

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

« ____ » _____ 2021 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Художнє та ювелірне литво»
спеціальності 136 «Металургія»
на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка
«Слон» та організація роботи відділення лиття за моделями, що
витоплюються комплексу з виготовлення нагородно-сувенірної продукції»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ФЛ-71

Петришин Михайло Миколайович

Керівник:

Асистент,

Смірнова Я. О.

Консультант з економічної частини:

Доцент, к.е.н.,

Нараєвський С. В.

Консультант з охорони праці:

Доцент, к.т.н., доцент,

Демчук Г. В.,

Консультант з нормоконтролю:

Доцент, к.т.н., доцент,

Лютий Р. В.

Рецензент:

Доцент, д.т.н., доцент,

Мініцький А. В.

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

Студент _____

Київ – 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення
виливка «Слон» та організація роботи відділення лиття за
моделями, що витоплюються комплексу з виготовлення
нагородно-сувенірної продукції»**

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О Патона
Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «Художнє та ювелірне литво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Петришину Михайлу Миколайовичу

1. Тема проєкту «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Слон» та організація роботи відділення лиття за моделями, що витоплюються комплексу з виготовлення нагородно-сувенірної продукції», керівник проєкту Смірнова Яна Олександрівна, затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. № 1357-с
2. Термін подання студентом проєкту 14.06.2021 р. _____
3. Вихідні дані до проєкту 3.1. Потужність 2500 кг придатних виливків на рік;
3.2. Виробництво серійне; 3.3. Художній виливок «Слон» з шахового набору Єгипет, маса 100 г.; 3.4. Лиття за моделями, що витоплюються;
3.5. Номенклатура литва.
4. Зміст пояснювальної записки 4.1. Аналіз виробничої програми відділення лиття за моделями, що витоплюються; 4.2. Режим роботи та фонди часу;
4.3. Проєктування відділення лиття за моделями, що витоплюються;
4.4. Технологія виготовлення виливків; 4.5. Конструкторська частина; 4.6. Організаційно-економічна частина проєкту; 4.7. Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу 5.1. Презентація (10 слайдів).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання 12 квітня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми	21.05.2021	
2	Режими роботи цеху і фонди часу роботи устаткування і робітників	26.05.2021	
3	Проектування відділення лиття за моделями, що витоплюються	28.05.2021	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	2.06.2021	
5	Проектування ливарного устаткування	4.06.2021	
6	Організаційно-економічна частина	11.06.2021	
7	Охорона праці	11.06.2021	

Студент

Михайло ПЕТРИШИН

Керівник

Яна СМІРНОВА

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт: 66 стор., 37 табл., 16 рис.

Об'єкт проєктування – відділення лиття за моделями, що витоплюються.

Предмет проєктування – розроблення технологічного процесу виготовлення виливків, організація відділення лиття за моделями що витоплюються, впровадження сучасних технологій виготовлення художніх виробів з використанням адитивних технологій.

Результати проєктування – розроблення технології виготовлення виливка “Слон” із організацією виробничих процесів лиття за моделями, що витоплюються у вакуумній-індукційній ливарній машині з використанням гіпсо-кристоболітних сумішей та комп'ютеризованих технологій тривимірного дизайну.

Результати проєктування можуть бути рекомендовані для впровадження при виготовленні нагородно-сувенірної продукції із сплавів на основі благородних та металів декоративного призначення в умовах серійного виробництва.

У дипломному проєкті проведено основні розрахунки з організаційно-економічної чинників та приведені основні заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації із забезпеченням належних умов праці.

НАГОРОДНО-СУВЕНІРНА ПРОДУКЦІЯ, КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ,
ВАКУУМНА ІНДУКЦІЙНА ЛИВАРНА МАШИНА,
ГІПСОКРИСТАБОЛІТНІ СУМІШІ, ФОРМА-МОНОЛІТ.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Петришин М.М.			РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Смірнова Я.О.					6	66	
Н. Контр.									
Затв.						ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71			

ABSTRACT

Diploma project: 67 p., 37 tab., 16 fig.

The object of design is the casting department according to the models being melted.

The subject of design – the development of the technological process production of castings, organization of casting department according to melting models, introduction of modern technologies of production of art products with the use of additive technologies.

Design results – development of manufacturing technologycasting "Elephant" with the organization of production processes of casting according to models,melted in a vacuum-induction casting machine withusing gypsum-crystallite mixtures and computerizedthree-dimensional design technologies.

Design results can be recommended forintroduction in the manufacture of prize-souvenir products from alloys onbased on precious and decorative metals in the conditionsserial production.

In the diploma project the basic calculations on organizationaleconomic factors and the main measures for labor protection and safetyin an emergency situation with the provision of appropriate working conditions.

AWARD-SOUVENIR PRODUCTS, NON-FERROUS METALS, VACUUM INDUCTION FOUNDRY MACHINE, GYPSUM-CRYSTABOLITE MIXTURES, MONOLITE FORM.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Петришин М.М.			ABSTRACT	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Смірнова Я.О.							
							7	66	
Н. Контр.						ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71			
Затв.									

Оглавление

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ.....	10
ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ	13
1.1 Виробнича програма	13
1.2 Характеристика виробництва.....	18
1.3 Компоновка ділянок та базові технологічні процеси.....	18
2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ	20
3 ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ.....	23
3.1 Модельне відділення	24
3.2 Відділення лиття за моделями, що витоплюються.....	26
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ	33
4.1 Обґрунтування вибраної технології	33
4.1.2 Конструкція литого виробу	33
4.1.3 Аналіз можливих способів виготовлення виливків.	34
4.2 Моделювання тривимірної моделі виробу	35
4.3 Визначення розмірів опок.....	36
4.4 Сумішеприготування та формування	37
4.5 Підготовка форм	37
4.6 Елементи ливникової системи.....	37
4.6.1 Обґрунтування та вибір ливникової системи	37
4.6.2 Розрахунок ливникової системи	38
4.7 Плавка та лиття металу	39
4.8 Фінішні операції виготовлення виробу	40
5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	41

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

5.1 Загальна характеристика та обґрунтування обраної ливарної машини.....	41
5.2 Плавильно-заливальний вузол ливарної машини.....	44
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ	47
6.1 Визначення кількості електроенергії для забезпечення роботи відділення	47
6.2 Чисельність виробничих робітників плавильно-заливального відділення	49
6.3 Визначення фондів заробітної плати.	49
6.4 Розрахунок капітальних вкладень.....	51
6.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	53
7 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
7.1 Загальна характеристика умов праці на плавильно-заливальній ділянці	54
7.2 Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів.....	57
7.3 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці на формувальній ділянці	57
7.3.1 Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів на плавильно-заливальній ділянці	57
7.3.1.1 Теплові небезпеки.....	57
7.3.1.2 Небезпеки при роботі з системами, які знаходяться під тиском ...	60
7.3.1.3 Електронебезпека	61
7.4 Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів (гази, пил, аерозолі) на формувальній ділянці.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

Ливарне виробництво художньої продукції на сьогоднішній день має свою значну нішу у економічному розвитку країни та потребує введенню в експлуатацію модернізованих заводів та підприємств, впровадження нових технологій, устатковування, обладнання, що підніме рівень виробництва, кількість литих виробів, якість та забезпечить культурні запити нації та безпосередньо можливість виходу продукції на експорт та співпраці на світовому ринку. За рахунок цього збільшується кількість робочих місць, науково-виробничих відділів, розвиток майстрів в науково-технічному та художньо-технічному напрямі.

Поставлена задача – спроектувати відділення лиття за моделями комплексу з виготовлення нагородно-сувенірної продукції з розробленням технології виливків на підставі наступних вимог:

- відділення лиття повинне забезпечувати випуск 2500 кг виливків на рік;
- при проєктуванні використовувати номенклатуру виливків, яку наведено в таблиці 1.1;
- при проєктуванні базуватися на сучасному устатковуванні, високому рівні автоматизації, використанні технологічно ефективних адитивних технологій;
- місце розташування виробничого комплексу, що проєктується: м. Київ;
- основні джерела забезпечення нормальної роботи відділення лиття за моделями, що витоплюються:

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ		
Розроб.		Петришин М.М.					
Перевір.		Смірнова Я.О.					
Н. Контр.							
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						10	66
					ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		

- 1) шихтові матеріали – придбаний метал у постачальника, очищений зворот власного виробництва,;
- 2) формувальні матеріали: фірми постачальники готових формомас для лиття нагородно-сувенірної продукції;
- 3) вода – Київводоканал;
- 4) електроенергія – Київобленерго;
- 5) опалення та газ – Київобленерго.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Такі фактори, як вимоги до конструкції, вартість і технологічна можливість виготовлення виливки, визначають, який процес лиття найбільш підходить для виготовлення виробу.

Лиття за моделями що витоплюються дозволяє отримувати точні вироби, зводячи до мінімуму втрати матеріалу, енергії і необхідність подальшої обробки. Воно також дозволяє виробляти дуже складні деталі. Це робить процес лиття по виплавлюваних моделях вельми корисним потреб виробника.

За останні 5000 років ливарне виробництво використовувало різні форми лиття за моделями, що витоплюються. На самих ранніх етапах використовувався бджолиний віск для формування моделей, необхідних для процесу лиття. Сьогодні для виготовлення моделей зазвичай використовуються більш досконалі воски, вогнетривкі матеріали і спеціальні сплави.

Лиття за моделями що витоплюються отримало свою назву від моделі, яка витоплюється, перебуваючи в вогнетривкому матеріалі. Через твердості використовуваних вогнетривких матеріалів, лиття за моделями, що витоплюються дозволяє виробляти вироби з винятковою якістю поверхні, що знижує потребу в подальшій механічній обробці.

У даному дипломному проєкті завданням було спроектувати відділення лиття за моделями, що витоплюються і розробити технологію виготовлення виливка «Слон» з шахового набору «Єгипет»

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Петришин М.М.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Смірнова Я.О.					12	66
						ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		
Н. Контр.								
Затв.								

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПРОГРАМИ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

1.1 Виробнича програма

На підприємстві використовують лиття за витоплюваними моделями.

Виробнича програма містить номенклатуру виливків, їх масу які наведені в табл. 1.1 для лиття за моделями, що витоплюються.

Таблиця 1.1 – Виробнича програма для виливків, виготовлених литтям у гіпсові форми

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Марка сплаву	Маса виливка, г	Кількість виливків на 1 виріб, шт	Маса виливків на 1 виріб, г	Покриття
1	24386	Беретний знак "Ракетні війська та артилерія"	Л67	40	1	40	Патинування
2	27784	Беретний знак Гірської піхоти	Л67	50	1	50	Сріблення/ Чорніння
3	26371	Кокарда «Сили Спеціальних операцій України»	Л67	50	1	50	Позолота/ Нікель
4	31699	Беретний знак Військово-Морських Сил	Л67	35	1	35	Патинування
5	22699	Беретний знак Повітряних військ	Л67	30	1	30	Патинування
6	27580	Значок "Кандидат у майстри спорту"	Л67	10	1	10	Позолота
7	02916	Значок "Феміда"	Л67	10	1	10	Позолота
8	24789	Нагрудний знак "Завжди Перші. ДШВ"	Л67	30	1	30	Позолота Емаль

					ФЛ71.7115.1110.0000				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Петришин М.М.			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ		Лім.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Смірнова Я.О.						13	
							ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		
Н. Контр.									
Затв.									

Продовження таблиці 1.1

		Шахи "Пожежні"	Л67		32	3200	Захисне покриття (16 од.)
9	01870	Король П	Л67	100	2	200	
10	01870	Ферзь П	Л67	100	2	200	
11	01870	Слон П	Л67	100	4	400	
12	01870	Кінь П	Л67	100	4	400	
13	01870	Тура П	Л67	100	4	400	
14	01870	Пішка П	Л67	100	16	1600	Сріблення та захисне покриття (16 од.)
		Шахи «Єгипет»	Л67		32	3200	
15	01871	Король Є	Л67	100	2	200	
16	01871	Ферзь Є	Л67	100	2	200	
17	01871	Слон Є	Л67	100	4	400	
18	01871	Кінь Є	Л67	100	4	400	
19	01871	Тура Є	Л67	100	4	400	-
20	01871	Пішка Є	Л67	100	16	1600	
21	22692	Скульптура "Козак з гарматою "	БрКМц-3-1	920	5	2000	
22	01879	Статуетка "Кобра"	БрКМц-3-1	820	1	820	Позолота/Чорніння
23	05834	Статуетка "Вірна вівчарка"	Л67	750	1	750	Чорніння
24	01874	Статуетка "Носоріг"	БрКМц-3-1	1200	1	1200	Чорніння
25	00101	Статуетка "Олімпієць"	БрКМц-3-1	1100	2	1400	Позолота
Всього						15,12	

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

$$N = \frac{G_p}{m}, \quad (1.1)$$

де N – кількість виробів кожного найменування за рік, шт.;

G_p – річна потужність цеху, кг;

m – сумарна маса виливків на один виріб, кг. Значення m визначаємо як алгебраїчну суму мас усіх виливків за номенклатурою, враховуючи кількість виливків кожного найменування на один готовий виріб, $m = 15,12$ кг.

Підставивши дані до формули (1.1) отримуємо:

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ		Арк.
							14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$N = \frac{2500}{15,12} = 165 \text{ шт.}$$

За даними табл. 1.1 і зробленого розрахунку річної кількості виробів складаємо точну виробничу програму (табл. 1.2).

На основі аналізу виробничої програми виливки можна класифікувати за наступними ознаками:

1. За видом ливарного сплаву:

- Латунь Л67

- БрКМц-3-1;

2. Класифікація за масою: дрібні.

3. Класифікація за складністю: прості, середньої складності, складні.

4. Класифікація за серійністю виробництва – дрібносерійне.

5. За методом виробництва виливків: лиття за моделями, що витоплюються.

Кількість браку від всієї виробничої програми відділення лиття за витоплюваними моделями не перевищує 3%.

До браку відносять виливки, які мають один із наступних дефектів:

- газова поруватість;

- усадкові раковини;

- усадкова поруватість;

- недолив;

- тріщини (холодні та гарячі);

- дефекти поверхні.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма виготовлення художніх виробів

Інд. поз.	Найменування виробу	Марка сплаву/ шифр виробу	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
			готової деталі	виливка	шт	кг	на основні вироби		на запасні частини			всього	
							шт	кг	%	шт	кг	шт	кг
1	2	3	4		6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Кокарда "Ракетні війська та артилерія"	Л67	0,032	0,4	1	0,4	10000	400	10	1000	40	11000	440
2	Кокарда Гірської піхоти	Л67	0,032	0,5	1	0,5	10000	500	10	1000	50	11000	550
3	Кокарда «Сили Спеціальних операцій України»	Л67	0,04	0,5	1	0,5	10000	500	10	1000	50	11000	550
4	Кокарда Військово-Морських Сил	Л67	0,28	0,35	1	0,35	10000	350	10	1000	35	11000	385
5	Кокарда Повітряних військ	Л67	0,28	0,3	1	0,3	10000	350	10	1000	35	11000	385
6	Значок "Кандидат у майстри спорту"	Л67	0,08	0,1	1	0,1	500	5	10	50	0,5	550	5,5
7	Значок "Феміда"	Л67	0,08	0,1	1	0,1	100	1	30	30	0,3	130	1,3
8	Нагрудний знак "Завжди Перші. ДШВ"	Л67	0,24	0,3	1	0,3	1000	30	30	300	9	1300	39
	Шахи "Пожежні"	Л67		3,2		3,2	10	32			3,2	11	35,2
9	Король П	Л67	0,08	0,2	2	0,2	20	2	10	2	0,2	22	2,2
10	Ферзь П	Л67	0,08	0,2	2	0,2	20	2	10	2	0,2	22	2,2
11	Слон П	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
12	Кінь П	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
13	Тура П	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
14	Пішка П	Л67	0,08	1,6	16	1,6	160	16	10	16	1,6	176	17,6

Продовження таблиці 1.2

	Шахи «Єгипет»	Л67		3,2		3,2	10	32		1	3,2	11	35,2
15	Король Є	Л67	0,08	0,2	2	0,2	20	2	10	2	0,2	22	2,2
16	Ферзь Є	Л67	0,08	0,2	2	0,2	20	2	10	2	0,2	22	2,2
17	Слон Є	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
18	Кінь Є	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
19	Тура Є	Л67	0,08	0,4	4	0,4	40	4	10	4	0,4	44	4,4
20	Пішка Є	Л67	0,08	1,6	16	1,6	160	16	10	16	1,6	176	17,6
21	Скульптура "Козак з гарматою "	БрКМц-3-1	2	2	1	2	10	2	1	1	2	11	22
22	Статуетка "Кобра"	БрКМц-3-1	0,492	0,82	1	0,82	10	8,2	1	1	0,82	11	9,02
23	Статуетка "Вірна вівчарка"	Л67	0,45	0,75	1	0,75	10	7,5	1	1	0,75	11	8,25
24	Статуетка "Носоріг"	БрКМц-3-1	1,25	1,2	1	1,2	10	12	1	1	1,2	11	13,2
25	Статуетка "Олімпієць"	БрКМц-3-1	1,15	1,4	2	1,4	10	14	1	1	1,4	11	15,4
Всього:						15,12		2243,7			232,37		2494,07

Ізм.

Лист

№докум.

Підпис

Дата

ФЛ71.7115.1110.000 ПЗ

17

Лист

1.2 Характеристика виробництва

Відділення лиття за моделями, що витоплюються є відділенням дрібного серійного виробництва нагородно-сувенірної продукції. Складність виробів варіюється за конфігурацією від простих до складних виливків, а також унікальних виробів.

Сплав, з якого виготовляють левову частину виробів на підприємстві є сплав латуні Л67. Потужність цеху 2500 кг на рік .

Виробництво забезпечує високий рівень техніки та технологій виробництва, якість, точність продукції, а також організації раціонального та ефективного управління виробництва. Цим вимогам відповідає метод лиття за моделями, що витоплюються з використанням гіпсо-кристаболітних форм-монолітів.

Через те що підприємство відносно невелике, відділення лиття за моделями, що витоплюються поділяється на ділянки:

- сумішеприготувальна ділянка з набором опок різного діаметру;
- формувальна ділянка;
- плавильно-заливальна ділянка (прожарювання опок та лиття);
- вибивна ділянка;
- склад опок та шихти.

1.3 Компоновка ділянок та базові технологічні процеси

За рахунок того що розмір приміщень не великі, то переміщення матеріалів у відділення лиття здійснюється з використанням ручної сили працівників.

Воскові блоки моделей для лиття, переносяться з сусіднього модельного відділення на формувальну ділянку, яка знаходиться у складі відділення литва, де відбувається створення форм-монолітів. Далі форми переміщуються на плавильну ділянку, де у подальшому вони пройдуть цикл прожарювання і заливання.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед плавкою необхідну кількість шихтових матеріалів беруть з складу, проводять їх підготовку та завантаження в ливарну машину. Залиті форми після охолодження переносяться на вибивну ділянку, де готові виливки вилучають з форм і складають у ящики для переміщення у відділення фінішних операцій для подальших операцій відповідно технології.

У відділенні фінішних операцій проводяться остаточні технологічні операції і контроль якості литва для отримання готових, завершених виробів. За необхідністю їх відправляють у гальванічне або емальєрне відділення, відповідно до технології виготовлення того чи іншого виробу.

Останнім етапом технологічних операцій є кінцевий контроль якості продукції на наявність дефектів.

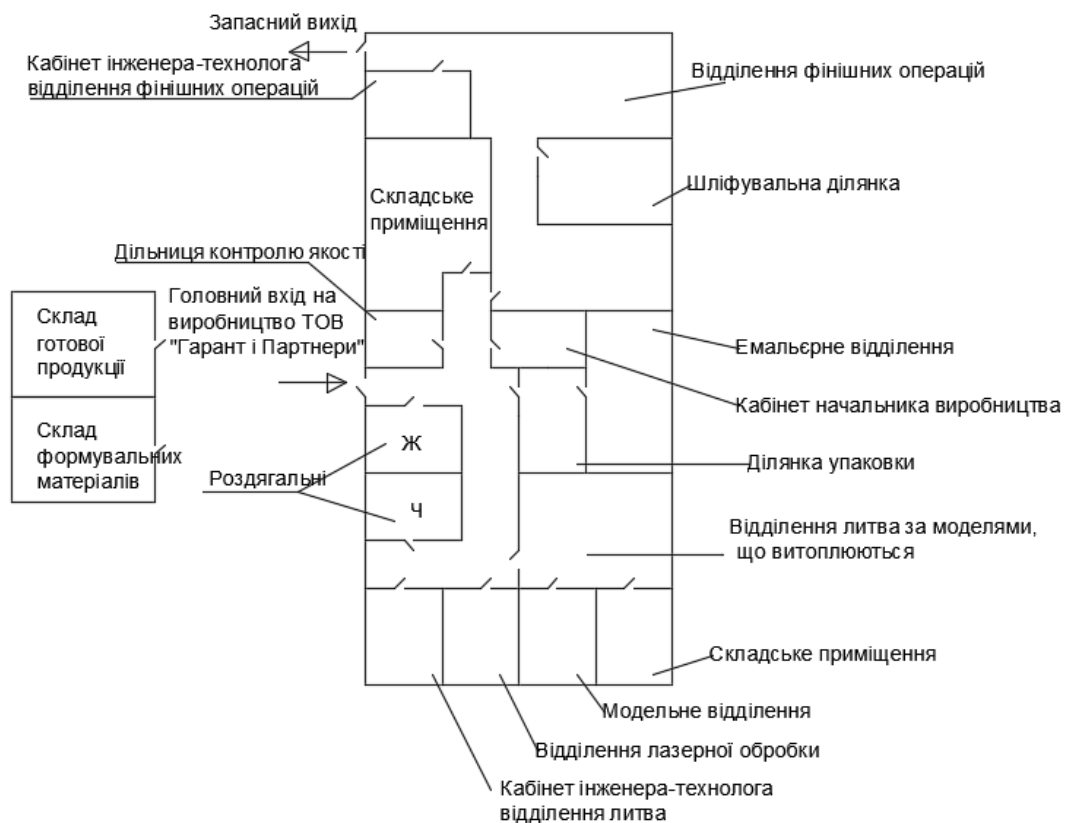


Рисунок 1.1 – Загальна схема планування комплексу з виготовлення нагородно-сувенірної продукції

2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи всіх виробничих потужностей визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків в часі і просторі. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Найкращим є такий режим роботи, коли всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих дільницях. Через те що підприємство є дрібносерійним найбільш оптимальним є однозмінний паралельний режим роботи. Для профілактики і ремонту устаткування може окремо відводитися зміна.

У виробництві встановлені фонди часу роботи устаткування та робітників.

Фонди часу визначають виходячи з таких даних:

- кількість робочих днів на рік – 250;
- кількість змін – 1;
- тривалість однієї зміни, годин – 8 год.

Календарний фонд часу розраховуємо за формулою:

$$\Phi_K = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_K – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів на рік;

D – кількість годин у добі.

Підставивши у формулу 2.1 отримаємо:

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

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Петришин М.М.			РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Смірнова Я.О.							20		
Н. Контр.											
Затв.											

Номінальний фонд часу – час протягом якого виконується робота за встановленим режимом. До нього не ходять планові та непередбачуванні втрати часу. Номінальний фонд часу розраховується за формулою:

$$\Phi_H = C \cdot \Gamma \quad (2.2)$$

де Φ_H – номінальний фонд часу, год;

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

Γ – кількість годин за одну зміну.

Згідно частини 2 статті 6 закону України про відпуску промислово-виробничому персоналу металургійної промисловості надається відпустка тривалістю 24 дні та збільшення відпустки на 2 дні за кожні відпрацьовані 2 роки, але не більше 28. Кількість робочих днів на рік становить 250.

Кількість годин за робочу зміну 8 годин.

Підставивши значення у формулу 4.2 отримаємо:

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

Розраховуємо дійсний фонд часу Φ_D враховуючи номінальний фонд часу та втрати на освоєння виробництва, відпустку за формулою:

$$\Phi_D = \Phi_H - B \quad (2.3)$$

де, Φ_H – номінальний фонд часу, год;

B – втрати на освоєння виробництва, відпустку.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо значення у формулу з урахуванням відпустки 28 днів, тобто 160 годин на рік, отримуємо:

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

Дані щодо режимів роботи часу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу виробництва

Інд. Позиції	Найменування відділень цеху, дільниць, тип устаткування	Кількість змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год.	
			Устаткування	Працівника
1	Модельне відділення	1	1840	1840
2	Відділення лиття за моделями, що витоплюються	1	1840	1840
3	Емальєрне відділення	1	1840	1840
4	Відділення лазерної обробки	1	1840	1840
5	Відділення фінішних операцій	1	1840	1840
6	Дільниця контролю якості	1	1840	1840

З ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

Виливки виготовлятимуться методом лиття в гіпсові форми моноліти. У ливарному цеху здійснюються операції формування, заливання, охолодження та вибивання форм.

Ливарними сплавами які використовують є Л67 та БрКМц-3-1, хімічний склад яких наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сплаву Л67

Сплав	Масова частка, %					
	основні компоненти					домішки, не більше
	Ag	Cu	Zn	Mn	Si	інші
1	2	3	4	5	6	7
Л67	-	67	33	-	-	0,3
БрКМц-3-1	-	94 - 96.3	-	1-1,5	2,7-3,5	1

Температури ліквідуса та солідуса сплаву наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Температури солідусу та ліквідусу

Сплав	t _{лікв.} °C	t _{сол.} °C
Л67	938	909
БрКМц-3-1	1025	910

Для виготовлення нагородно-сувенірної продукції ми використовуємо метод лиття за моделями, що витоплюються . Схема типового технологічного процесу виготовлення виливків методом лиття за моделями, що витоплюються складається:

– розробка та виготовлення прес-форм;

					ФЛ71.7115.1110.0000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Петришин М.М.			ПРОЄКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ		
Перевір.		Смірнова Я.О.					
Н. Контр.							
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						23	
					ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		

- виготовлення моделей;
- збірка модельного блоку;
- формовка модельного блоку у форми-моноліти;
- підготовка форм до заливання;
 - 1) виплавляння модельного складу з форми;
 - 2) прожарювання форм;
- плавлення та заливання металу;
- охолодження та вибивка ювелірних ялинок;
- фінішні операції;
- контроль якості виливків.

3.1 Модельне відділення

Модельне відділення являє собою приміщення, де виготовляють воскові моделі виробів з допомогою гумових або силіконових прес-форм. Залежно від розміру та конфігурації виробу є два методи заповнення прес форми: за допомогою інжектора та методом вільного заливання.

За допомогою воскового інжектора порожнину прес-форми під тиском заповнюють розплавленою восковою сумішшю. Після чого обережно, не деформуючи, прес-форму кладуть на холодильну установку.

Коли воскова модель застигне, її вилучають з прес-форми і припаюють до стояку. Кількість моделей на восковій ялинці залежить від габаритних розмірів моделей та максимальної кількості за висотою опоки. Середня кількість моделей виливків (медалей, нагород, значків тощо), які можуть розміщуватися у формі – від одної до 120 шт. Готовий блок моделей переносять на формувальну ділянку.

Для автоматизації процесу та підвищення продуктивності виробництва доцільно використовувати автоматичні інжектори – RiaceWax MonoEndura, технічні характеристики якого наведено у таблиці 3.3

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – Автоматичний інжектор RiaceWax MonoEndura

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автоматичного інжектора RiaceWax MonoEndura

Розмір установки	600x360x530мм
Вага установки	38 кг
Розмір прес-форм, які можна використовувати	Мінімально 50x30x12 Максимальні 120x90x47
Тиск	0...5МПа

Восковий інжектор являє собою установку яка складається з п'яти систем:

- 1) панель управління установкою, яка дозволяє контролювати температуру воску у баку, сопла, сили з якою притискають прес-форму, тиск у порожнині баку.
- 2) плавильного баку у якому віск топиться за допомогою п'яти терморегулюючих стрижнів.
- 3) установку з камерами для заповнення порожнини прес-форми потрібною кількістю воску.
- 4) установки з пластинами, які притискають прес-форму з потрібною вагою.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

5) компресор.

Метод вільного заливання, або лиття без тиску – це формування воскових моделей з розтопленої воскової суміші без прикладення зовнішнього тиску. Використовують для художніх виливків великих розмірів, наприклад для статуеток, які можуть мати всередині порожнину для зменшення ваги та економії металу. При використанні цього методу створюється унікальна ливникова система для кращого заповнення металом.

3.2 Відділення лиття за моделями, що витоплюються

Для приготування формувальної суспензії використовують спеціальні гіпсо-кристалітні формувальні матеріали, а саме формувальну суміш SRS SILK, робочі характеристики якої наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики формувальної суміші SRS SILK

Співвідношення вода/суміш	100/38-40
Час роботи з суміші	8 хв.
Час тужавіння	12 - 14 хв.
Розширення при 750 °С	1,1%

Послідовність формоутворення наступна:

- 1) підготовки матеріалів та устаткування;
 - 2) зважування блоку воскових моделей;
 - 3) закріплення воскової ялинки на прогумовану плиту і встановлення опоки;
 - 4) встановлення опоки і воскового блоку на формувальний стіл;
 - 5) обмотування перфорованої опоки еластичним мартенсовим бинтом;
 - 6) підготовки формувальної суспензії та заливання у опоку.
- Змішування формувальної суміші з водою у співвідношенні 100 до 40. Для

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уникнення утворення грудок, які залишать сліди на поверхні виливка необхідно засипати формувальну суміш у воду.

7) встановлення опоки на вібраційний стіл, закріплення зверху опоки ковпаком із підведеним вакуумним шлангом;

8) вакуумування опоки на вібростолі;

9) тверднення форми на повітрі протягом 15...20 хв;

10) звільнення опоки від бинта та підкладної плити;

11) транспортування форми-моноліту на плавильно-заливальну ділянку

12) прожарювання форми-моноліту перед заливанням.

Графік прожарювання форм зображено на рисунку 3.2.

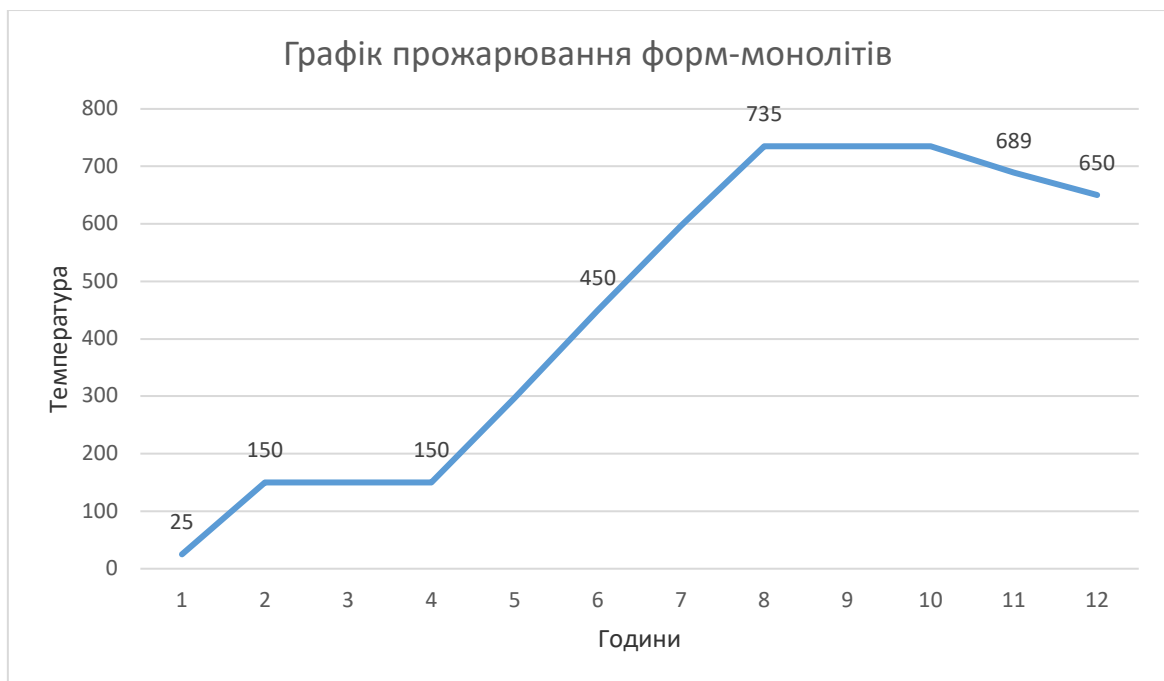


Рисунок 3.2 – Графік прожарювання форм-монолітів

Цикл прожарювання формувальної суміші SRS «Silk», яку використовують, відрізняється від циклу наданого виробником суміші. Цикл був підібраний емпіричним шляхом.

За рахунок зміни прожарювання було отримано покращення витоплювання воску і зменшення кількості тріщин в опоці, відповідно підвищилась міцність опоки і покращилася якість поверхні виливків.

Метою прожарювання форм на основі гіпсо-кристаболітної формувальної суміші є витоплення та остаточне видалення воску із порожнини форми, здійснення структурних перетворень, зміцнення форми та надання оптимальної температури для проведення лиття.

Для цього використовують муфельні печі різних об'ємів. Блок управління дає можливість встановлювати температурні та часові параметри для прожарювання опок. Технічні характеристики муфельної печі наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики муфельної печі

Параметр	Характеристика
Потужність	15 кВт
Максимальна робота температура печі	850 °С
Матеріал нагрівачих спіралей	X20H80
Розміри камери, мм	700 x 550 x 600
Габаритні розміри печі, мм	750 x 600 x 650
Кількість запрограмованих циклів	3

Для плавлення металу та лиття виробів за моделями, що витоплюються у плавильному відділенні розташовано індукційну ливарну вакуумну машину Indutherm VC500. Ця установка представляє собою комплекс технологічних процесів лиття таких як:

- вакуумування камери;
- індукційний нагрів металу та плавка під захисною атмосферою інертного газу аргону;
- перемішування розплаву низькочастотними імпульсами та вихровими струмами;
- лиття з вакуумним всмоктуванням з допресуванням інертним газом аргном.

Переваги даної машини:

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- висока щільність та відсутність дефектів усадки, недоливу, пористості;
- плавка під захисною атмосферою, тигелем із соплом та запираючим стопором, що зменшує турбулентність потоку металу;
- повний та автоматизований контроль процесу лиття.

Технічні характеристики ливарної машини INDUTHERM VC-500 LCD наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики INDUTHERM VC-500D

Параметр	Значення
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	600x820x1450
Потужність генератора, кВт	10
$T_{пл.мах}, ^\circ C$	1600
Надлишковий тиск інертного газу	до 3 бар
Кількість ливарних програм	16
Схема гранулювання	опція
Система синтерування (дифузійне зварювання)	опція
Маса, кг	165
Електроживлення	380 32 А

Індукційну ливарну вакуумну машину Indutherm VC500 зображено на рис. 3.3.

Розраховуємо годинну потребу рідкого металу:

$$M = \frac{V_p}{\Phi_d} \quad (3.1)$$

де М – годинна потреба розплаву, кг\год;

Вр - річна кількість металу;

Фд – дійсний фонд часу плавильної машини, год.

$$M = \frac{2500}{1840} = 1,35 \text{ кг/год}$$



Рисунок 3.3 – Індукційна ливарна вакуумна машина Indutherm VC500

Загальний угар елементів для сплаву складає 3%.

Загальний річний угар сплаву Л67 складає

$$Y = 2500 - (2500 \cdot (1 - 0.03)) = 75 \text{ кг}$$

Річна потреба металу становить: $2500 + 75 = 2575 \text{ кг}$

Шихтові матеріали:

- Зворот власного виробництва (в основному брак виробництва) – 30%

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Чистий метал у гранулах виробництва Pandora Ailouys ОТТ.67/33М2.

Перед плавленням проводять розрахунок шихтових матеріалів враховуючи втрати при плавленні.

Плавлення металу та лиття у форми розміром не більше 160 x 400 мм проводять у індукційній вакуумній машині Indutherm VC-500D.

Порядок операцій лиття наступний:

- підготовка шихти та компонентів;
- встановлення тиглю (для сплаву Л67 – графітовий);
- доведення металу до температури плавлення з урахуванням перегріву металу на 50-60 °С;
- встановлення опоки, яка має оптимальну температуру для лиття;
- вакуумування камери з опокою та тиглем;
- подача інертного газу, а в нашому випадку аргону, для захисту поверхні металу;
- подача опоки пневмоліфтом до отвору плавильної камери;
- піднімання стопору та лиття металу у форму під тиском 4 атмосфери інертного газу аргону та витримка до температур кристалізації.

Кількість устаткування у плавильному відділені розраховується за формулою:

$$P_{\Pi} = \frac{B}{\Phi_{\text{д}} \cdot H} \quad (3.2)$$

де P_{Π} – кількість устаткування, од;

B – річна кількість металу, кг/рік;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд часу, год;

H – годинна продуктивність устаткування, кг/год.

Підставивши значення у формулу 3.2:

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$P_{\Pi} = \frac{2575}{1840 \cdot 5} = 0,3$$

Інструмент та інвентар розміщують на ділянках для їх швидкого доступу у разі потреби. Для зберігання прес-форм, опок, шихтових матеріалів передбачено складське приміщення. У цих же приміщеннях зберігають нові інструменти, які при необхідності або несправності існуючих можна замінити.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ

4.1 Обґрунтування вибраної технології

4.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Виріб «Слон» з шахового набору «Єгипет» виготовляють зі сплаву Л67. Характеристики сплаву Л67 наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Характеристика сплаву Л67

Марка сплаву		Л67
Колір сплаву		жовтий
Хімічний склад, %	Cu	67
	Zn	33
	Домішки	0,03
Щільність, г/см ³		8,6
Інтервал кристалізації, °С		938...909

4.1.2 Конструкція литого виробу

Конструкція виробу являє собою фігурку кота породи сфінкс на підставці зображено на рисунку 4.1.

Маса виливка 100 г. Маса готового виробу – 80 г.

Габаритні розміри виливка: висота – 70 мм (висота підставки – 12,5 мм, висота статуетки – 57,5 мм).

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Петришин М.М			ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Смірнова Я.О.								33	
								ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71			
Н. Контр.											
Затв.											

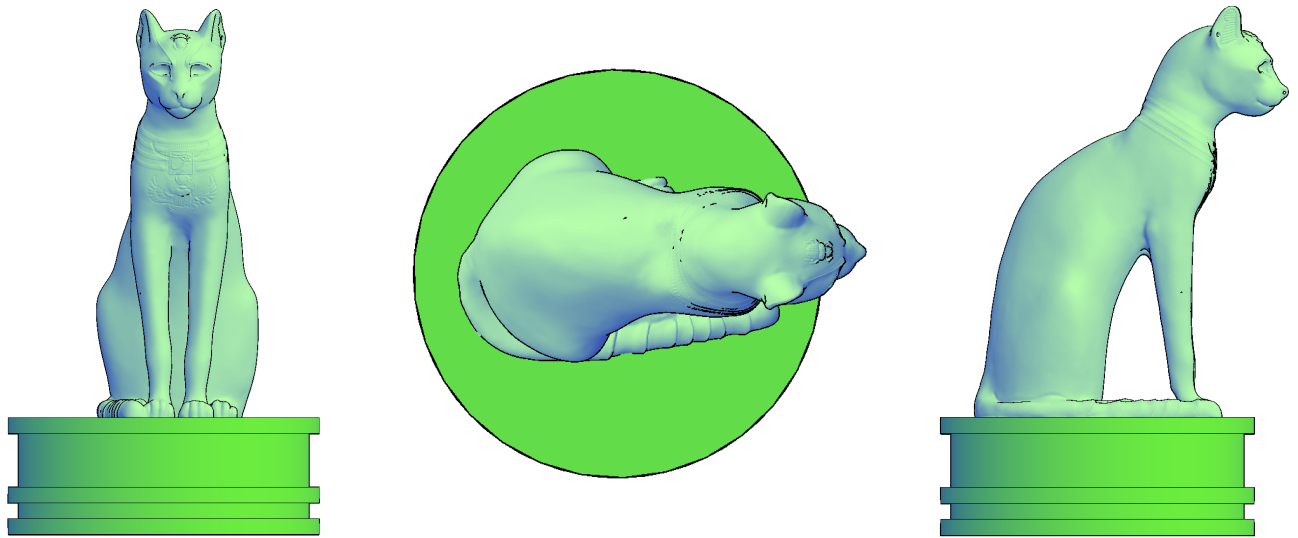


Рисунок 4.1 – Конструкція виробу «Слон»

4.1.3 Аналіз можливих способів виготовлення виливків

При аналізі способів виготовлення виливка керуємося виробничими факторами: серійність виробництва, тип сплаву, вимоги до якості виробу.

Найефективніший та найрозповсюдженіший спосіб лиття художніх виливків невеликих розмірів – це лиття за моделями, що витоплюються з використанням гіпсо-кристалітних формувальних сумішей.

Переваги даного способу:

- легке оброблення воскових моделей;
- можливості виготовлення воскової моделі за допомогою адитивних технологій;
- великий асортимент та доступність спеціальних формувальних сумішей створених для художнього лиття;
- використання форм-монолітів, що виключає різні форми та забезпечує високу якість поверхні;
- мінімізація ручної роботи при формовці;
- повне заповнення опоки з моделями формомасою, що забезпечує повне відтворення конфігурації моделі;
- висока якість литва за рахунок дії вакууму;

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання сучасного обладнання, яке підвищує якість та швидкість виробництва, а також виключає пряму взаємодію ливарника з рідким металом, що зменшує ризик травм;
- можливість тиражування воскових моделей за допомогою гумових прес-форм.

Недоліки:

- відносно висока вартість формувальних сумішей;
- довгий цикл прожарювання.

4.2 Моделювання тривимірної моделі виробу

Для створення тривимірної моделі використано ЕОМ із використанням програмного забезпечення Autodesk AutoCAD, Blender. На ялинку розміщуємо шість моделей вилівка «Слон» у шаховому порядку. Розміщення моделей на ялинці зображено на рисунку 4.2.

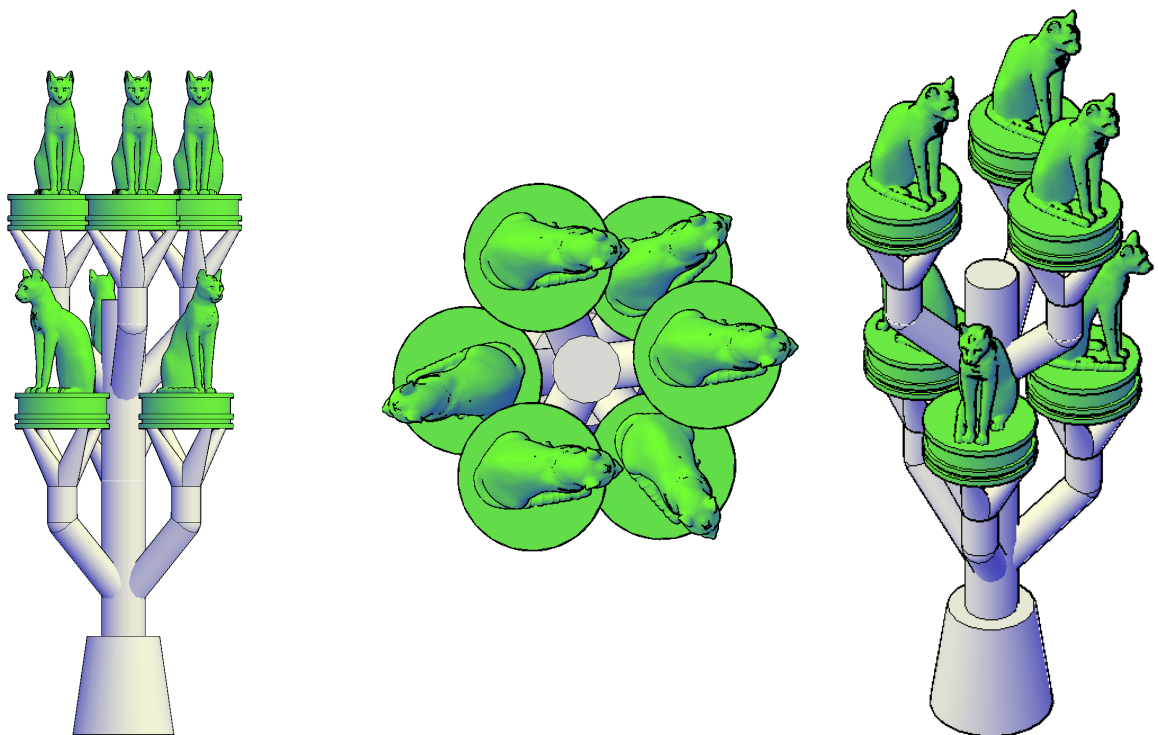


Рисунок 4.2 – Розміщення моделей на ялинці

4.3 Визначення розмірів опоки

Для лиття виливків використовуємо вакуумну індукційну ливарну машину Indutherm VC500D, яка дозволяє використовувати опоки з максимальними діаметрами Ø130 -160 мм та висотою 200 - 400мм.

Враховуючи розміри виливків обираємо перфоровану опоку Ø120 х 200 мм.

Розміщення моделей у формі зображено на рисунку 4.3.

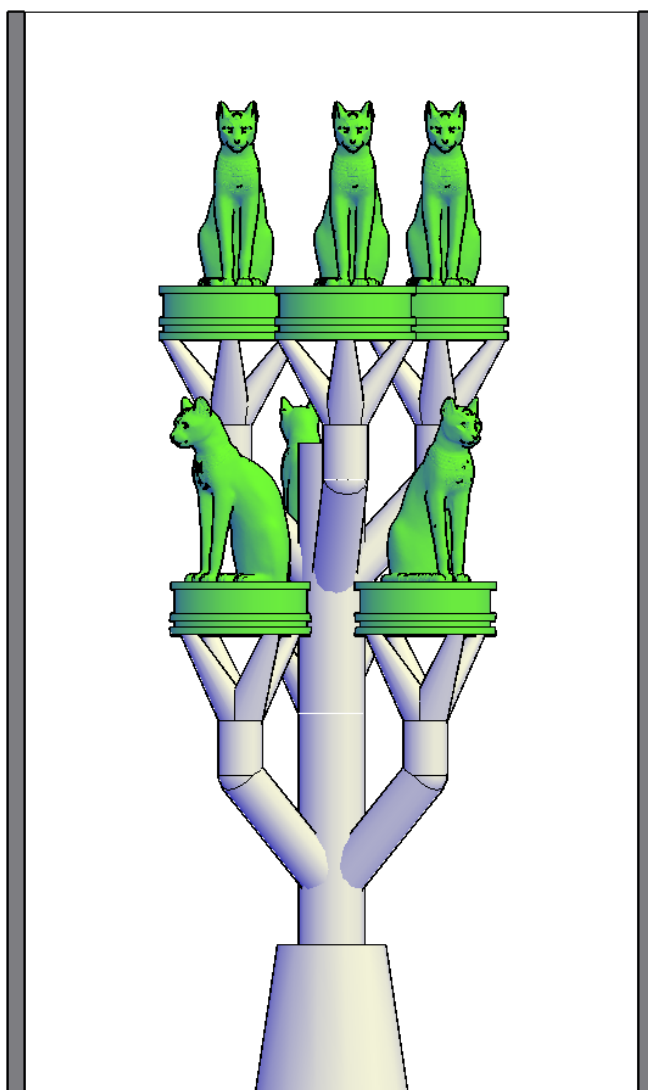


Рисунок 4.3 – Розміщення моделей у формі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ

Арк.

36

Виливки виготовлятимуть методом лиття в гіпсові форми-моноліти. У відділені здійснюють операції формування, заливання, охолодження та вибивання форм.

Моделі розташовані в шаховому порядку. Діаметр стояка 20 мм, кількість моделей на модельний блок – 6 шт.

4.4 Сумішеприготування та формування

Для приготування суміші та формування опоки з модельним блоком використовують вібростіл з вакуумним ковпаком.

В якості формувальної суміші використовують гіпсо-кристалітну суміш SRS SILK.

Співвідношення пропорції формувальної суміші та води для вакуумного лиття становить 100:40. Для вибраної нами опоки використовуємо 3000 г формувальної маси на 1200 мл води.

4.5 Підготовка форм

Наступною технологічною операцією після сумішеприготування форм-монолітів є прожарювання форм. Під час цієї операції віск витоплюється, а формувальна суміш зміцнюється за рахунок фазових перетворень. Детальний опис процесу прожарювання форм наведено у розділі 3.2.

4.6 Елементи ливникової системи

4.6.1 Обґрунтування та вибір ливникової системи

Ливникова система повинна забезпечувати рівномірне розподілення рідкого металу по всій порожнини форми. Основними дефектами у виливках є газова поруватість та неметалічні включення, вони можуть бути спричинені

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

турбулентним потоком. Для попередження виникнення потоку елементи ливникової системи повинні мати плавні переходи.

4.6.2 Розрахунок ливникової системи

Розрахунок ливникової системи для лиття виробу «Слон» розраховуємо за формулою:

$$\delta_{\text{вил}} = \frac{\sqrt[4]{z^3 \cdot G \cdot \sqrt[3]{l_{\text{жив}}}}}{\delta_{\text{ст}}} \quad (4.1)$$

де $\delta_{\text{вил}}$ – товщина перетину живильника, що дорівнює $S_{\text{жив}}/P_{\text{пит}}$;

z – зведена товщина масивного вузла виливка, яка рівна $V_{\text{вил}}/S_{\text{вил}}$;

G – маса виливка, г;

$l_{\text{жив}}$ – довжина живильника, мм;

$S_{\text{жив}}$, $S_{\text{вил}}$, $S_{\text{ст}}$ – площі відповідно живильника, виливка та стояка, мм²;

$P_{\text{жив}}$, $P_{\text{ст}}$ – периметр живильника та стояка, мм.

Площа поверхні виливка $S_{\text{вил}}$ та його об'єм $V_{\text{вил}}$ за даними тривимірної моделі становлять: $S_{\text{вил}} = 450000 \text{ мм}^2$, $V_{\text{вил}} = 20000 \text{ мм}^3$.

.

Розраховуємо зведену товщину масивного вузла виливка:

$$z = \frac{V_{\text{вил}}}{S_{\text{вил}}} \quad (4.2)$$

де z – зведена товщина масивного вузла виливка;

$V_{\text{вил}}$ – об'єм виливка, мм³;

$S_{\text{вил}}$ – площа поверхні виливка, мм².

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Підставивши значення у формулу 4.2. отримаємо:

$$z = \frac{45000}{20000} = 22,5$$

Розраховуємо зведену товщину стояка за формулою:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{S_{\text{ст}}}{P_{\text{ст}}} \quad (4.3)$$

де $\delta_{\text{ст}}$ – зведена товщина стояка;

$S_{\text{ст}}$ – площа поверхні стояка, $S_{\text{ст}} = \pi R^2$, мм;

$P_{\text{ст}}$ – сума всіх сторін стояка, $P_{\text{ст}} = 2\pi R$, мм.

Діаметр стояка беремо 20 мм, від маси виливка і необхідного живлення металом залежить діаметр стояка.

Підставляємо всі значення у формулу 4.3 та отримуємо:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} = 5$$

Довжина живильника обирається таким чином щоб модель, яка прикріплена до стояка живильником, розташовувалась до стінки опоки не більш як на 5,5 мм.

Підставляємо значення у формулу 4.1:

$$\delta_{\text{вил}} = 5,20 \text{ мм.}$$

4.7 Плавка та лиття металу

Технологія плавки для виготовлення виливка:

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при наявності відходів виробництва, в основному брак литва, проводять їх переплав: термічна обробка для видалення сміття, після додання флюсів розплавляють і охолоджують.
- попередньо розігрівають тигель до 930°C;
- завантажують шихту та підвищують температуру до необхідного значення (980-1000°C), перемішування розплаву виконується за рахунок магнітного поля та вихрових струмів створених індуктором. Плавка проводиться під захисною атмосферою аргону та вакууму;
- після доведення до температури встановлюють форму-моноліт попередньо підігріту у муфельній до 650 °C
- перегрів розплаву здійснюється на 40-50 °C від температури плавлення. Заливка проводиться шляхом піднімання штоку, розплав заповнює порожнину форми під дією сили земного тяжіння і тиску аргону;
- для повного заповнення форми опоку витримують протягом короткого часу ;
- виймають форму з ливарної машини, ставлять на плиту для охолодження на 10-15 хв;
- блок виливків вилучають з опоки розмиванням твердої формувальної суміші і складають у ящики, які у свою чергу транспортують у слюсарний цех.

4.8 Фінішні операції виготовлення виробу

Після проведення плавки і вилучення блоку з моделями з опоки передається у відділення фінішних операцій для відокремлення моделей від ливникової системи, контролю якості литва. Далі проводиться полірування виливків як за допомогою станків, так і ручним методом в важкодоступних місцях. Частина відправляється у гальванічне відділення для нанесення покриття.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Загальна характеристика та обґрунтування обраної ливарної машини

З кожним днем рівень виробництва художніх виробів вимагає вдосконалення та використання на практиці нових покращених технологічних рішень, потужного устаткування та обладнання. Не треба забувати про використання ЕОМ. Виходячи із цього, у проєкті відділення лиття за моделями, що витоплюються комплексу з виготовлення нагородно-сувенірної продукції було обрано індукційну вакуумну ливарну машину INDUTHERM VC-500D. Головний вид даної машини зображено на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд ливарної машини INDUTHERM VC-500

Ливарна машина INDUTHERM VC-500 виконує плавку за рахунок магнітного поля та вихрових струмів, які створює індуктор, який зображений на рисунку 5.2.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Петришин М.М			КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА		Літ.	Аркуш
Перевір.		Смірнова Я.О.						41
Н. Контр.							ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71	
Затв.								



Рисунок 5.2. – Індуктор ливарної машини

Висока швидкість нагріву, менші енергозатрати на плавку, чистота металу, плавка під захисною атмосферою та під дією вакууму в є головними перевагами такого методу плавлення.

Плавильна камера перед нагріванням герметизується та вакуумується, створюється інертна атмосфера аргону, що забезпечує безокисну плавку розплаву.

В якості тиглів використовується графітовий тигель, який зображено на рисунку 5.3 для виплавляння сплавів як дорогоцінних так і кольорових металів, об'ємом 245 см³.

Внутрішній діаметр 50 мм, а зовнішній – 68 мм з висотою 120 мм. Діаметр зливного отвору 8 мм.



Рисунок 5.3 – Графітовий тигель

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Спеціальним штоком з діаметром 10 мм та висотою 165 мм, запирається зливний отвір графітового тиглю. Вигляд штоку зображено на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 – Керамічний шток

Для вимірювання температури розплаву в шток встановлюють термопару типу К – хромель-алюмель, яку зображено на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Термопара типу К для вимірювання температури розплаву

Технічні характеристики ливарної машини INDUTHERM VC-500 наведені в таблиці 5.1.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики ливарної машини INDUTHERM VC-500D

Параметр	Значення
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	600x820x1450
Потужність генератора, кВт	10
$T_{пл. max}, ^\circ C$	1600
Надлишковий тиск інертного газу	до 3 бар
Кількість ливарних програм	16
Схема гранулювання	опція
Система синтерування (дифузійне зварювання)	опція
Маса, кг	165
Електроживлення	381 32 А

Спеціальним штоком з діаметром 10 мм та висотою 165 мм, запирається зливний отвір графітового тиглю. Вигляд штоку зображено на рисунку 5.6.

5.2 Плавильно-заливальний вузол ливарної машини

Плавильно-заливальний вузол ливарної машини INDUTHERM VC-500 являється основним її вузлом і зображений на рисунку 5.6.

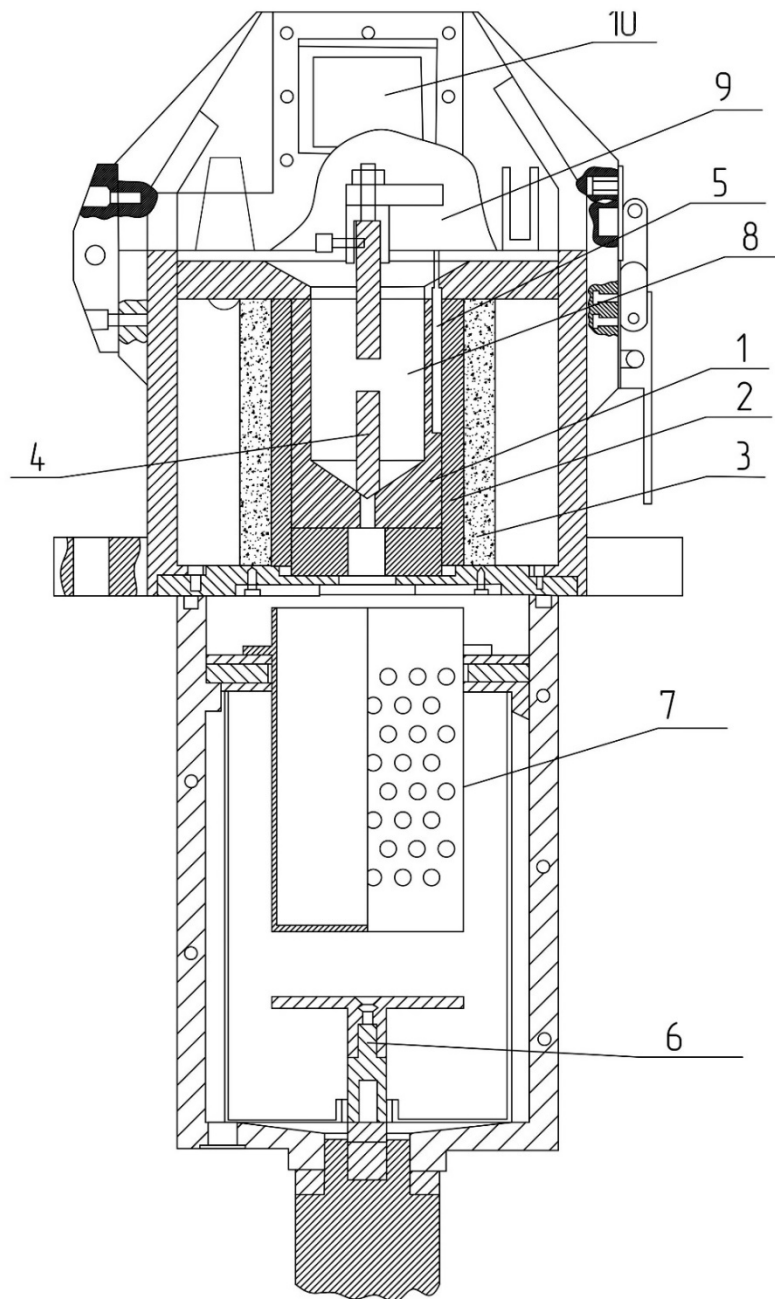


Рисунок 5.6 – Плавильно-заливальний вузол ливарної установки INDUTHERM VC-500

Плавильно-заливальний вузол ливарної установки INDUTHERM VC-500 складається з двох камер 9 та 8, де в першій проводиться плавка металу або сплаву, а у останній встановлення опоки та її заливка. Ємністю для виплавлення сплавів встановлюється графітовий тигель 1, який вставляється у керамічний контейнер 2. Нагрівання металу відбувається за рахунок перемінного магнітного поля які створюють вихрові струми, що створюються

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

індуктором 3. Для вимірювання значень температури розплаву встановлено термопару 5, яка дозволяє проводити точні виміри температури та контролювати цикл плавки. Під номером 4 позначений керамічний шток, який закриває отвір днища тиглю під час плавки. Внизу камери заливки встановлено гідравлічний пневмоліфт 6, який переміщує стіл із закріпленою формою-моноліту 7 до плавильної камери. Вікно 10, через яке можна спостерігати процеси плавки, виконано із вогнетривкого скла товщиною 16 мм. Окрім цього до камер під'єднані штуцери для підключення вакуумного насосу та балонів з аргоном на гелієм.

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

6.1 Визначення кількості електроенергії для забезпечення роботи відділення

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності при запланованому режимі роботи [8]:

$$\mathcal{E} = M\Phi_0\eta_{зв}K_1K_2, \quad (6.1)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

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

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6);

K_2 – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

Розраховані величини витрат електроенергії занесено в таблицю 6.1

Таблиця 6.1 – Витрати електроенергії обладнання відділення

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць обладнання на відділенні	Встановлена потужність, кВт/год	Річний фонд часу, год	Коефіцієнт завантаження	Витрати електроенергії кВт
1	2	3	4	5	6	7
1	Індукційна ливарна машина INDUTHERM VC-500	1	10	1840	0,6	4637
2	Муфельна піч	3	12	1840	0,60	16 693
3	Вузол формування	1	2,5	1840	0,48	927
4	Вентиляція	1	1,5	1840	0,8	928
Всього:						23185

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Петришин М.М			ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ		
Перевір.		Смірнова Я.О.					
Н. Контр.							
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						47	
					ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		

Розрахунок витрат енергії на освітлення для кожного приміщення виконують на основі загального плану цеху. Вихідні данні для розрахунку: площа приміщення, необхідна освітлюваність і режим роботи освітлювальних пристроїв.

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000}, \quad (6.2)$$

де S – освітлювальна площа, м²;

q – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м²;

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Величину q зазвичай приймають: для виробничих приміщень – 11...15 Вт/м².

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення τ приймають рівним: для двозмінної роботи – 2500 год.

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів – 0,8.

Таблиця 6.2 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м ²	Поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м ²	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Світлодіодний світильник LED 100B 6500K 10000Lm IP66	42	15	2500	0,8	1260

6.2 Чисельність виробничих робітників плавильно-заливального відділення

Результати чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими місцями) наведено в табл. 6.3.

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо, виходячи з організаційної структури управління відділенням на аналогічному підприємстві.

Таблиця 6.3 – Чисельність основних і допоміжних робітників відділення

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах	Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а			
		Основні робітники			
Ливарник	5	1	1	1,126	1
Формувальник	4	1	1	1,126	1
Разом		2	12		2

6.3 Визначення фондів заробітної плати

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2021 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 6 000 грн, у погодинному розмірі – 36,11 грн.

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Управлінський персонал			
Начальник дільниці	1	16 000	192 000
Майстер	1	14 000	168 000
Разом			360 000
Спеціалісти			
Ливарник	1	15 000	180 000
Формувальник	1	15 000	180 000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Прибиральниця	1	6000	72 000
Усього по плавильному відділенню			792 000

Таблиця 6.5 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія та спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, тис грн	Розрахунок додаткової						Загальний фонд з.п., тис. грн
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та				Разом додаткова з.п.		
							Премії (40%)	За роботу в особливі умови(18%)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (12%)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Основні (технологічні) робітники													
Ливарник	4	47,12	1	1840	1840	86,7	34,68	8,67	10,404	10,4044	64,058	150,758	
Формувальник	3	43,48	1	1840	1840	80	32	8	9,6	9,6	59,2	139,2	
Усього по плавильному відділенню						166,7					123,258	289,958	

6.4 Розрахунок капітальних вкладень

Розрахунок капіталовкладень в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено у табл. 6.6. Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беремо у розмірі 10...25 % від його ціни, а саме 20 %.

Таблиця 6.6 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
1	2	3	4	5	6
Основне технологічне устаткування					
Індукційна вакуумна ливарна машина INDUTHERM VC-500	1	1 594,6	1 594,6	318,92	1913,52
Муфельна піч	3	40	120	24	144
Формувальний вузол	1	30	30	6	36
Загалом по плавильному відділенні					2093,52

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівлі та споруди визначають. Виходячи з площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт та витрати на відділення

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м³	На відділення, тис. грн
1. Виробничі будівлі		
1.1. Одноповерхові (24×42)	3000	3 024,00
2. Водопостачання виробничих приміщень	30	30,24
3. Каналізація виробничих приміщень	30	30,24
4. Електропроводка виробничих приміщень	50	50,40
5. Вентиляція виробничих приміщень	80	80,64
6. Зовнішній благоустрій	50	50,40
7. Невраховані витрати	500	504,00
Всього		3 769,92

Витрати на забезпечення матеріалами плавильного відділення на протязі року наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Витрати річні на шихтові матеріали

№	Найменування матеріалів шихти	Усього, кг	Ціна за 1 кг, грн	Ціна матеріалів на річну програму, млн. грн
1	Латунь для лиття ОТТ/М2 (Аналог Л67)	2500	680	1,7
2	БрКМц-3-1	2500	270	0,038
Всього				1.738

6.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для визначення планової собівартості продукції на підприємствах, як правило, складають планові та фактичні калькуляції. Перші розраховують за плановими нормами витрат, другі – за їх фактичним рівнем. Складання калькуляцій передбачає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць, калькуляційних статей витрат та методики обчислення[8].

Таблиця 6.10 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Витрати на річну програму, тис. грн	Примітки
1. Сировина та матеріали (шихтові матеріали)	1 738	
2. Паливо та енергія на технологічні цілі	2 717,4	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників	166,7	з табл. 6.5
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників	123,258	з табл. 6.5
5. Єдиний соціальний внесок	63,79	22% від (3+4)
6. Утримання та експлуатація устаткування	250,05	3 1,5
7. Загально виробничі витрати	166,7	100% від 3
8. Загальногосподарські витрати	166,7	100% від 3
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва	66,68	40% від 3
Виробнича собівартість річної програми	2744,59	Сума 1-9
10. Позавиробничі витрати	192,12	7% від 1-9
Повна собівартість річної програми	2936,71	Сума 10 і 9

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Загальна характеристика умов праці на плавильно-заливальної ділянки

Плавильно-заливальна ділянка є частиною відділення лиття за моделями що витоплюються, біля неї розміщені сумішеприготувальна і формувальновибивна ділянки. Параметри приміщення наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри приміщення плавильно-заливальної дільниці

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	7000мм×6000 мм; S=42 м ² ;	-
2	Кількість працівників	Працівники відділення (ливарник, формувальник)	2
3	Природне освітлення	Вікна металопластикові вікна з профілю Mega line 2500м 600 м ×1000мм	6
4	Штучне освітлення	Світильник промисловий ЕВРОСВЕТ 2*1500мм під лампу T8 LED-SH-50 IP65 Slim	3

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Петришин М.М			ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Смірнова Я.О.								54	
								ІМЗ ім. Є.О.Патона,			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Обладнання і оснащення плавильно-заливальної ділянки

№ п/п	Назва	Розміри, Д×Ш×В, мм	Основні характеристики	Кількість	Поз на рис.
1	Муфельні печі	450 × 400 × 400 650 × 500 × 500; 750 × 650 × 650;	-матеріал: сталь, шамотна цегла -спіраль: Х20Н80 Ø1,5мм -об'єм робочої камери: 230л -потужність: 6, 12, 15кВт -електроживлення: 380В	3	1,2,3
2	Індукційна вакуумна ливарна машина INDUTHERM VC-500	600 × 820 × 1450	-матеріал: метал -електроживлення 380В	1	4
3	Формувальна машина АВЗ-20д	1300 × 650 × 500	Макс. тиск: 3,3кПа Потужність двигуна 2,2кВт Частота обертів: 1450 об/хв	1	5
4	Насос вакуумний BUSCH R5 RA 0063F	627 × 406 × 290	-рівень шуму (ISO 2151): 64дБ -потужність двигуна: 2кВт	1	6
5	Шафи	Шафи де зберігаються інструменти, майстер-моделі, гумові прес-форми виробів і тд		4	7
6	Вогнегасник типу ОП-5	вага вогнегасника із зарядом - до 10 кілограмів; вага гасячого заряду – 5 кілограмів;		2	8
7	Димовий пожежний сповіщувач Артон СПД-3	Пластиковий корпус; площа, що контролюється – до 50 м ² Чутливість сповіщувача відповідає ДСТУ EN 54-7		1	-
8	Вентиляція	Потужність 1.5кВт (синя штрихова лінія)			



Рисунок 7.1 – План відділення

Порівняння реальні та нормативних (ДСанПіН 6.6.3-150-2007) характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання проведено в таблиці 7.3

Таблиця 7.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

	Параметри приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	9,66 м ²	4,5 м ²
2	Об'єм на 1 працюючого	30,9 м ³	15 м ³
3	Мінімальна ширина проходу	2 м	1,5 м

Згідно з таблицею 7.3. всі реальні значення величин лежать у межах нормативних значень, що передбачені законодавством.

7.2. Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів

В зв'язку з тим що плавильно-заливальна ділянка знаходиться в одному приміщенні з формувальною та вибивної ділянками і не відокремлена від неї спеціальними екранами небезпечні і шкідливі фактори впливають на розглянуту ділянку, які описані у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при технологічних процесах

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Вібрація	Шум	Запилення	Статичне навантаження на руки	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Формування	-	-	-	-	-	-	xx	xx	x	x	-	-	x	x
Прожарювання форм	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Плавлення металу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	xx	x	x
Заливання форм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	xx	x	x
Вибивання виливків		-					x		x					

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

7.3 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці на формувальній дільниці

7.3.1 Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів на плавильно-заливальній дільниці.

7.3.1.1 Теплові небезпеки

Основні теплові небезпеки, які виникають під час технологічному процесі занесено в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 – Основні небезпеки пов'язані з тепловою небезпекою

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Муфельні печі	Нагріта поверхність печі	Висока температура поверхності печі, яка може призвести до опіків	Опіки працівника, небезпека пожежі/вибуху
2	Муфельні печі, ливарна машина	Інфрачервоні випромінювання	Вплив ІФ-випромінювання на організм працівника	Погіршення самопочуття, підняття температури тіла
3	Муфельні печі	Мікроклімат	Температура, вологість та швидкість повітря	Падіння працездатності, порушення діяльності організму

Таблиця 7.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки які створюються у в технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Температура поверхності печей	30...35 °C	<40 °C
2	Інфрачервоне випромінювання	55...65 дБА	<80 дБА

Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря наведені в табл. 7.7, що регламентується ДСН 3.3.6.042-99

Таблиця 7.7 – Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря

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

Значення параметрів мікроклімату суттєво впливають на самопочуття, рівень травматизму та працездатність людини. Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеній вологості призводить до підвищення температури тіла людини до 38...40 °С, внаслідок чого це призводить до фізіологічних порушень в організмі людини. Для забезпечення дотримання вимог використовується природна вентиляція, витяжна вентиляція та засоби індивідуального захисту, такі як спецодяг спецвзуття, респіратори, рукавиці для рук, засоби для захисту обличчя

Для зниження ймовірності виникнення небезпечної ситуації слід дотримуватись заходів безпеки які наведені в таблиці 7.8

Таблиця 7.8 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах наявності теплової небезпеки

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Встановлення захисних екранів на обладнання: ливарна машина, муфельні печі	Зниження температури поверхні обладнання, зниження вирогідності пожежі, уникнення виведення з ладу обладнання
2	Організаційні	інструктаж з правил експлуатації обладнання;	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів, надання працівникам спец засоби для роботи з ливарним обладнанням: захисний одяг, захисні маски	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

7.3.1.2 Небезпеки при роботі з системами, які знаходяться під тиском

Основною небезпекою при роботі з системами, які знаходяться під тиском є недотримання правил експлуатації обладнання. Перелік небезпек вказаний в таблиці 7.9

Таблиця 7.9 – Небезпеки при роботі з системами, які знаходяться під тиском

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпек
1	Ливарна машина	Не до кінця замкнена плавильна камера ливарної машини	Недотримання правил експлуатації обладнання	Виведення з ладу обладнання, отримання фізичних травм

Таблиця 7.10 – Реальні та нормативні фактори небезпеки роботи з системами, які знаходяться під тиском

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Надлишковий тиск	2...2,5 бар	До 3 бар

Реальні та нормативні значення взяті з технічної документації на ливарну машину Indutherm VC-500D надану виробником.

Для зниження ймовірності виникнення небезпечної ситуації слід дотримуватись заходів безпеки які наведені в таблиці 7.11.

Таблиця 7.11 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах роботи з системами, які знаходяться під тиском

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Наявність справно діючих засобів для замикання плавильної камери	уникнення отримання фізичних травм уникнення виведення з ладу обладнання
2	Організаційні	інструктаж з правил експлуатації обладнання;	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

7.3.1.3. Електронебезпека

Основні небезпеки пов'язані з дією на організм людини електричного струму, який використовується в технологічному процесі при технологічних роботах занесено в таблицю 7.12.

Таблиця 7.12 – Електричні джерела небезпеки

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Муфельна піч	Кабелі живлення, корпус	Пошкодження ізоляції кабелю живлення, відсутність заземлення, недотримання правил експлуатації обладнання	Ураження струмом
2	Ливарна машина	Кабелі живлення, корпус	Пошкодження ізоляції кабелю живлення, відсутність заземлення	Ураження струмом

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 7.13. Нормативні значення було взято з НПАОП 40.1-1.21-98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Таблиця 7.13 – Реальні та нормативні фактори небезпеки ураження електричним струмом

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальний струм	>2 А	0,025 А
		380 В	42 В

Для зниження ймовірності настання небезпечної ситуації, необхідно дотримуватись заходів безпеки, які наведені в таблиці 7.14

Таблиця 7.14 – Засоби захисту від ураження струмом

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	захисні заземлення електричного устаткування, захисні кожухи для кабелів живлення	уникнення пробоя, витоків струму уникнення контакту з частинами що під напругою
2	Організаційні	інструктаж з правил електробезпеки; забезпечення засобами індивідуального захисту	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

7.4. Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів (гази, пил, аерозолі) на формувальній дільниці.

Основні небезпеки пов'язані з впливом шкідливих речовин, які створюються в технологічному процесі при формувальних роботах занесено в таблицю 7.15.

Таблиця 7.15 – Хімічні джерела небезпек

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Вибивна ділянка	Пилоутворення	Утворення великої кількості пилу та його вдихання	Ризик виникнення ряду хвороби та алергій
2	Залиті форми	Утворені гази при заливанні	Вдихання газів	Ризик виникнення ряду хвороб

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 7.16. Нормативні значення було взято з (ГОСТ 12.1.005-88, СН 245-71)

Таблиця 7.16 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Пил формувальної суміші	3 мг/ м ³	1 мг/ м ³

Як видно з таблиці 7.17 існує потенційна небезпека негативного впливу шкідливих речовин на організм працюючого. Для мінімізації ризику отримання професійного захворювання у таблиці 7.15 наведені засоби та заходи захисту.

Таблиця 7.17 – Засоби захисту з хімічними виробничими факторами

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Місцева вентиляцію у вигляді витяжних зонтів	Усунення утвореного пилу під час тех. процесу
2	Організаційні	інструктаж з правил безпеки; забезпечення засобами індивідуального захисту	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Експлуатаційні заходи	своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів вентиляційної системи	Забезпечення постійної роботи вентиляції
4	Засоби індивідуального захисту	Респіратори та маски ЗМ, захисний одяг	Запобігання отруєнню та опіків

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луговой В.П., Технология ювелирного производства: навч. Посібник – Минск: Новое знание; М. :ИНФРА_М, 2012. – 526 с.
2. В.И. Марченков, Ювелирное дело – Москва, 1975 р. – 256 с.
3. Характеристики ливарної машини INDUTHERM VC-500 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://www.indutherm.de/en/products/vacuum-pressure-casting-machines-vc/vc-500/>
4. Інструкція до використання ливарної машини INDUTHERM VC-500[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.manualslib.com/products/Indutherm-Vc-400-Lcd-10654431.html>– Назва з екрану. (22.11.2018);
5. Воскові інжектори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.riacewax.com/en/iniettori/mono-endura/>
6. Формувальні суміші [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.hswalsh.com/product/silk-investment-powder-225kgtc0454>;
7. Силікон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <http://ukrsil.com.ua/index.php?page=print&id=s2>
8. Шихтові матеріали [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL <https://www.pandoralloys.com/>
9. Курдюмов А. В., Белов В. Д., Пикунов М. В., Чурсин В. М., Герасимов С. П., Моисеев В. С., Производство отливок из сплавов цветных металлов, – МИСиС, 2011 р., – 458 с.
10. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела, – Л.: Машиностроение, 1982. – 379 с.
11. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL jportal.ru

					ФЛ71.7115.1110.0000.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Петришин М.М			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			
Перевір.		Смірнова Я.О.						
Н. Контр.								
Затв.								
						Літ.	Аркуш	Аркушів
							64	
						ІМЗ ім. Є.О. Патона, ФЛ-71		

12. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL jtech.com

13. Рекомендації до виконання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.Г. Левченко, Г.В. Демчук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 16 с.

14. Методичні вказівки до виконання дипломного проєкту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М.Сиропоршнів, М.М. Ямшинський.– К.: ВПК «Політехніка», 2011. – 67 с.

					ФЛ71.7115.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

