{С_п^{річ}}{G}, \quad (7.4)$$

де $С_п^{річ}$ – повна собівартість річної програми випуску продукції;

G – річний обсяг випуску продукції.

Підставляємо необхідні дані у формулу і отримаємо:

$$С_п = \frac{15\,373\,810}{2500} = 6\,149,52 \text{ грн.}$$

7.6 Розрахунок показників економічної ефективності проєктного рішення

Технологічна трудомісткість розраховується за наступною формулою:

$$t = \frac{Ч_{ос} \cdot Ф_{еф}^{пл}}{G}, \quad (7.5)$$

де $Ч_{ос}$ – загальна чисельність основних робітників, осіб;

$Ф_{еф}^{пл}$ – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год;

G – річний обсяг випуску продукції.

Підставивши відомі значення, отримаємо:

$$t = \frac{(10 \cdot 1840)}{2500} = 7{,}36 \text{ нормо} \cdot \text{год/кг.}$$

Капіталомісткість продукції розраховується за формулою:

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G}, \tag{7.6}$$

де $K_{заг}$ – загальні капітальні витрати, грн;

G – річний обсяг випуску продукції.

Підставивши необхідні значення, отримаємо:

$$K_G = \frac{6\ 076\ 770}{2500} = 2\ 430{,}71 \text{ грн/кг.}$$

Період окупності має критеріальний характер:

$$\text{П}_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\text{ГП}_{\text{р}}} < \text{П}_{\text{ок}}^{\text{н}}, \tag{7.7}$$

де $\text{ГП}_{\text{р}}$ – річна сума грошового потоку, грн;

$\text{П}_{\text{ок}}^{\text{н}}$ – нормативний період окупності, років.

Грошовий потік розраховується за наступною формулою:

$$\text{ГП}_{\text{р}} = 0{,}82 \cdot (\text{Ц} - \text{С}_{\text{п}}) \cdot G + \sum \text{А}, \tag{7.8}$$

де Ц – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

$\text{С}_{\text{п}}$ – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$\sum$А – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Величини амортизаційних відрахувань на устаткуваня, представлені у таблиці 7.10.

Таблиця 7.10 – Розрахунок величини амортизаційних відрахувань устаткування

Найменування	*Марка, тип обладнаня*	*К-сть одиниць*	*Вартість за одиницю, тис. грн*	*Норма амортизаційних відрахувань, %*	*Аморт. Відрахування на 1 устаткування, тис. грн*	*Сума відрахувань, тис.грн*
Фрезерний модельний верстат	VSM105	1	623,41	15	93,51	93,51
Прес вулканізатор	ПЛС73АВ	1	21,26	15	3,19	3,19
Інжектор	LOGIMEC	1	29,64	15	4,45	4,45
Вібровакуумна установка	KWS EB 10/16S	1	1122,46	15	168,37	168,37
Муфельна піч	СНОЛ 54/1100	4	118,56	15	17,78	71,14
Індукційна ливарна вакуумна машина	Indutherm VC500D	1	1735,73	15	260,36	260,36
Парова мийка	ElmaSteam 5000	1	69,64	15	10,45	10,45
Ультразвукова мийка	JP-100S	1	32,3	15	4,85	4,85
Полірувальний верстат	Mini DM-2	2	24,38	15	3,66	7,31
Гальванічна установка	PGG 10/3-B	1	93,61	15	14,04	14,04
					Всього по відділенню	**637,66**

Нормативний період окупності приймається 5-7 років.

Ринкова ціна одного кг продукції підприємства-аналога становить 6500 грн. Підставляємо ці значення у формулу 7.8 і отримаємо:

$$ГП_р = 0{,}82 \cdot (6\,500 - 6\,149{,}52) \cdot 2500 + 637\,660 = 1\,356\,136{,}62 \text{ грн.}$$

Тоді період окупності:

$$П_{ок} = \frac{6\ 149{,}52}{1\ 356\ 136{,}62} = 4{,}5 \text{ роки } < 5 - 7 \text{ років.}$$

Номенклатура порівняльних показників, що характеризує проєкт, представлена у табл. 7.11.

Таблиця 7.11 – Порівняльні техніко-економічні показники спроєктованого об’єкта

Індекс позиції	*Найменування*	*Одиниця виміру*	*Значення по варіантам*	
			Базовий	*Спроєктований*
1	Річний плановий обсяг виробництва продукції	кг	2500	2500
2	Загальна площа відділення лиття за моделями, що витоплюються	м2	17,22	46,55
3	Капіталомісткість продукції	грн/кг	-	2 430,71
4	Загальна кількість працівників	осіб	15	14
5	Загальний річний фонд заробітної плати	тис. грн	-	2009,14
6	Період окупності	років	-	4,5

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

На кожному підприємстві є свої небезпечні виробничі фактори на робочих місцях, які створюються при експлуатації того чи іншого устаткування. Даний розділ призначений виявленню та усуненню таких факторів [19].

В даному проєкті проєктувалося відділення виготовлення художніх та ювелірних виливків на ювелірно-сувенірному підприємстві з потужність 2500 кг придатного литва на рік. Основні марки сплавів, які використовуються, Л68, БрО5Ц5С5 та СрМ925. В номенклатурі представлено 24 позиції.

Основним завданням розділу є дослідження виробничих умов, робочих місць співробітників відділення та технологічних процесів для виявлення можливих причин травматизму, професійних захворювань та перевантаження працівників.

8.1 Загальна характеристика об’єкту та умови його експлуатації на металургійному підприємстві

План відділення виготовлення художніх та ювелірних виливків зображено на рис. 8.1, а специфікація устаткування, що буде використовуватися, наведено у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Специфікація устаткування

Індекс	*Найменування*	*Марка, тип*	*Габаритні розміри, мм*	*Основні характеристики*	*К-сть, шт*	*Позиція*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	ЧПУ верстат	VSM105	700x500x800	Потужність: 2 кВт Напруга: 220 В Максимальна к-сть обертів: 24000 об/хв	1	1

Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7
2	Вулканізатор	ПЛС73А	340x230x465	Діапазон температури: 30-200°С Напруга: 220 В Потужність: 0,5 кВт	1	2
3	Інжектор	LOGIMEC	160X160X520	Робоча температура: 90°С Напруга: 220 В Потужність: 0,16 кВт	1	3
4	Вібровакуумна установка	KWS EB 10/16S	1130x640x1600	Макс. діаметр опок: 140 мм Макс. висота опок: 270 мм Макс. к-сть опок: 6 Живлення: 400 В Потужність: 1,7 кВт	1	4
5	Муфельна піч	СНОЛ 54/1100	980x1270x1000	Макс. робоча температура: 1100°С Час розігрівання до макс. температури: 85 хв Потужність: 12 кВт	4	5
6	Індукційна ливарна машина	Indutherm VC500D	600x820x1450	Макс. температура: 1600°С Надлишковий тиск інертного газу: до 3 бар Потужність: 10 кВт	1	6
7	Парова мийка	ElmaSteam 5000 ES-5	288x305x420	Температура пари: 160-200°С Об'єм камери: 4,5 л Діапазон робочого тиску пари: 5-8 бар Потужність: 2,9 кВт	1	7
8	Ультразвукова мийка	JP-100S	530x325x325	Об'єм: 30 л Потужність: 600 Вт Потужність елемента, що нагріває: 500 Вт	1	8
9	Полірувальний верстат	Mini DM-2	570x250x420	Швидкість обертання: 1750 об/хв Потужність: 370 Вт	2	9
10	Гальванічна установка	PGG 10/3-B	500x260x280	Кількість ван: 3 Об'єм: 1,5 л Потужність: 180 Вт	1	10

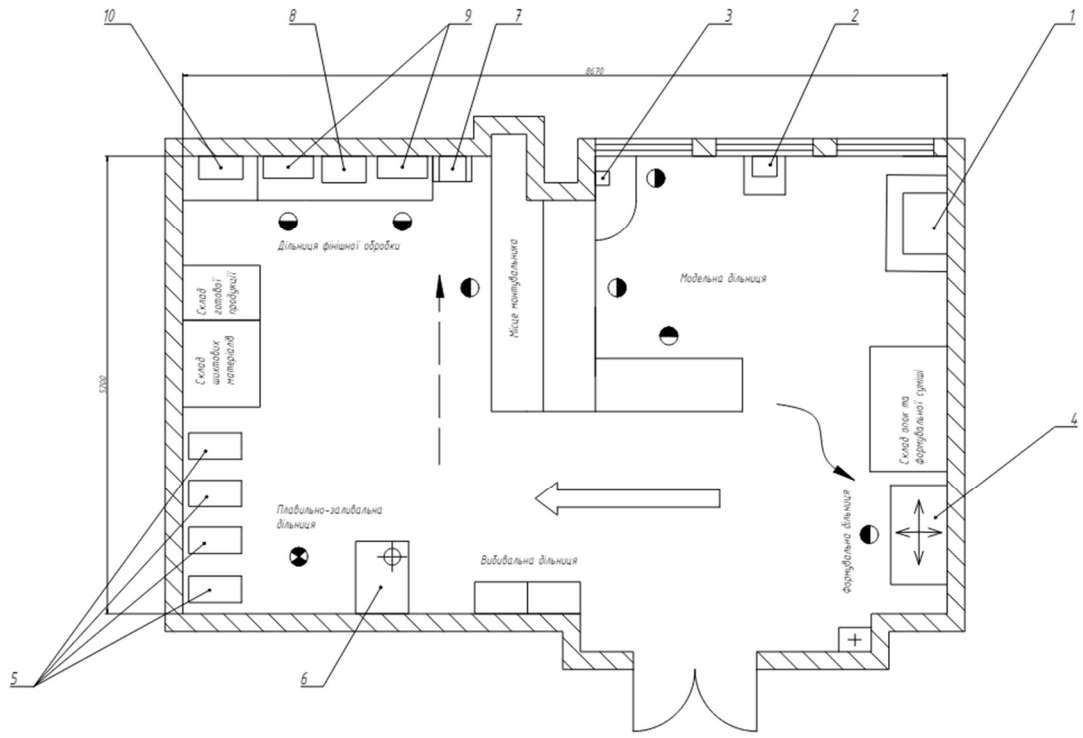

Рисунок 8.1 – План відділення виробництва художніх та ювелірних виливків, специфікація до якого наведено у табл. 8.1

Основні параметри відділення представлено у табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Параметри відділення виробництва художніх та ювелірних виливків

Індекс	*Найменування*	*Основні характеристики*	*К-сть*
1	**2**	**3**	**4**
1	Параметри приміщення	S = 46,55 м^2	-
2	К-сть працівників	Управлінський персонал: 4; Основні робітники: 3 модельщика, 2 формувальника, 3 ливарника, 2 слюсара	4 10
3	Природнє освітлення	Вікна розмірами 1,1х1,8 м	3
4	Штучне освітлення згідно ДБН В.2.5.28-2006 [20]	Світильник промисловий ЕВРОСВЕТ 2*1500 мм під лампу T8 LED-SH-50 IP65 Slim	3

Продовження табл. 8.2

1	2	3	4
5	Вентиляція згідно ДБН В.2.5-67:2013 [21]	Загальна Місцева	1 3
6	Підлога	Виготовлена з бетону; слабо проводить струм	-

В табл. 8.3 наведено реальні та нормативні характеристики відділення та розміщення устаткування.

Таблиця 8.3 – Реальні та нормативні характеристики відділення та розміщення устаткування

Індекс	*Параметри*	*Реальне значення*	*Нормативне значення*
1	Площа на 1 робітника, $м^2$	4,2	4,5
2	Об'єм на 1 робітника, $м^3$	12,6	15
3	Мін. ширина проходу	2	1,5

8.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Основні небезпечні фактори, які можуть виникнути у відділення виготовлення художніх та ювелірних виливків, а саме на моделювальній, формувальній, плавильно-заливальній дільницях та на дільниці фінішних операцій, представлені в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Основні шкідливі виробничі та небезпечні фактори

Вид процесів	*Шкідливі виробничі фактори*										*Небезпечні фактори*			
	шкідливі речовини	*Випромінювання*			*електромагнітні поля*	*магнітні поля*	*шум*	*вібрація*	*запилення*	*статичне навантаження на руки*	*електричний струм*	*іскри, бризки і викиди розплавленого металу*	*механізм і вироби, що рухаються*	*системи, які знаходяться під тиском*
		ультрафіолетове	*видиме*	*інфрачервоне*										
Виготовлення воскових моделей	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	x	x
Формування форм	-	-	-	-	-	-	xx	xx	x	x	-	-	x	x
Прожарювання форм	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Плавлення металу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	xx	x	x
Заливання металу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	xx	x	x
Вибивання виливків	-	-	-	-	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-
Від’єднання ливникової системи	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	-	x	-
Очищення, полірування	-	-	-	-	-	-	xx	x	x	x	x	-	x	-

Примітки: (-) – незначний фактор або його відсутність; x – помірний фактор; xx – інтенсивний фактор

Основні небезпеки, які можуть виникнути під час експлуатації певного обладнання наведено у табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Основні небезпеки, які можуть виникнути у виробничому процесі

Індекс	*Найменування обладнання*	*Джерело небезпеки*	*Причина небезпеки*	*Наслідки небезпеки*
1	ЧПУ верстат	Фреза	Велика швидкість обертів	Можливість отримати порізи
2	Вулканізатор	Нагрівальні пластини	Висока температура	Можливість отримати опіки
3	Інжектор	Система камер для заповнення порожнини прес-форми	Гарячий віск під тиском	Можливість отримати опіки
4	Вібровакуумна установка	Бак для засипання формувальної суміші	Пил формувальної суміші	Можливість отруєння організму людини
5	Муфельна піч	Нагріта поверхня печі	Висока температура	Можливість отримати опіки
6	Індукційна ливарна машина	Дзеркало металу	Інфрачервоне випромінювання	Погіршене самопочуття
		Індуктори	Електромагнітне опромінення	Ураження організму електромагнітним опроміненням
7	Парова мийка	Кран	Висока температура пари	Можливість отримати опіки
8	Ультразвукова мийка	Ванна	Наявність ультразвуку	Погіршене самопочуття
9	Полірувальний верстат	Абразивні круги	Велика швидкість обертання	Можливість отримати порізи
10	Гальванічна установка	Полум’я	Небезпека займання пожежно-небезпечних матеріалів	Можливість отримати опіки

8.2.1 Теплові небезпеки

Теплові небезпеки можуть виникати через наступні чинники:

– матеріали, що плавляться або нагріваються;
– нагріті частини обладнання або деталі;
– гарячий електроліт.

Реальні та нормативні фактори небезпеки наведено у табл. 8.6, а оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [22] представлено в табл. 8.7.

Таблиця 8.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що можуть бути створенні у технологічному процесі

Індекс	*Фактор небезпеки*	*Реальне значення*	*Нормативне значення*
1	Температура поверхні печей	30-35 °С	<40 °С
2	Інфрачервоне випромінювання	200 Вт/м^2	560-1050 Вт/м^2

Таблиця 8.7 – Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря

Період року	*Категорія робіт*	*Температура,°С*		*Відносна вологість, %*		*Швидкість руху повітря, м/с*	
		оптим.	*допуст.*	*оптим.*	*допуст.*	*оптим.*	*допуст.*
Теплий	IIб, III	20-22	15-27	40-60	70	0,3	0,2-0,5
Холодний		17-19	15-21	40-60	75	0,2	0,4

Параметри мікроклімату значно впливають на самопочуття, рівень травматизму та працездатність людини. Тривалий вплив високої температури повітря разом із підвищеною вологістю може підвищити температуру тіла до 38-40 ºС, що спричиняє фізіологічні порушення в організмі. Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.8.

Таблиця 8.8 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індекс	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	**2**	**3**	**4**
1	Технічні	Встановлення захисних екранів на ливарну машину та муфельні печі	Непрозорий поглинаючий екран

Продовження табл. 8.8

1	2	3	4
2	Організаційні	Розробка та подальший інструктаж з правил експлуатації устаткування	Знання щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Обмежений час роботи біля печей	Знання щодо оптимальної к-сті часу роботи
4	Експлуатаційні	Перевірка обладнання, коли воно вимкнене. Обслуговування за графіком	Забезпечення безпечної роботи
5	Індивідуального захисту	Рукавиці, повстяний капелюх, захисна каска, захисний костюм, теплозахисний щиток з захисними окулярами	Вибір рукавиць згідно ДСТУ EN 420-2017 [23]. Захист голови згідно ДСТУ EN 397:2001[24]. Захист очей згідно ДСТУ EN 169-2001 [25]

8.2.2 Небезпеки при роботі з системами, що знаходяться під тиском

Головна небезпека під час роботи з системами під тиском полягає у порушенні правил експлуатації обладнання. Реальні та нормативні фактори небезпеки наведено в табл. 8.9.

Таблиця 8.9 – Реальні та нормативні фактори небезпеки роботи з системами, що знаходяться під тиском

Індекс	*Фактор небезпеки*	*Реальне значення*	*Нормативні значення*
1	Надлишковий тиск	3-8 бар	5

Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.10.

Таблиця 8.10 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індекс	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	Технічні	Наявність справних засобів для замикання камери	Уникнення отримання фізичних травм
2	Організаційні	Розробка та подальший інструктаж з правил експлуатації устаткування	Знання щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Обмежений час роботи біля устаткування	Знання щодо оптимальної к-сті часу роботи
4	Експлуатаційні	Перевірка обладнання, коли воно вимкнене. Обслуговування за графіком	Забезпечення безпечної роботи

8.2.3 Електронебезпека

При використані електричного устаткування завжди є загроза отримати ураження електричним струмом. Реальні та нормативні фактори небезпеки, згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 [26] наведено у табл. 8.11.

Таблиця 8.11 – Реальні та нормативні фактори небезпеки ураження електричним струмом

Індекс	*Фактор небезпеки*	*Реальне значення*	*Нормативні значення*
1	Максимальний струм	400 В	42 В

Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.12.

Таблиця 8.12 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індекс	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	Технічні	Захисні заземлення, захисні кожухи для кабелів	Уникнення пробою та контакту з елементами, що знаходяться під напругою
2	Організаційні	Розробка та подальший інструктаж з правил електробезпеки	Знання щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Обмежений час роботи біля устаткування	Знання щодо оптимальної к-сті часу роботи
4	Експлуатаційні	Перевірка обладнання, коли воно вимкнене. Обслуговування за графіком	Забезпечення безпечної роботи

8.2.4 Шкідливі речовини

Оскільки плавлення металу відбувається в індукційній ливарній машині під вакуумом, то основна небезпека, що пов’язана з впливом шкідливих речовин на організм людини, відбувається під час виготовлення воскових моделей (пил від тальку), формування форм-моноліт (пил від формувальної маси), під час заливання форм (утворення газів при заливанні) та при вибиванні виливків (велика кількість пилу). Тому реальні та нормативні фактори небезпеки згідно до наказу Міністерства охорони здоров’я України «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» від 14.07.2020 [27] наведено у табл. 8.13.

Таблиця 8.13 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

Індекс	*Фактор небезпеки*	*Реальне значення*	*Нормативні значення*
1	Пил формувальної суміші	3 мг/м^3	1 мг/м^3

Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.14.

Таблиця 8.14 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індекс	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	Технічні	Встановлення вентиляції	Згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013[21]
2	Організаційні	Інструктаж з правил перебування біля устаткування	Знання щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Заборона входу особам без засобів індивідуального захисту	Захист від пилу
4	Експлуатаційні	Перевірка вентиляції та обслуговування за графіком	Забезпечення безпечної роботи
5	Індивідуального захисту	Використання засобів захисту органів дихання	Згідно ДСТУ EN 133:2005 [28]

8.2.5 Шум

При використанні певного обладнання відбувається шум, який при довгому впливанні на слух людини може призвести до погіршення самопочуття робітників. Реальні та нормативні фактори небезпеки наведено у табл. 8.15.

Таблиця 8.15 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

Індекс	*Фактор небезпеки*	*Реальне значення*	*Нормативні значення*
1	Виникнення шуму	9 дБ	25 дБ

Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.16.

Таблиця 8.16 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індекс	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	Технічні	Звукопоглинальні конструкції	Поглинання звуку
2	Організаційні	Проведення медичного огляду за графіком	Слідкування за станом здоров'я працівників
3	Режимні	Обмежений час роботи з устаткуванням	Зменшення шуму
4	Експлуатаційні	Обмеження тривалості впливу на слух працівників	Забезпечення безпечної роботи
5	Індивідуального захисту	Використання протишумових навушників	Захист від шуму

8.2.6 Небезпека займання

Як і з небезпекою ураження електричним струмом, так і небезпека займання пов'язана з використанням електричного обладнання.

Заходи щодо забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу наведено в табл. 8.17.

Таблиця 8.17 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

Індек	*Група номенклатурних заходів з охорони праці*	*Вид заходу*	*Критерій вибору*
1	**2**	**3**	**4**
1	Технічні	Розміщення вогнегасників. Наявність автоматичної протипожежної системи	Згідно НАПБ Б.01.008-2018 [29] та ДБН В2.5-56:2010 [30].
2	Організаційні	Проведення інструктажу з правил безпеки та поведінки під час пожежі	Наявність знання про роботу з устаткуванням

Продовження табл. 8.17

1	2	3	4
3	Режимні	Не дозволяти вхід стороннім особам	Захист від можливих пошкоджень
4	Експлуатаційні	Проведення огляду устаткування за графіком	Забезпечення безпечної роботи
5	Індивідуального захисту	Захист органів дихання в разі пожежі	Захист органів дихання

8.3 Вентиляція

Задля очищення повітря та нормалізації температури у відділенні необхідно використовувати місцеву вентиляцію.

Повітрообмін за нормативною питомою витратою розраховується за наступною формулою:

$$L = N \cdot m, \tag{8.1}$$

де N – кількість людей;

m – нормативна питома витрати повітря на 1 людину, м^3/год

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [21] для виробничих приміщень, які мають природне провітрювання, мінімальні питомі витрати вентиляційного повітря становлять 30 м^3/год на 1 людину. Всього у відділенні основних робітників 10. Підставивши дані значення у формулу 8.1, отримаємо:

$$L = 10 \cdot 30 = 300 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для подальшого підбору розмірів поперечних перерізів ділянок вентиляції необхідно зробити аеродинамічний розрахунок.

Для розрахунку площі вентиляційного каналу використовується формула:

$$F_k = \frac{L}{3600 \cdot v_p}, \tag{8.2}$$

де v_p –швидкість руху повітря в каналі, м/с.

Зазвичай швидкість руху повітря рекомендують вибирати в межах 0,5 – 1 м/с. Візьмемо значення 0,8 м/с.

$$F_k = \frac{300}{3600 \cdot 0{,}8} = 0{,}1 \text{ м}^2.$$

Приймаємо дійсною площу 0,09 м^2, при якій розміри каналу будуть 300х300 мм. Перераховуємо фактичну швидкість повітря:

$$V = \frac{L}{3600 \cdot f} = \frac{300}{3600 \cdot 0{,}09} = 0{,}092 \text{ м/с}.$$

Схема вентиляції представлена на рисунку 8.2.

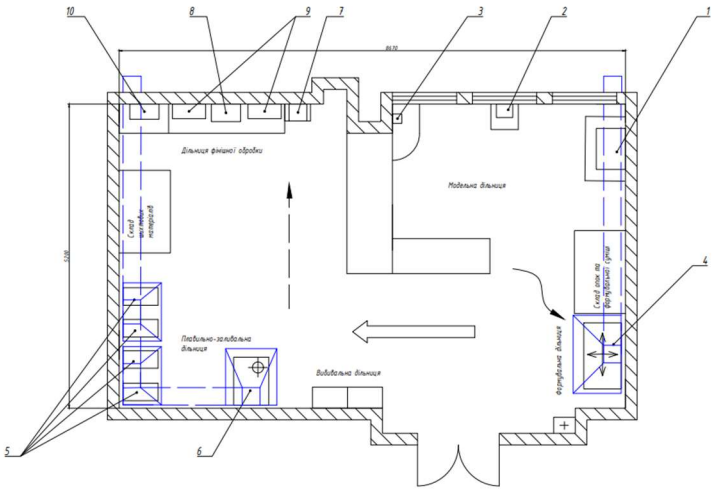

Рисунок 8.2 – Схема вентиляції у відділенні (специфікацію устаткування наведено у табл. 8.1)

8.4 Пожежна безпека

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [31] відділення, що проєктується в даному дипломному проєкті відноситься до категорії Г – помірнопожежно-небезпечне приміщення.

Згідно ДСТУ 8828:2019 [32] пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом запобігання утворенню горючого середовища та недопущенням появи джерел запалювання в такому середовищі. Запобігти утворенню горючого середовища можна за допомогою одного або кількох з наступних методів:

- максимально обмежити масу та об’єм горючих речовин і матеріалів відповідно до вимог технології та будівництва;
- контролювати параметри горючого середовища, щоб уникнути можливості виникнення та поширення горіння;
- розмістити пожежонебезпечне обладнання в окремих приміщеннях;
- використовувати пристрої для захисту технологічного обладнання від пошкоджень і аварій.

Оскільки всі установки живляться електричним струмом, то в разі пожежі необхідно відключити напругу та обладнання, що знаходилося під напругою 220 В гасити вогнегасниками типу ОУ-2 та ОУ-5, а при напрузі до 1000 В – порошковими вогнегасниками, такі як МГС. При займанні окремих проводів слід користуватися вогнегасниками ОП-1, ОП-2, ОП-5 та ОП-10. Окрім того слід повідомити вище керівництво про займання. У разі великої пожежі викликати службу пожежної безпеки та евакуювати людей з будівлі.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даного дипломного проєкту було спроєктовано дизайн власного виробу «Каблучка» та розроблено технологічний процес виготовлення. Для даного виливка обрано спосіб лиття за моделями, що витоплюються.

Розроблено технологію ливарної форми та спроєктовано тривимірну модель ювелірної ялинки.

При проєктуванні відділення виробництва художніх та ювелірних виливків обрано сучасне устаткування спеціально під існуюче приміщення.

Підраховано загальні капітальні витрати та повну собівартість продукції. На основі цих розрахунків встановлено період окупності в 4,5 роки.

Проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Встановлено заходи щодо зниження ймовірності травмування працівників відділення та розраховано місцеву вентиляцію.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ ГОСТ 6836:2004. Срібло та сплави на його основі. Марки.
2. ДСТУ 3473-96. Латуні ливарні в чушках. Технічні умови. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1997. – 27 с.
3. ДСТУ 3474-96. Бронзи ливарні в чушках. Технічні умови. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1997. – 22 с.
4. Закон України Про відпустки – Київ : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1997, №2, ст. 4.
5. Проектування технологічних відділень [Текст] : метод. Вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки «бакалавр». Напрям підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво (для усіх форм навчання). / Уклад.: Г. Є. Федоров. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 68 с.
6. Фрезерний модельний верстат з ЧПУ VSM105. Код доступу: [https://vasser.com.ua/ua/p1625332067-frezernyj-modelnyj-stanok.html]
7. Прес вулканізатор ПЛС73АВ. Код доступу: [https://vtk.prom.ua/ua/p86514659-press-vulkanizator-pls73a.html]
8. Інжектор LOGIMEC. Код доступу: [https://polystar.com.ua/catalog/lite/voskovoe_lite/inzhektory/inzhektor_voskovyy_logimec_s_ruchnym_nasosom_1_5_l/]
9. SRS SILK. Код доступу: [https://www.srs-ltd.co.uk/products/investment-powder/silk]
10. Вібровакуумна установка KWS EB 10/16S. Код доступу: [https://www.kws-kaechele.de/KWS-EB-10-16.110.1.html]
11. Муфельна піч СНОЛ 54/1100. Код доступу: [https://termo.in.ua/product/snol-54-1100/]

12. Індукційна ливарна вакуумна машина Indutherm VC-500-Digital. Код доступу: [https://indutherm.com.ua/ua/p393831668-induktsionnaya-litevaya-vakuumnaya.html]
13. Парова мийка ElmaSteam 5000. Код доступу: [https://www.br-tools.com.ua/index.php/br-tools-company/yuveliram/ochistka/parogeneratory-i-drugie-sistemy-ochistki/parogenerator-elmasteam-5000-detail]
14. Ультразвукова мийка JP-100S. Код доступу: [https://profmedtech.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=20331&gclid=Cj0KCQjw3tCyBhDBARIsAEY0XNk9u8XrkyXuimfJF-z_fwYnUUulDSZ0Hd9SCai4nPJvDKVbs1Lcv3kaAiYNEALw_wcB]
15. Полірувальний верстат Mini DM-2. Код доступу: [https://polystar.com.ua/ua/catalog/poliruvannya/poliruvalini_stanki/verstat_poliruvalniy_mini_dm_2_nastilniy_odnostoronniy_z_pilozbirnikom/]
16. Гальванічна установка PGG 10/3-B. Код доступу: [https://www.br-tools.com.ua/index.php/br-tools-company/yuveliram/galvanika/galvanicheskoe-oborudovanie-i-aksessuary/galvanicheskaya-ustanovka-pgg10-3-b-3x1-5-l-detail]
17. Технологические основы литья по выплавляемым моделям / С. И. Репях. – Днепро : Лира, 2006. – 1052 с.
18. Закон України Про Державний бюджет України на 2024 рік – Київ : Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, №№ 97-100, ст.393.
19. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання [Текст]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / Уклад.: О. Г. Левченко, Г. В. Демчук. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 16 с.
20. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 141 с.
22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999.

23. ДСТУ EN 420-2017. Рукавички захисні. Загальні вимоги та методи випробування. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 20 с.
24. ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні і промислові. – Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003.
25. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених сплавів. – Київ : Держспоживстандарт України, 2003. – 10 с.
26. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Київ : Держнаглядохоронапраці, 1998. – 93 с.
27. Наказ Міністерства охорони здоров'я України Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони – Київ: 2020, № 1596.
28. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. – Київ : Держспоживстандарт України, 2006. – 14 с.
29. НАПБ Б.01.008-2018. Правила експлуатації та типові норми належності вогнигасників. – Київ : Міністерство внутрішніх справ, 2018. – 30 с.
30. ДБН В2.5-56:2010. Системи протипожежного захисту. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 143 с.
31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 34 с.
32. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. – Київ : ДП «УркНДНЦ», 2020 – 87 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			ФЛ01.0106.1110.0001 ДП	Відділення виробництва		
				художніх та ювелірних виливків		
				Устаткування		
		1		ЧПУ верстат VSM105	1	
		2		Вулканізатор ПЛС 73А	1	
		3		Інжектор LOGIMEC	1	
		4		Вібровакуумна установка		
				KWS EB 10/16S	1	
		5		Муфельна піч СНОЛ 54/1100	4	
		6		Індукційна ливарна машина		
				Indutherm VC500D	1	
		7		Парова мийка ElmaSteam 5000	1	
		8		Ультразвукова мийка JP-100S	1	
		9		Полірувальний верстат		
				Mini DM-2	2	
		10		Гальванічна установка		
				PGG 10/3-B	1	

Перше застосування

Довід. №

Підп. та дата

Інв. N дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Міщенко К.М.		
Перев.		Биба Є.Г.		
Н.контр.		Лютий Р.В.		
Затв.				

ФЛ01.0106.1110.0000 ПЗ

Віддення виробництва художніх та ювелірних виливків

Літ.	Аркуш	Аркушів
	93	96

КПІ ім. Ігоря Сікорськго, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			ФЛ01.0106.1110.0003 СК	Прес-форма для виготовлення		
				моделі виливка "Каблучка"		
				Деталі		
		1		Гумова прес-форма	1	
		2	ФЛ01.0106.1110.0002 ДП	Модель виливка	1	
		3		Стальні пластини	2	

Перше застосування

Довід. №

Підп. та дата

Інв. N дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ФЛ01.0106.1110.0000 ПЗ

Розроб.	Міщенко К.М.		
Перев.	Биба Є.Г.		
Н.контр.	Лютий Р.В.		
Затв.			

Прес-форма для виготовлення моделі виливка "Каблучка"

Літ.	Аркуш	Аркушів
	94	96

КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			ФЛ01.0106.1110.0004 СК	Складена форма-моноліт		
				Деталі		
		1		Перфорована опока Ф90	1	
				Матеріали		
		2		Гіпсокристобалітна суміш		
				SRS SILK		

Перше застосування

Довід. №

Підп. та дата

Інв. N дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ФЛ01.0106.1110.0000 ПЗ

Розроб.	Міщенко К.М.		
Перев.	Биба Є.Г.		
Н.контр.	Лютий Р.В.		
Затв.			

Складена форма-моноліт

Літ.	Аркуш	Аркушів
	95	96

КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			ФЛ01.0106.1110.0005 СК	Муфельна піч		
				Складальні одиниці		
		1		Корпус	1	
		2		Кришка	1	
		3		Блок управління	1	
		4		Нагрівач ніхром Х15Н60	8	
				Матеріал		
		5		Мінеральна вата		
				ДСТУ Б В.2.7-318:2016		
		6		Шлакова цегла		
				ДСТУ Б В.2.7-61:2008		

Перше застосування

Довід. №

Підп. та дата

Інв. N дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ФЛ01.0106.1110.0000 ПЗ

Розроб.	Міщенко К.М.		
Перев.	Биба Є.Г.		
Н.контр.	Лютий Р.В.		
Затв.			

Муфельна піч

Літ.	Аркуш	Аркушів
	96	96

КПІ ім. Ігоря Сікорського,
НН ІМЗ ім. Є.О. Патона

UNICHECK
by Turnitin

Ім'я користувача:
Ямшинський Михайло Михайлович

ID перевірки:
1016348030

Дата перевірки:
11.06.2024 23:35:28 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Library

Дата звіту:
12.06.2024 11:26:38 EEST

ID користувача:
76785

Назва документа: **Міщенко**

Кількість сторінок: **96** **Кількість слів:** **15458** **Кількість символів:** **108901** **Розмір файлу:** **1.81 MB** **ID файлу:** **1016149683**

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

12.5% Схожість

Найбільша схожість: **3.45%** **з джерелом з Бібліотеки** (ID **файлу:** **1011448582**)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

12.5% Джерела з Бібліотеки | **1000** ..... **Сторінка** 98

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи | **96**

Підозріле форматування | **15 сторінок**