

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут
матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

«__» _____ 2024 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 «Матеріалознавство»
на тему: «Виробництво конструкційних деталей для роботи в умовах середніх навантажень»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ФН-01

Білик Іван Олександрович _____

Керівник:

старший викладач,

Руденький Сергій Олексійович _____

Консультант з економічно-організаційного розділу:

доцент, к.е.н., доцент,

Нарасвський Сергій Вікторович _____

Консультант з охорони праці:

професор, д. т. н., зав. кафедри ОПШЦБ,

Левченко Олег Григорович _____

Нормоконтроль:

доцент, к. т. н., доцент,

Бірюкович Ліна Олегівна _____

Рецензент:

доцент каф. ЛВ, к. т. н., доцент

Лук'янов Іван Віталійович _____

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
**на тему: «Виробництво конструкційних деталей для роботи в умовах се-
редніх навантажень»**

РЕФЕРАТ

Дипломний проект за освітньо-професійною програмою складається із пояснювальної записки, що містить: стор. – 93, рис. – 12, табл. – 23, літ. – 45 і графічної частини із 6 креслень і 2 плакатів.

КОНСТРУКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, МІЦНІСТЬ, ПОРОШКОВА МЕТАЛУРГІЯ, СТАЛЬ, ШЕСТЕРНЯ НАСОСУ

У дипломному проекті наведено сучасний стан технології виробництва порошкових конструкційних матеріалів для роботи в умовах середніх навантажень на основі легованих сталей.

Метою було розроблення проекту дільниці, конструкторської документації та технологічного процесу виготовлення елементів масляних насосів з високими фізико-механічними та економічними показниками.

Завдання дипломного проектування:

- провести аналізу сучасного стану виробництва конструкційних матеріалів, які працюють в умовах середніх навантажень та обрати оптимальний склад матеріалу;
- розробити технологічну схему процесу отримання, з відповідним описом технологічних операцій;
- розробити будівельний, організаційний, економічний розділи та передбачити заходи охорони праці та техніки безпеки;
- провести розробку прес форми

Об'єктом дослідження є конструкційні порошкові матеріали на основі сталей. Предметом дослідження є техніко-економічні показники виготовлення конструкційних деталей для роботи в умовах середніх навантажень.

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						5	1
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Є. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Богатол Ю. І.</i>							

ABSTRACT

The diploma project under the educational and professional program consists of an explanatory note containing: p. – 93, fig. - 12, tab. – 23, ref. – 45 and a graphic part of 6 drawings and 2 posters.

CONSTRUCTION MATERIALS, POWDER METALLURGY, STEEL, STRENGTH, GEAR PUMPS

The diploma project presents the current state of technology for the production of powder structural materials for work under conditions of medium loads based on alloyed steels.

The goal was to develop the site project, design documentation and technological process of manufacturing oil pump elements with high physical, mechanical and economic indicators.

Diploma design tasks:

- conduct an analysis of the current state of production of structural materials that work under conditions of medium loads and choose the optimal composition of the material;
- develop a technological scheme of the receiving process, with a corresponding description of technological operations;
- develop construction, organizational, and economic sections and to provide for occupational safety and security measures;
- develop a press mold for forming the oil pump gear part.

The object of research is structural powder materials based on steels.

The subject of the study is the technical and economic indicators of the production of structural parts for work under conditions of medium loads.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				ABSTRACT	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						6	1
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Богамол Ю. І.</i>							

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Вибір технологічного процесу.....	10
1.1.1 Вибір матеріалу	10
1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу	16
1.2.1 Технологія холодного ізостатичного пресування	16
1.2.2 Гаряче об'ємне штампування.....	18
1.2.3 Технологія пресування та спікання.....	19
1.3 Висновки та задачі проєктування.....	21
1.4 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї	21
1.5 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї.....	22
1.6 Опис технологічних операцій.....	23
1.6.1 Дозування порошку	23
1.6.2 Змішування порошку.....	23
1.6.3 Пресування	24
1.6.4 Спікання зі швидким охолодженням.....	24
1.6.5 Калібрування	26
1.6.6 Механічна обробка	26
1.6.7 Технологічний контроль і контроль якості продукції	26
1.7 Розрахунок і складання матеріального балансу	27

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>		
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Білик І. О.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Руденький С. О.</i>			7	3	
<i>Реценз.</i>					<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Білякович Л. О.</i>			<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Багамал Ю. І.</i>					

1.7.1 Розрахунок і складання балансу матеріалів	27
1.8 Вибір та розрахунок кількості обладнання	34
1.8.1 Обладнання для дозування	34
1.8.2 Обладнання для змішування.....	35
1.8.3 Обладнання для пресування / калібрування.....	36
1.8.4 Обладнання для спікання.....	38
1.8.5 Обладнання для шліфовки	39
2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	41
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	47
4.1 Характеристика ділянки.....	48
4.2 Аналіз мікроклімату ділянки	50
4.3 Аналіз освітлення виробничих приміщень	52
4.4 Шум та вібрація.....	54
4.5 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів	56
4.5.1 Механічні ризики	56
4.5.2 Ризик вибуху	56
4.5.3 Термічний захист при роботі з електропідприємством.....	57
4.5.4 Електрична безпека.....	58
4.6 Пожежна безпека.....	60
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ	63
5.1 Енергетичний розділ.....	63
5.2 Організаційний розділ	65
5.2.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників.....	66
5.2.2 Визначення фондів заробітної плати	71

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

5.2.3 Розраунок продуктивності праці.....	74
5.2.4 Розрахунок капітальний вкладень.....	74
5.2.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	78
5.2.6 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення.....	80
ВИСНОВКИ.....	83
CONCLUSIONS.....	84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	85
ДОДАТКИ.....	90

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Постійний прогрес у порошковій металургії зумовлений прагненням виробляти продукцію з найнижчими можливими витратами. Сучасне виробництво спечених компонентів в основному є відповіддю на зростаючі потреби машинобудівної промисловості, особливо автомобільної.

Використання порошкової металургії для виробництва шайб, ковпачків, дисків, втулок, фланців та інших компонентів обладнання призводить до значної економії чорних і кольорових металів. Цей метод також усуває потребу в десятках металообробних верстатів, оскільки готовий продукт майже не потребує подальшої обробки. Це зменшує кількість операцій механічної обробки однієї деталі та спрощує виробничий процес.

Виробництво деталей з порошку дозволяє значно зменшити допуски на розміри, що призводить до економії сировини. Порошкова металургія може виробляти продукцію з високим коефіцієнтом використання матеріалу - до 95%.

Деякі з переваг, які призвели до розвитку порошкової металургії, включають

Можливість виробляти матеріали, які важко або неможливо отримати іншим способом, наприклад, тугоплавкі метали, псевдосплави, підшипники, фільтри і пористі матеріали для теплообмінників.

Використання чистих вихідних порошків дозволяє виробляти спечені матеріали з меншим вмістом домішок, ніж у звичайних литих сплавах, і які точно відповідають заданому складу.

Структура спечених матеріалів, отриманих методом порошкової металургії, може мати кращі властивості, ніж у розплавлених матеріалів того ж складу і щільності, зменшуючи несприятливі впливи.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						10	1
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Богомол Ю. І.</i>							

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір технологічного процесу

1.1.1 Вибір матеріалу

Порошкові конструкційні матеріали є основою сьогоденішнього машино-авіа- ракетобудування [1]. За рахунок високої інтеграції нових методів механічної обробки в робочий цикл виготовлення прес форм вдається отримувати не лише деталі 1–3 груп складності, але й виготовляти інструменти для виготовлення деталей 5–7 груп складності [2]. Класифікація порошкових конструкційних матеріалів засновано на умовах експлуатації деталей та величини навантаження яке прикладається до того чи іншого вузла. Класифікація за умовами роботи умовно може бути поділена на 2 ключі групи [3]:

– матеріали на основі сталей різних класів, чавунів та кольорових металів (міді, алюмінію та їх сплавів);

– матеріали з високими показниками зносостійкості, окисної та корозійної стійкості, жароміцності, високих електричних та магнітних властивостей, а також поєднання названого переліку.

Залежно від умов навантаження, класифікація конструкційних матеріалів складається з 4х груп, а саме [3]:

- мало навантажені – міцність не перевищує $0,2-0,25\sigma_{\text{компакт}}$;
- помірно навантажені – міцність не перевищує $0,5-0,55\sigma_{\text{компакт}}$;
- середньо навантажені – міцність не перевищує $0,7-0,75\sigma_{\text{компакт}}$;
- важко навантажені – міцність не перевищує $0,9\sigma_{\text{компакт}}$.

Порошкові конструкційні матеріали зазвичай виготовляються з матеріалів на основі заліза для більшості потреб економіки та кольорових металів. Кольорові метали та сплави на відміну від сталей, є дещо дорожчими та мають ряд опоміжних властивостей, особливо хімічних та антифрикційних [1], [3].

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						11	31
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Кантр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Богатол Ю. І.</i>							

Порошкові конструкційні матеріали на основі кольорових металів та сплавів. Конструкційні матеріали на основі кольорових металів зазвичай на основі магнію, титану, берилію, міді, алюмінію, хрому, нікелю мають досить специфічні сфери використання [4], [5]. Як правило кольорові метали застосовують в області конструкцій, де діють не лише механічні навантаження, але й накладається вплив зношування та корозійного середовища. Найбільшого поширення серед даної групи матеріалів знаходить бронза. Порошкові бронзи можуть бути приготовані як прямим змішуванням міді з оловом у відповідному відношенні так і розпилюванням газами та рідинами високого тиску розплав [6]. Бронзи з вмістом олова до 12 % зазвичай після спікання мають міцність на розтяг до 100 МПа [7]. Важливою перевагою даних матеріалів є висока зносостійкість та стійкість до пливу агресивних середовищ, що робить їх практично не замінними в ряді конструкцій часових механізмів та деталей машин. Також перспективним є використання титану та його сплавів, в області машинобудування. Титан володіє високою питомою міцністю на рівні та вище сталей, високою корозійною стійкістю та може працювати у важко навантажених вузлах. Високі механічні властивості порошкових сплавів титану (межа міцності = 600–1000 МПа, відносне видовження 8–16 %) дозволили виготовляти шатуни автомобільних двигунів, що значно знижує масу силової установки та підвищує ефективність використання палива [8].

Порошкові матеріали на основі алюмінію досить рідко зустрічаються в практиці, оскільки для них притаманні проблеми в сфері спікання. За рахунок високої спорідненості до кисню алюміній погано піддається ущільненню традиційними методами, що суттєво знижує його потенціал в галузі порошкової металургії. Однак, використання спікання під тиском, гарячої штамповки, методів інтенсивної пластичної деформації тощо, можливо досягнути значного успіху з точки зору отримання виробів з алюмінію [9].

В таблиці 1.1 наведено механічні властивості промислових сплавів на основі кольорових металів та сплавів титану, алюмінію та міді.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.1 – Механічні властивості конструкційних сплавів з кольорових металів

Матеріал	Механічні властивості			Сфери використання
	σ_b , МПа	δ , %	KCU , МДж/м ²	
АлПМг6Г4-4	500	5	0,08	Деталі для хімічного та харчового машинобудування, деталі приладів суднобудування, гайки, втулки, гвинти, фільтри, підшипники.
АлПМг6-4	300	15	0,15	
БрПО-4	300	15	0,15	
ЛП80-4	200	25	0,50	
ТПАл4-4	650	8	0,15	
ТП-4	500	20	0,50	Компресорні диски, шестерні, трубчасті фільтри, шатуни, лопатки турбін.
ТГШ6М2-4	900–1000	16–18	0,30	

Важливим недоліком для даної групи матеріалів є відносно висока вартість, та низька питома міцність (окрім титану). Існують також проблеми щодо регуляції механічних властивостей додатковими методами обробки. Відомо, що кольорові метали можуть піддаватись виключно операціям старіння, які хоч і збільшують міцність та твердість, та все ще зберігають досить низькі властивості, особливо для середньо та високонавантажених вузлів.

Порошкові конструкційні матеріали на основі заліза. Залізо та його сплави як в порошковому так і в компактному стані лишаються на сьогодні один з провідних матеріалів за розповсюдженістю та гнучкість в технології отримання виробів [11]. В чистому вигляді залізо є досить не цікавим матеріалом, тому воно піддається легуванню вуглецем з отриманням сталей. Подальша регуляція властивостей передбачає введення різноманітних легувальних елементів (кремнію, марганцю, нікелю, хрому, молібдену, титану, бору тощо) [12] та подальшої термічної чи хіміко-термічної обробки. Широкі технологічні можливості дозволяють в значних межах регулювати властивості

отриманих матеріалів, а відповідно і сферу їх застосування. Варто також відзначити, що в практиці порошкової металургії на сьогодні використовують 3 ключі групи шихт сталей, а саме: попередньо леговані сталі (отримані розпилюванням), дифузійно леговані сталі (змішування компонентів та відпал для припікання частинок між собою) та порошкові суміші (пряме змішування в змішувачах різної конструкції) [13]. Механічні властивості порошкових сталей значною мірою залежать від пористості (рис. 1.1). Зі зниженням пористості міцність не лінійно збільшується. Залежно від умов роботи пористість може бути на рівні 20 % так і на рівні 5 % та менше [14].

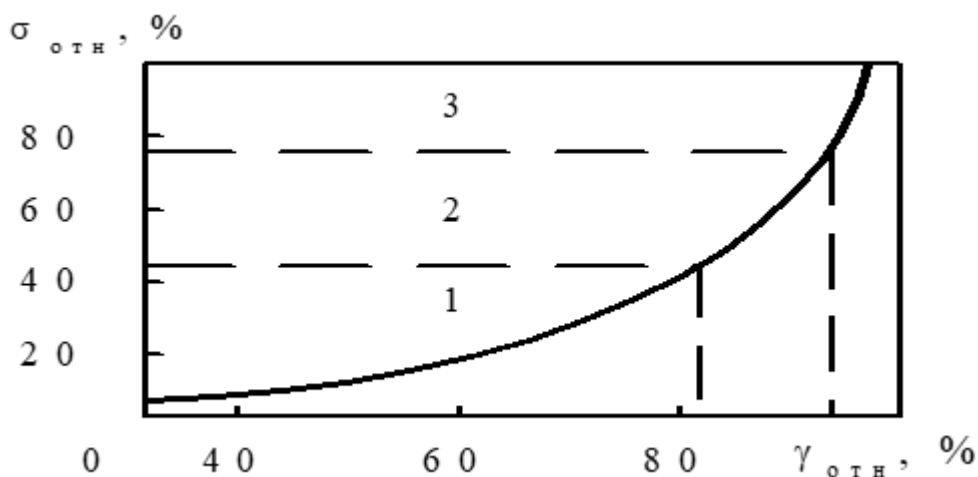


Рисунок 1.1 – Зміна міцності порошкових сталей залежно від щільності [15]

Порошкові сталі значно відрізняються від своїх компактних аналогів, особливо це стосується легування. Для порошкових сталей характерне введення як основної легувальної добавки міді до 6 мас. %. Відомо, що введення міді до заліза активує процеси гетеродифузії, які спричиняють прояви ефектів Френкеля [16]. Однак, мідь дозволяє не лише зміцнити сталь за рахунок утворення твердого розчину, але й регулювати усадку. За рахунок оптимального підбору хімічного складу сталі, можливо досягнути відсутності зміни геомет-

ричних розмірів після спікання [17]. Міцність сталей Fe–Cu–C залежно від вмісту графіту коливаються від 300 МПа до 500 МПа [18]. Важливим легувальними елементами для порошкових сталей є добавка до 2 мас. % нікелю та до 1 % молібдену. Введення Mo/Ni підвищує механічні властивості сталей, за рахунок утворення твердого розчину. Також суттєво збільшуються корозійна стійкість, ударна в'язкість та стійкість до повузучості. Саме тому один з найпоширеніших складів для порошкових сталей є сталі типу: Fe–1,5Ni–0,5Mo–C [19]. Такі сталі використовуються для виготовлення більшості конструктивних елементів. Важливою перевагою вказаних сталей є можливість проведення термічної та хіміко-термічної обробки. Сталі після спікання за 1150 °C протягом 30 хв в середовищі 10H₂/90N₂ та подальшій цементації мають мікротвердість від 800 HV_{0,1} до 600 HV_{0,1}, міцність на розтяг складає 900–1100 МПа [20]. Відмітимо також те, що для порошкових сталей, які ущільнюються пресуванням не притаманне використання лігатур кремнію та марганцю. За рахунок високої жорсткості порошку, процеси ущільнення подавляються, та не дозволяють отримати високі властивості. Більшого поширення такі сталі набувають для методів інжекційного литва порошків.

Важливим недоліком використання даних сталей, є необхідність проведення додаткових операцій для підвищення високих механічних властивостей. Більш перспективним є використання сталей попередньо легованих особливо молібденом та хромом, які можуть піддаватись локальному загартуванню в печах обладнаних спеціальним блоком швидкого охолодження. Перевагою даних сталей є також використання економної кількості легувальних елементів, що робить дану групу матеріалів більш економічно вигідними. В міжнародній класифікації зазвичай вказані сталі позначають сталями типу Astaloy. В таблиці 1.2 наведено хімічний склад деяких сталей з добавками хрому, молібдену.

Отримання порошків методами розпилювання водою дозволяє ввести хром в менш активному стані в сталь, ніж під час використання порошків хрому чи феросплаву. Це значно знижує чутливість порошку до окиснення та підвищує його технологічність.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.2 – Попередньо леговані сталі Astaloy [17]

Марка матеріалу	Хімічний склад, мас. %						
	Fe	Mo	Cr	O	C	Ni	Mn
Astaloy 85 Mo	Бал.	0,85	-	0,07	< 0,01	-	-
Astaloy Mo		1,5	-	0,07		-	-
Astaloy A		0,55		0,11		1,9	0,2
Astaloy CrA			1,8	0,15		-	-
Astaloy CrM		0,5	3,0	0,15		-	-

Наявність хрому дозволяє підвищити всі механічні властивості сталей за рахунок контролю швидкості охолодження після спікання. Відповідно до роботи для сталі Astaloy CrA з добавками 2 % міді та 0,6 % графіту після швидкого охолодження зі швидкістю 2,5 °C/c формується переважно мартенситна структура (рис. 1.2). Твердість після обробки складає 345–358 HV10, міцність на розтяг 1025–1110 МПа та щільність 7,1 г/см³ [22]

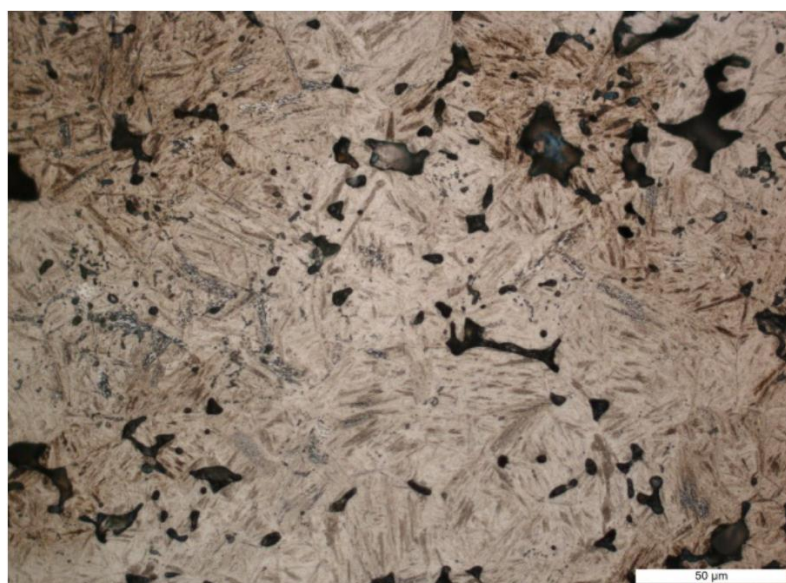


Рисунок 1.2 – Мікроструктура сталі Astaloy CrM після загартування [22]

Відповідно до поставлених завдань в роботі для виробництва елементів масляного насоса, необхідно забезпечити матеріал, який буде мати високу твердість, міцність, зносостійкість. Серед відомих сталей, під дані критерії підпадають попередньо леговані сталі Astaloy CrM. Сталь Astaloy CrM має міцність на розтяг 900–1050 МПа, твердість після загартування 35–40 HRC, модуль пружності 150 ГПа [23].

1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу

Конструкційні деталі які працюють в умовах середніх навантажень, відповідно до класифікації повинні мати залишкову пористість не більше 15 %. Отримання необхідної структури, щільності та кінцевих властивостей для даних умов роботи досягаються правильним підбором технологічних параметрів технологічного процесу. За рахунок відносно не високої щільності можливо проводити отримання без використання імпульсних методів формування. Проте висока твердість яка необхідна для підтримання високого рівня зносостійкості вимагає проведення додаткових операцій термічної обробки. В основі технологічних схем отримання лежать виключно різні методи формування пресовок. Остаточне спікання проводиться за однакових режимів та середовищ [24].

1.2.1 Технологія холодного ізостатичного пресування

В основі методу отримання порошкових деталей за технологією ізостатичного пресування полягає в обтисненні порції порошку в еластичній оболонці, за звичай каучуковій чи латексній. Зусилля передається до стінок оболонки від робочої рідини на яку механічним чином чи за рахунок нагнітання повітря прикладається основне навантаження. Важливою перевагою такого способу формування деталей є висока рівномірність розподілу щільності по ви-

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

сокі пресовки, що є дуже важливим для деталей зі складним контуром обробки, таких як шестерні. Загальна технологічна схема виготовлення деталей ізостатичним пресування наведено на рисунку 1.3 [25].



Рисунок 1.3 – Отримання виробів методом холодного ізостатичного пресування

Оскільки порошки заліза в стані поставки мають дуже низький вміст графіту (з метою його точно регуляції в бажаному сплаві) то необхідно забезпечити введення заданої кількості графіту для отримання сталі. Змішування передбачається в змішувачах будь якої конструкції протягом 1 години з метою рівномірного розподілу елементів шихти та їх гомогенізації по об’єму [26]. Ущільнення заготовки піддають спiкання в печах різних типів, зазвичай прохідного типу для збереження високої продуктивності виробництва. В основі

робочого газового середовища обирають такі поєднання, для поєднання як відновних так й інертних властивостей з метою регулювання вуглецевого потенціалу, та відсутності знеуглецювання сталей [27].

Недоліком даного методу є низька продуктивність, що навіть за умов використання методу сухого чохла не дозволяє забезпечити належного виходу готової продукції.

1.2.2 Гаряче об'ємне штампування

Метод гарячого штампування зазвичай використовується для формування високощільних порошкових виробів конструкційного призначення. За рахунок регулювання зусилля пресування чи ходу повзуна на механічних пресах можливо регулювати зміну щільності та властивостей [2].

Виготовлення деталей проводять в переважно закритих штампах з високим класом допуску та чистоти поверхні. Спікання може бути проведено як спресованих деталей, так і вільно засипаного порошку. Вільна засипка потребує наявності гільзи сталюї в яку буде засипатись порошок. Під гаряче штампування порошки формують на гідравлічних, гідродинамічних чи кривошипних пресах, зазвичай за відносно не високих тисків. Загальна технологічна схема наведена на рисунку 1.4.

На даному етапі ключовим є формування каркасу металу за забезпечити закриття порових каналів для уникнення дифузії кисню в об'єму деталі під час штампування. Оптимально з точки зору отримання пресовок під штампування є щільність близько 75 %. Спікання під гаряче штампування проводять за температур 1150–1200 °С, протягом 30 хв. Зазвичай нагрів проводять в середовищі інертних газів [28].

Ущільнення проводять шляхом виведення з температурного поля печі деталей та розміщення їх в штамп. Тиск пресування під час ущільнення заготовок зі сталі складає 550–850 МПа. Важливою перевагою отриманої таким

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

чином деталі є дрібнодисперсна структура зерен, та наявність текстури деформації, що значно підвищує механічні властивості отриманих матеріалів. До недоліків даного підходу також варто віднести низька технологічність та висока вартість процесу отримання виробів. Гаряче штампування може бути використане в галузях де отримати оптимальні властивості іншими методами не можливо [22].

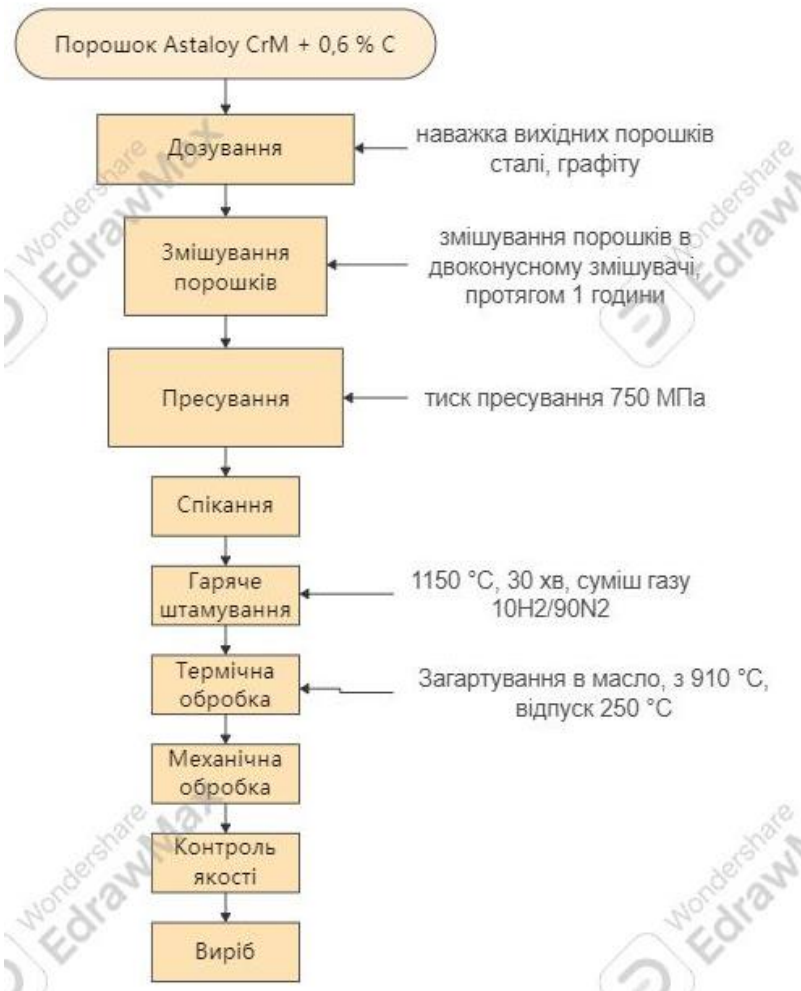


Рисунок 1.4 – Отримання виробів методом гарячого штампування

1.2.3 Технологія пресування та спікання

Найбільш відомим та поширеним технологічним підходом щодо отримання конструкційних деталей є традиційні методи пресування в закритих

					ФНО1.0102.1103.003.0173	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

прес формах та спікання. Важливою перевагою даного методу є висока продуктивність та технологічність процесу отримання. Безперечно отримання деталі типу шестерня вимагає виготовлення складного інструменту, для забезпечення складного контуру. Проте, сучасні технології дозволяють обробити матеріал до стану працездатності протягом 100–400 тис ходів пресу [20]. Під час ущільнення порошків холодним одновісним пресуванням в порошкову шихту варто додавати не лише графіт як легувальну добавку, але й елементи які значно знижують тертя об стінки матриці для рівномірного розподілу щільності. Найбільш поширеним є добавки стеарату цинку чи літію до 1 %. Тиск пресування для отримання щільності 6,95–7,1 г/см³ має досягати 750–850 МПа [29]. Спікання проводять зазвичай в інертному середовищі азоту чи аргону. Технологічна схема наведена на рисунку 1.5.

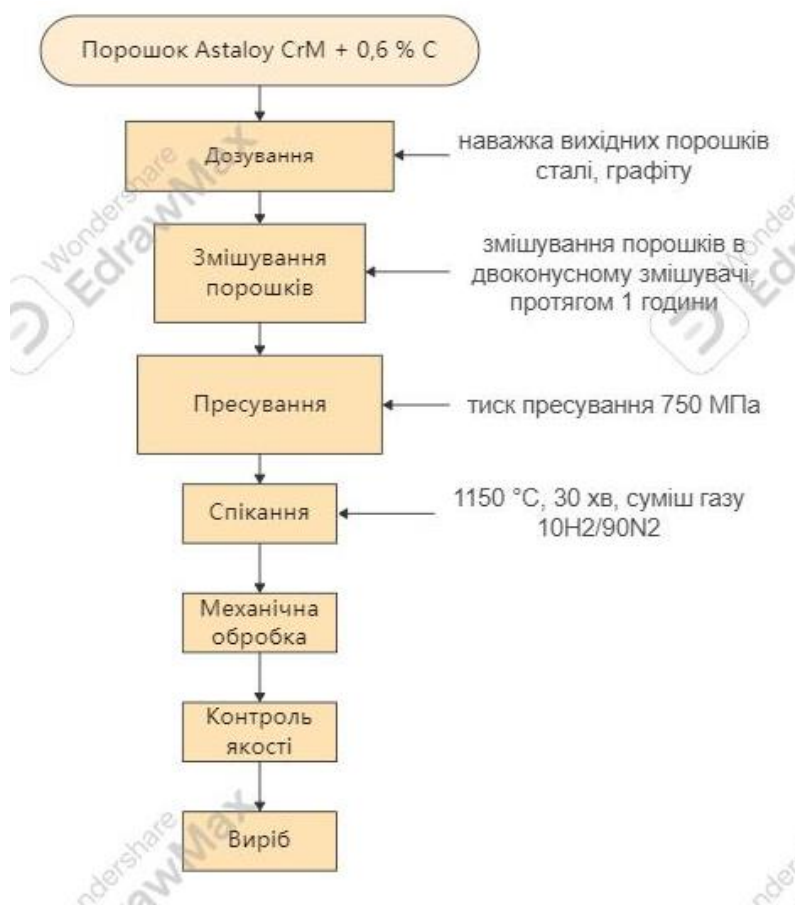


Рисунок 1.5 – Технологічна схема отримання виробів пресування та спіканням

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.3 Висновки та задачі проєктування

Виходячи як з техніко-економічних так і експлуатаційних показників, найбільш оптимальною схемою отримання деталі шестерня для масляного насосу є застосування технології пресування та спікання. Загальна технологічна схема процесу наведено на рисунку 1.5.

1.4 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї

Асортимент виробництва на ділянці яка проєктується складається з шестерні масляного насосу (рис. 1.6). Передбачається виготовлення шестерні висотою 28 мм, з діаметром впадин 27 мм, та діаметром вершин зубів 39 мм.

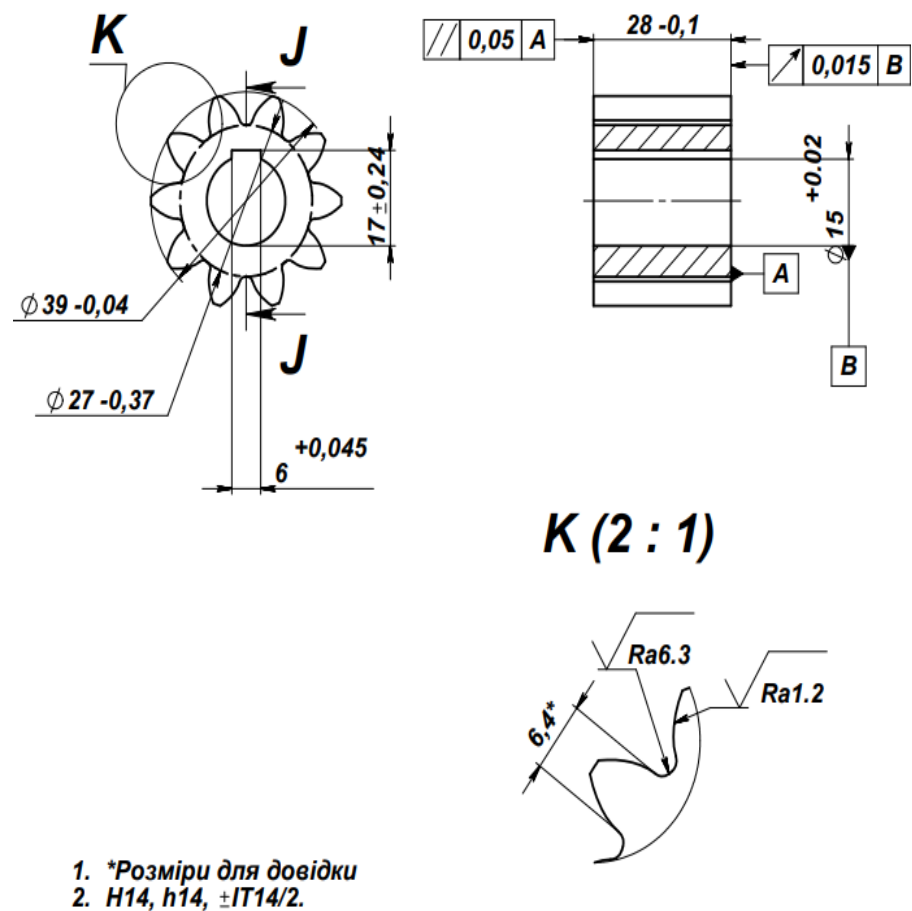


Рисунок 1.6 – Деталь шестерня масляного насосу

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Шестерня для насоса – це механічна деталь, що передає обертовий рух і силу від одного вала до іншого в насосному механізмі. Вона зазвичай складається з циліндричного корпусу з рівномірно розташованими зубцями по периметру. Шестерні можуть бути виготовлені з різних матеріалів, але в даному випадку використовується сталь Astaloy CrM + 0,6 % С завдяки її високим фізико-механічним властивостям. Цей вибір обумовлений тим, що характеристики даного порошку найбільше відповідають висуваним вимогам щодо механічних властивостей та економічної доцільності виробництва.

1.5 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї

Однією з ключових умов розвитку стійкого промислового виробництва є здатність використовувати економічні та доступні сировинні матеріали, які надходять у великих обсягах. Для створення конструкційних деталей, які працюють при помірних навантаженнях, було обрано вихідний матеріал – сталевий порошок Astaloy CrM з добавками 0,6 % С. Технічні умови та характеристики наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні умови на вихідну сировину

Найменування	Характеристика	Державний стандарт або технічні умови
Astaloy CrM	$\gamma_n = 2,8 \text{ г/см}^3$ Вміст Cr – 3 %; Мо – 0,5 % ; О < 0,15 %	https://www.hoganas.com/en/powder-technologies/products/astaloy/astaloy-crm/ [30]
Стеарат цинку	Точка плавлення 120 °С, вільна кислота < 0.8 %	ТУ У 24.6-20257936-025-2002
Порошок графіту ГК0	Вміст золи не більше 1 %, Волога не більше 0,5 %	ГОСТ 4404-78 [31]
Водень + азот	Вміст водню не менше 10 %, а вміст азоту 90 %	ДСТУ ІСО 14175:2004 [32]

1.6 Опис технологічних операцій

1.6.1 Дозування порошку

У вихідному стані порошки як правило поставляються в транспортувальній тарі вагою 1 т. Для подальшого технічного використання і підготовки шихти, необхідно забезпечити належну кількість кожного з елементів. Дану операцію проводять шляхом дозування ваговим або об'ємним методом. Зважування компонентів проводяться на вагах різної конструкції. У дільниці, що проєктується передбачається використання шихти на основі сталі Asaloy CrM з добавками 0,6 % графіту. Як тверде мастило для зниження внутрішнього тертя також було введено 0,8 % стеарату цинку [29].

1.6.2 Змішування порошку

Під час отримання виробів з порошкових матеріалів, важливо забезпечити високу гомогенізацію вихідних компонентів по об'єму шихти для уникнення неоднорідності мікроструктури та кінцевих властивостей. Забезпечення високої рівномірності розподілу вихідних компонентів забезпечується під час використання змішувачів зі складною траєкторією руху матеріалу. В практиці порошкової металургії зустрічаються змішувачі, які працюють шляхом обертання (двоконтурні, V, Y-подібні змішувачі), змішувачі які мають зміщені осі (типу п'яна бочка) та змішувач лопастного чи шнекового типу. Останні є найбільш ефективні з точки зору регулювання насипної щільності та забезпечення максимальної рівномірності розподілу. На етапі змішування для уникнення сегрегації порошкової шихти особливо з високим вмістом графіту вводять бензин чи дизельне паливо, яке на етапі спікання легко видаляється не залишаючи сліду в структурі [26].

					ФНО1.0102.1103.003.0173	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6.3 Пресування

Одним з найважливіших етапів отримання порошкових матеріалів є пресування. Формування в межах ділянки проводиться методами одночасного пресування в закритих прес формах за тисків близько 800 МПа. Вибраний тиск пресування зумовлений необхідністю отримання щільності сталі на рівні $7,0 \text{ г/см}^3$. В основі процесу пресування лежить пластична деформація порошкового тіла під дією зовнішніх зусиль. На початковому етапі пресування протікають процеси переміщення частинок по об'єму з руйнуванням утворених арок та містків. Даний механізм корисний під час отримання високо пористих матеріалів на основі металів та сплавів. В подальшому на контактних ділянках відбувається накопичення напружень та формування металевих контактів під дією деформації [29]. На вказаному етапі пресування виріб отримує вже досить високу технологічну міцність, яка дозволяє вільно переміщувати деталі. За підвищення тиску відбувається обтиснення без пористого тіла. Варто зазначити, що течі порошкового тіла не дозволяє отримати на етапі пресування абсолютно без пористий виріб, не зважаючи на прикладений тиск. Це відбувається за рахунок не рівномірності переміщення частинок порошків під дією тиску, формуванню закритої пористості заповненої газом тощо. Газодинамічний тиск, який виникає в протилежний бік від векторів прикладання зусиль не дозволяє проникнути матеріалу в середину заліковуючи порожнини [34].

1.6.4 Спінання зі швидким охолодженням

Кінцеві властивості для порошкових тіл отримують на етапі спінання. Зазвичай процес спінання проводять за температур $0,6-0,8T_{пл}$ проте можуть виникати й виключення. Для сталей основною технологічною температурою спінання є $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ та час витримки від 30 хв до 60 хв. Обрана температура спінання притаманна для більшості технологічних процесів в порошковій металургії заліза та сталей. Високотемпературне спінання $1200-1250 \text{ }^\circ\text{C}$

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

використовують для отримання спеціальних властивостей, підвищеної щільності та міцності. За даних умов спікання щільність залежно від вихідного стану може збільшуватись до $7,2 - 7,3 \text{ г/см}^3$. Важливою вимогою для даного типу спікання є печі періодичної чи колпакового типу [35], оскільки печі з конвеєрним подом не можуть забезпечити вказаних температурних режимів. Процес ущільнення порошку має термічно активовану природу, як умов реалізації які проходять як процеси ущільнення, усадки так і процеси сплавоутворення. В сталях основним етапом сплавоутворення є взаємодія заліза з частинками графіту. Як вже було зазначено для сталей легованих хромом можливо проводити термічну обробку одразу після спікання шляхом швидкого охолодження. Блок швидкого охолодження (рис. 1.7) як правило знаходиться одразу за високотемпературною зоною спікання. В основі охолодження лежить продувка деталей високо охолодженим газом (азотом). Середня швидкість охолодження від $1,5 \text{ }^\circ\text{C/с}$ до $3,5 \text{ }^\circ\text{C/с}$. За такої обробки сталь перетворюється в структуру мартенситу, бейніту чи трооститу [36].

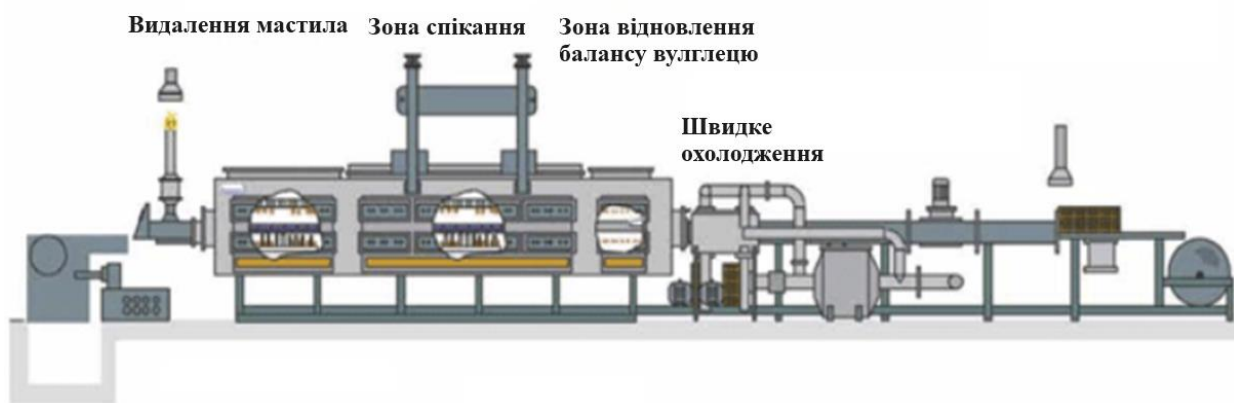


Рисунок 1.7 – Схема процесу спікання на прохідній печі [35]

Наявність в структурі сталі мартенситу значно підвищує її зносостійкість, механічну міцність, твердість. В межах дільниці по виробництву шестерень масляного насосу процес спікання проводили за температури $1150 \text{ }^\circ\text{C}$,

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

витримкою 40 хв, в середовищі газової суміші 10H₂/90N₂. Для підвищення кінцевих властивостей після спікання деталі охолоджували протоком азоту зі швидкістю 2,5 °C/с.

1.6.5 Калібрування

Процес калібрування розмірів деталей зазвичай проводять на виробках типу «втулка» для ліквідації еліпсності та підвищення класу допусків поверхонь. Під час виготовлення шестерень варто врахувати високі вимоги до чистоти поверхні робочої кромки. Тому для досягнення допустимої чистоти поверхні без використання профільної шліфовки застосовують калібрування шляхом протяжки через твердосплавну матрицю. Процес може проходити як в ручному так і в автоматичному режимі [34].

1.6.6 Механічна обробка

Важливим також є параметр паралельності та площинності поверхонь виробу. Після спікання паралельність виробів складає на рівні 0,1. Проте для більшості пар які працюють у зв'язці необхідно забезпечити високу якість контакту для передачі обертового руху від дочірніх маховиків на вал. Тому необхідним є проведення плоскої шліфовки поверхонь шестерні.

1.6.7 Технологічний контроль і контроль якості продукції

Для будь-якої компанії важливо мати відділ технічного контролю (ВТК), який відповідає за якість продукції (і сировини) на всіх етапах виробництва і робить висновки про її придатність; після того, як компоненти (або сировина) пройшли перевірку фахівцями ВТК, вони рухаються далі.

Метою технічного контролю є забезпечення відповідності якості сировини, готової продукції та основних напівфабрикатів технічним умовам або національним стандартам. Основним завданням цього контролю є запобігання

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходу бракованої продукції та своєчасне усунення причин виникнення дефектів. Зовнішній вигляд заготовок (виявлення раковин, відколів, тріщин тощо) візуально перевіряється перед спіканням. Розміри заготовки перевіряють після операцій пресування і калібрування, використовуючи калібри і вимірювальні інструменти, що відповідають квалітетам, зазначеним у кресленнях. Контроль щільності заготовки відбувається після пресування і спікання, а контроль твердості є наступною найважливішою операцією. Контроль хімічного складу аналізується після відбору зразків стружки з заготовки. Завершальним етапом є мікроструктурний аналіз, який проводиться на протравленому абразивному матеріалі за допомогою металографічного мікроскопа.

1.7 Розрахунок і складання матеріального балансу

1.7.1 Розрахунок і складання балансу матеріалів

Матеріальний баланс є основним вхідним параметром для розрахунку потреби в матеріалах, кількості технічних установок і визначення техніко-економічних показників проектного виробництва. Для складання матеріального балансу для окремих робочих місць і технологічного процесу в цілому важлива продуктивність установки, зазначена в проекті.

Розрахунки проводяться відносно добової продуктивності, а для її визначення необхідно розрахувати річний фонд часу роботи обладнання. Для цього необхідно розрахувати річну кількість днів для планово-попереджувальних ремонтів, протягом яких обладнання не задіяне в технологічному процесі (табл. 1.4). Зазвичай для виробничих ліній, де все обладнання ремонтується одночасно, такі дні визначаються часом ремонту найскладнішої категорії обладнання, а в разі безперервного ремонту - загальним часом простою агрегату в ремонті. Поточні ремонти та огляди, як правило, проводяться в неробочий час лінії. Кількість днів, необхідних для ремонту неавтоматизованого ви-

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

робничого обладнання, визначається на основі планової програми профілактичного обслуговування, що базується на стандартних заводських даних і досвіді експлуатації.

Таблиця 1.4 – Баланс часу роботи цеху

Елементи балансу	Кількість днів
Календарна кількість днів	365
Час на планово-попередній ремонт	3
Загальнонаціональні свята	9
Вихідні дні	98
Неробочі дні	115
Робочі дні цеху	250

Для визначення загального часу безвідмовної роботи обладнання від кількості календарних днів у році (365 днів) віднімають кількість днів, необхідних для планово-попереджувального ремонту, і кількість днів, коли завод не працює. У великосерійному виробництві, особливо в порошковому і агломераційному секторах, економічно вигідно працювати сім днів на тиждень і закриватися на державні свята. Це економічно вигідно. Тому річна кількість робочих днів у таких галузях визначається як різниця між річною кількістю календарних днів і кількістю днів, необхідних для планового технічного обслуговування (табл. 1.5).

Для визначення витрат матеріалів знадобляться такі дані:

Річний випуск продукції цеху (g, шт/рік) складає – 100 000 шт/міс ;

– питома густина – $\rho = 7,0 \text{ г/см}^3$;

– площа пресування – $6,58 \text{ см}^2$;

– маса деталі: 0,12 кг;

– діаметр зубця – 6,4 мм;

– зовнішній радіус шестерні – $R = 27 \text{ мм}$;

– внутрішній радіус шестерні – $r = 15 \text{ мм}$;

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

– висота шестерні– $h = 28$ мм.

Таблиця 1.5 – Графік планово-попереджувального ремонту обладнання

Обладнання	1 квартал		2 квартал			3 квартал			4 квартал			Усього	
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
Піч					$\frac{15}{2}O$								2
Шліфувальний станок								$\frac{21}{4}C$					4
Піч	$\frac{29}{4}O$										$\frac{1-3}{20}K$		24
Прес						$\frac{20}{10}C$					$\frac{1-3}{30}K$		40
Усього												70 год	

Визначимо кількість робочих днів цеху на рік, виходячи з його добової продуктивності за готовою продукцією:

$$A = \frac{k}{n} = \frac{100\,000 \times 12 \times 0,12}{250} = 576 \text{ кг}$$

$$N = \frac{A}{G} = \frac{576}{0,12} = 4800 \text{ шт}$$



Рисунок 1.8 – Витрати на операціях з виготовлення середньо навантажених конструкційних деталей на основі заліза

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення виходу придатного проводимо такі розрахунки. Визначимо прямий поопераційний витяг на кожній операції:

$$\eta_1 = 100 - (a + b) = 100 - (0 + 0,4 + 0,2) = 99,4 \%$$

$$\eta_2 = 100 - (0 + 0,15) = 99,85 \%$$

$$\eta_3 = 100 - (0 + 0,11) = 99,89 \%$$

$$\eta_4 = 100 - (0 + 1,2) = 98,8 \%$$

$$\eta_5 = 100 - (0 + 0,5) = 99,5 \%$$

Визначимо загальний витяг на кожній з операцій відносно матеріалу:

$$\varphi_1 = \eta_1 = 99,4$$

$$\varphi_2 = \frac{99,85 * 99,4}{100} = 99,2509$$

$$\varphi_3 = \frac{99,89 * 99,2509}{100} = 99,1417$$

$$\varphi_4 = \frac{98,8 * 99,2509}{100} = 97,952$$

$$\varphi_5 = \frac{99,5 * 97,952}{100} = 97,4623$$

Визначаємо кількість сировини, яка має надійти на початок процесу:

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} = \frac{576}{97,4623} = 591,0033 \text{ кг}$$

Визначаємо витрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції:

$$\alpha_1 = \frac{\text{Зворотні } 0,6 * 99,4}{100} = 0,5964$$

$$\alpha_2 = 0$$

$$\alpha_3 = 0$$

$$\alpha_4 = 0$$

$$\alpha_5 = 0$$

Незворотні

$$\beta_1 = b_1 = 0$$

$$\beta_2 = \frac{0,15 * 99,4}{100} = 0,1491$$

$$\beta_3 = \frac{0,11 * 99,85}{100} = 0,1098$$

$$\beta_4 = \frac{1,2 * 99,89}{100} = 1,1986$$

$$\beta_5 = \frac{0,5 * 98,8}{100} = 0,494$$

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Визначаємо абсолютні витрати у грамах:

Зворотні		$q_1^b = a_1 = 0$
$q_1^a = \frac{591,0 * 0,596}{100} = 65,207$		$q_2^b = \frac{591,0 * 0,15}{100} = 16,6017$
$q_2^a = 0$		$q_3^b = \frac{591,0 * 0,795}{100} = 12,0087$
$q_3^a = 0$		$q_4^b = \frac{591,0 * 0,496}{100} = 131,057$
$q_4^a = 0$		$q_5^b = \frac{591,0 * 0,199}{100} = 54,0113$
$q_5^a = 0$		

1. Обчислимо суму зворотних втрат і визначаємо суму матеріалу, яка має надходити кожен день на початок процесу (B):

$$B = 591,0 - 3,54 = 587,45 \text{ кг}$$

2. Визначаємо масу матеріалу, що надходить на кожну операцію і виходить з неї.

На першу операцію:

- надходить: 587,45 кг;
- виходить: $587,45 - 0 = 587,45$ кг;

На другу операцію:

- надходить: 587,45 кг;
- виходить: $587,45 - 0,886 = 586,563$ кг;

На третю операцію:

- надходить: 586,563 кг;
- виходить: $586,563 - 0,6452 = 585,918$ кг;

На четверту операцію:

- надходить: 585,918 кг;

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

– виходить: $585,918 - 7,084 = 578,83$ кг;

На п'яту операцію:

– надходить: 578,33 кг;

– виходить: $578,33 - 2,919 = 576,0$ кг;

Одержані результати розрахунків використовуємо для розрахунку балансу матеріалів і представляємо у таблиці 1.6 – 1.7.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таблиця 1.6 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні втрати, %			Прям е по операційне вилучення, %	Загальне вилучення, %	Втрати по відношенню до введеного матеріалу, %		Абсолютні втрати, кг		Кількість матеріалу, яка надходить на операцію, кг			Кількість матеріалу, яка виходить з операції, кг
	Зворотні	Незворотні	Загальні			Зворотні	Незворотні	Зворотні	Незворотні	із попередньої операції	зворотні втрати	Всього	
Дозування	0	0	0	100	100	0	0	0	0	587,45	0	587,45	587,45
Змішування	0,6	0,15	0,75	99,25	99,25	0,6	0,15	0	0,886	587,45	0	587,45	586,56
Спікання	0	0,11	0,11	99,89	99,14	0	0,109	0	0,645	586,56	0	586,56	585,91
Калібрування	0	1,2	1,2	98,8	97,95	0	1,198	0	7,084	585,91	0	585,91	578,83
Шліфування	0	0,5	0,5	99,5	97,46	0	0,494	0	2,919	578,83	0	578,83	575,91

ФНОД1.0102.1103.003.0173

Таблиця 1.7 – Баланс матеріалів

Операція	Порошок Astaloy CrM	Порошок графіту	Стеарат цинку	Усього, кг
Дозування	505,207	35,247	46,996	587,45000
Змішування	-			586,56350
Пресування	-			585,91827
Спікання	-			578,83403
Гартування	-			575,91447
Шліфування				587,45000

1.8 Вибір та розрахунок кількості обладнання

1.8.1 Обладнання для дозування

Виходячи з кількості матеріалу який планується використати на протязі робочого дня, обираємо ручне зважування готового порошку сталі з графітом та стеаратом цинку на вагах Стандарт:

- максимальна вага зважування: 1500 кг;
- габаритні розміри (Д/Ш/В): 1500/1500/110 мм;
- вартість: 3500 грн.

Ваги механічні торгові РН-6Ц13У (рис. 1.9) зважують без застосування гир від 40 г до 6 кг. Виходячи з технічних характеристик вагів та досвіду роботи, на зважування порошку вагою до 6 кг потрібно не більше 2 хвилин, відтоді продуктивність ручного зважування на вагах становить:

$$P = m \times T/t = 6 \times 60 / 2 = 180 \text{ кг/год};$$

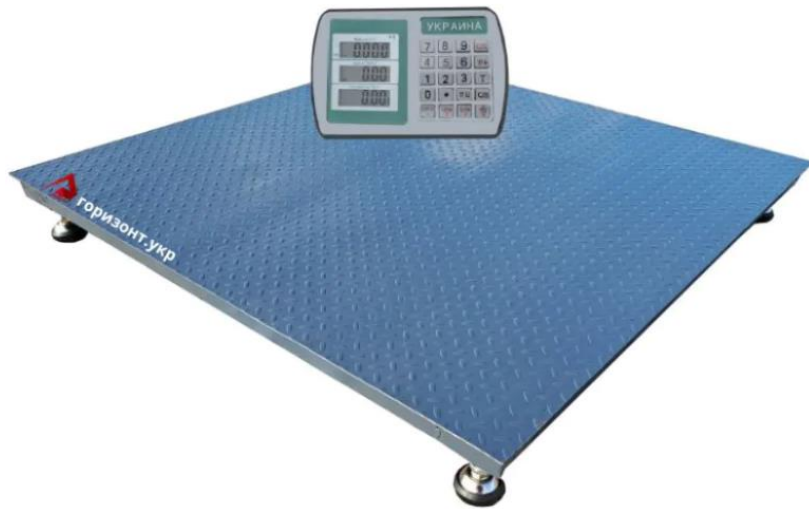


Рисунок 1.9 – Ваги механічні торгові РН-6Ц13У

1.8.2 Обладнання для змішування

Для отримання суміші порошоків заліза легованого хромом із графітом та стеаратом цинку рівномірно розподілених по об'єму оптимальним є використання змішувача лопастного типу SHJ-200. Характеристики якого наступні:

- об'єм камери завантаження: 10 м³;
- частота обертів: 50 об/хв;
- потужність 15 кВт;
- продуктивність: 3000 кг/год;
- габарити, мм: 3050/5810.

Щільність пресовки з суміші порошоків складає близько 7,0 – 7,1 г/см³.

Насипна щільність порошку становить = 2800 кг/м³

Продуктивність змішувача:

$$P_{зм} = \frac{V\varphi\gamma_{нас}}{t} = \frac{2 * 0,4 * 2800}{1} = 2240 \text{ кг/год}$$

$$N = \frac{G_1}{\rho_m * \tau_m} = \frac{586,56}{2240 * 1} = 0,26$$

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 1.10 – Змішувач SHJ-200

Приймаємо 1 змішувач з коефіцієнтом завантаження $K_3=0,26$

1.8.3 Обладнання для пресування / калібрування

Для пресування порошків сталей зазвичай використовують гідравлічні чи механічні преса. В основі вибору пресу для пресування деталей є необхідне зусилля пресування, яке необхідне для отримання заданої щільності. Площа пресування залежить від геометричних параметрів виробів, наявності переходів по висоті, отворів тощо. Необхідне зусилля пресування розраховується за формулою:

$$P_{\text{ПР}} = p_{\text{ПР}} * S_{\text{ПР}} * 1,25;$$

Площа пресування – $6,58 \text{ см}^2$. Необхідне зусилля пресування виходячи тиску пресування для сталей $800 \text{ МПа} = 80 \text{ кН/см}^2$.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$P_{\text{ПР}} = 80 \cdot 6,58 \cdot 1,25 = 658 \text{ кН}$$

Відповідно до отриманих даних зусилля пресування, підбираємо прес. Для проєтувальної ділянки обрано прес марки EP70 (рис. 1.11) з наступними характеристиками:

- зусилля пресування – 700 кН;
- висота робочого ходу стрижня та пуансонів – 150 мм;
- контроль тиску в межах – 0.5 МПа;
- кількість відтисків за хв – 23.

Ділянка за добу ділянка виготовляє 29 297 шт шестерень для масляного насосу. Розрахунок кількості пресів для задоволення продуктивності складає:



Рисунок 1.11 – Автоматичний сервоприводний прес марки EP70 (Dorts)

$$N_{\text{ПР}} = N / (K_{\text{P}} \cdot 60 \cdot \tau),$$

де K_{P} – кількість ходів пресу за хвилину,

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

τ – час зміни, і отримуємо:

$$N_{\text{ГР}} = 4800 / (23 * 60 * 8) = 0,43$$

Приймаємо 1 прес з коефіцієнтом завантаження: 0,43

1.8.4 Обладнання для спікання

Для спікання беремо електрод опору для спікання антифрикційних та конструкційних виробів СРЗ – 4×30×3/12. Необхідну кількість печей для забезпечення технологічного процесу розраховуємо згідно формули:

$$n_{\text{п}} = \frac{G_{\text{п}}}{p_{\text{п}} \times \tau}$$

де $G_{\text{п}}$ – кількість матеріалу, що переробляється за добу, у нас 108 кг.

Тоді:

$$n_{\text{п}} = 578 / (20 \times 24) = 1,2$$

Після округлення отримали навантаженість печі – 1,2. Враховуючи операцію спікання, що працює з навантаженістю 0,39, можемо оптимізувати процес, використовуючи її повторно для цієї операції. У розрахунках виходимо з того, що кількість переробленого матеріалу за добу становить 125 кг, а час роботи печі - 12 годин.

Отже, за формулою $n_{\text{п}} = 125 / (66,56 \times 12)$, отримуємо значення 0,15. Таким чином, піч працює з навантаженістю 0,15 для двох операцій протягом 12 годин на день.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.0173</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8.5 Обладнання для шліфовки

Для проведення фінальної обробки поверхонь, та отримання низького відхилення від паралельності проводять обробку плоскою шліфовкою. Для даної операції обрано верстат FSG-2048ADIV. Параметри установки наведено в таблиці 1.8. Для обробки 100 000 шт деталей, необхідно 1 станки (з коефіцієнтом завантаження 0,4).

Таблиця 1.8 – Технічні параметри плоско-шліфувального станка FSG-2048ADIV

Опис	Параметри
Довжина шліфування	1200 мм
Ширина шліфування	500 мм
Відстань столу до осьової лінії колеса	730 мм
Максимальне навантаження на стіл	1 170 кг
Розмір столу	500 x 1,200 мм
Швидкість столу (змінна)	5-30 м/хв
Максимальний хід столу	1300 мм
Максимальний хід	560 мм
Швидкість подачі	0~2250 мм/хв
Максимальний хід	560 мм
Розмір верстата (Д/Ш/В)	4850 x 3040 x 2200 мм

Зведена кількість обладнання на ділянці цеху наведено в таблиці 1.9.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.0173</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 1.9 – Зведена відомість обладнання цеху

Операція	Обладнання	Продуктивність, кг/год	Коефіцієнт завантаження	Прийнята кількість обладнання	Встановлена потужність, кВт	Час роботи обладнання	Вартість, грн
Дозування	РН-6Ц13У	180	1	1	-	3	3500
Змішування	Змішувач SHJ-200	2240	0,26	1	15	3	400000
Пресування	Прес марки EP70 (Dorts)	282	0,43	1	22	12	2 200 000
Спікання	Електропіч опору CP3 4×30×3/12	166,56	0,51	2	85	24	6 325 000
Шліфування	Шліфувальний станок FSG-2048ADIV	282	0,75	1	27,5	282	935 000

2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

При проектуванні промислових об'єктів слід враховувати кліматичні умови, напрямок вітру, ландшафт і несучу здатність ґрунту. При проектуванні ділянок і цехів слід враховувати технічну схему і можливість перепланування в разі зміни технологічного процесу. Після аналізу проблем слід визначитись з плануванням цеху.

Підбір конструктивних елементів виробничої будівлі здійснюється відповідно до технологічного процесу, зазначеного в об'ємно-планувальному рішенні та проектному завданні. Рекомендується використовувати стандартизовані, типові конструкції та елементи. Підбір конструктивних елементів слід починати з колон. Вибір типу і розміру колон залежить від планування, прольоту, відстані між колонами, висоти будівлі і типу підйомно-транспортного обладнання.

Для стін промислових будівель широко використовується збірна панельна конструкція. Однак цегла може використовуватися в певних місцях, наприклад, навколо дверей і воріт. Для зовнішніх стін рекомендується використовувати бетонні навісні стіни.

Дахові вікна можуть бути окремими вікнами або стрічковою конструкцією. У промислових будівлях стрічкові прорізи рекомендуються тільки в тому випадку, якщо це виправдано техніко-економічними розрахунками через потенційні тепловтрати. У висотних будинках і будівлях з кранами вікна можна розташовувати в два або три шари. Щоб уникнути тепловтрат, краще віддавати перевагу незалежним вікнам.

Дахи в промислових будівлях можуть бути виконані з рулонної деревини або армованої скловолокнистої мастики. Зазвичай рекомендується чотиришаровий рулонний дах.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						42	2
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкавич Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Багамал Ю. І.</i>							

Водовідведення в багатопрілітних промислових будівлях зазвичай проектується внутрішнім, а жолоби розташовуються на відстані не менше 48 метрів один від одного в низьких місцях (водостоки). Водовідведення забезпечується з боку даху.

Двері та входи в промислових будівлях повинні відповідати наступним вимогам. Мінімальна ширина зовнішніх дверей становить 0,8 метра, а максимальна - 2,4 метра. Розміри дверей визначаються типом транспортного засобу. У приміщеннях з важким обладнанням рекомендується встановлювати двері шириною 2,4 метра, щоб забезпечити можливість переміщення обладнання під час монтажу.

Підлоги в промислових будівлях проектуються відповідно до їх призначення та впливу (механічного, рідинного (вода, кислота, луг) та теплового). Важливо також враховувати видалення пилу, іскроутворення та електропровідність. Бетонні, цементно-піщані та бітумно-бетонні підлоги підходять для приміщень з легкими механічними навантаженнями. Керамічні вироби, цегла, плитка і шлакосилікатні плити рекомендуються, якщо вони піддаються впливу рідин. На робочих місцях з великими навантаженнями можна використовувати сталеві листи або фібробетон.

На гарячих робочих місцях рекомендується використовувати термостійкий бетон або чавунні плити. Дерев'яні заглушки використовуються там, де предмети, які не повинні бути пошкоджені, наприклад, автомобільні деталі, можуть впасти на землю. На підприємствах точного машинобудування та приладобудування використовують полімербетонні підлоги, оскільки важливим є видалення пилу. Залежно від функціонального призначення об'єкта, підлоги виготовляють з жаростійкого бетону, фібробетону або залізобетону. Для забезпечення комфорту роботи та запобігання переохолодженню в холодну погоду рекомендується встановлювати дерев'яні сходи в робочій зоні.

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Під час серійного виробництва порошкових деталей, одним з найважливіших елементів виробництва є пресовий інструмент. Точність та якість якого забезпечує довго тривалість роботи та величину виходу готової продукції.

Для виготовлення прес інструменту зазвичай використовують спеціальні інструментальні сталі (ХВГ, Х12М, Х12МФ тощо), які після термічної обробки мають високу твердість, зносостійкість та високі показники роботи в полях знакозмінних навантажень. Окрім основного інструменту суттєву частину займає оснастка, яка змінюється в залежності від моделі пресу та конфігурації прес блоку. Оснастка виготовляється з вуглецевих інструментальних сталей 45 та У8. Основні марки сталей та вузли для яких вони використовуються наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Матеріали для виготовлення деталей прес-форм[18]

Деталі прес форм	Рекомендований матеріал	Твердість, HRC	Межа міцності на стиск, МПа	Межа міцності на розтяг, МПа
Матриці	9ХС, 5ХНМ, 5ХНТ, 7Х3, ХВГ	50 – 60	900	800
Пуансони	9ХС, 5ХНМ, 5ХНТ, 7Х3, 5ХНВ	50 – 55	1500	1200
Стрижень	Х12М, Х12Ф, 5ХНМ, 5ХНВ	52 – 56	2100	1800
Додаткові робочі частини	Ст. 40Х, Ст. 45, Ст. 40	40 – 45	600	550

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>		
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Білик І. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Руденький С. О.</i>				44	4
<i>Реценз.</i>					<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л. О.</i>			СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>					

Порядок розрахунку прес-форми виконується у наступному порядку:

- а) розрахувати розміри пресовки (коефіцієнт усадки в завданні, припуски на обробку не враховуємо);
- б) вибрати напрямок пресування деталі;
- в) розрахувати робочі розміри камери засипки;
- г) визначити розміри деталей прес-форми (матриці, стержня та пуансонів);
- д) привести графічне зображення загального виду прес-форми і деталювання по прикладу, який приведений нижче.

Вихідними даними для розрахунків розмірів прес-форми є наступні величини:

Діаметр зубця – 3,2 мм;

зовнішній радіус шестерні, D_2 – 27 мм;

внутрішній радіус шестерні, D_3 – 15 мм;

Діаметр від зубців, D_1 - 39 мм

висота шестерні , H_1 – 28 мм;

товщина виступу - 6 мм.

Розрахунок розмірів пресовки здійснювати відповідно до формул:

$$D_{п} = D_{н} \times K_{у},$$

$$H_{п} = H_{н} \times K_{у},$$

де $D_{п}$, $H_{п}$ – діаметр (висота) пресовки, мм;

$D_{н}$, $H_{н}$ – номінальний діаметр (висота) деталі, мм;

$K_{у}$ – коефіцієнт усадки.

- а) Розрахуємо розміри пресовки, не враховуючи припуски на обробку:

$$H_{прес.} = H_{спеч.} K_{у} = H_{спеч} K_{у} = 28 * 1,1 = 31\text{мм.}$$

$$D_{1прес.} = D_{1спеч.} K_{у} = D_{1спеч} K_{у} = 39 * 1,1 = 43\text{мм.}$$

					<i>ФНО1.0102.1103.003.0173</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$D_{2\text{прес.}} = D_{2\text{спеч.}} K_y = D_{2\text{прес}} K_y = 27 * 1,1 = 30\text{мм.}$$

$$D_{3\text{прес.}} = D_{3\text{спеч.}} K_y = D_{3\text{прес}} K_y = 15 * 1,1 = 16,5\text{мм.}$$

б) Вибираємо напрямок пресування: одностороннє пресування зверху-вниз.

в) Розраховуємо робочі розміри камери засипки.

Висота завантажуваної камери засипки, що відповідає висоті засипки становить:

$$H_k = H_{\text{спрес.}} K_{\text{об.}} = 31 * 2 = 62 \text{ мм.}$$

Робочий хід пуансона:

$$h_{\text{в.п.}} = H_k - H_{\text{спрес.}} = 62 - 31 = 31 \text{ мм.}$$

г) Визначаємо розміри деталей прес-форми.

Загальна висота матриці:

$$H_3 = H_k + h_{\text{зах.п.}} = 62 + 5 = 67 \text{ мм.}$$

Внутрішні діаметри матриці відповідно дорівнюють розрахованим діаметрам спеченої деталі. Зовнішній діаметр матриці зазвичай береться в 1,5–2 рази більшим, ніж діаметр найбільшого отвору. В нашому випадку приймемо зовнішній діаметр за 70 мм.

Верхній пуансон має забезпечити пресування деталі відповідних розмірів. Тобто його робоча частина = його робочому ходу з додатком. Робочий хід верхнього пуансона становить 1/3 від висоти матриці, що становить приблизно 25 мм. Неробоча частина повинна забезпечувати вилучання пуансонів після пресування, приймемо її з висотою 20 мм та діаметром 55 мм. Внутрішній діаметр робочої частини = $D_{3\text{спеч.}}$, зовнішній діаметр = $D_{1\text{спеч.}}$.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижній пуансон має забезпечити випресовку деталі, тому його висота дорівнює загальній висоті матриці і становить 67 мм. Внутрішній діаметр робочої частини = $D_{3\text{спеч.}}$, зовнішній діаметр = $D_{2\text{спеч.}}$. Зовнішній діаметр неробочої частини прийmemo за 60 мм.

Стрижень має діаметр $D_{3\text{спеч.}}$ та висоту 160 мм. Так, щоб кріпитися знизу до нижнього пуансона і досягати рівня матриці.

Тримач виконує функцію регулятора ходу нижнього пуансону, його висота дорівнює різниці висоти нижнього пуансону та його робочого ходу і становить 35 мм, діаметр відповідає зовнішньому діаметру пуансона – 39 мм.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виготовлення шестерні для насосу, яка працює в умовах середнього навантаження, на виробництві можуть трапитися нещасні випадки при роботі з обладнанням, тому потрібно забезпечити належні умови праці, які запобігатимуть ризику шкідливих факторів та здоров'ю працівників підприємства.

Під час проектування виробничих процесів надзвичайно важливо виявити потенційні джерела шкідливих факторів та провести їхню всебічну оцінку. На основі отриманих даних слід розробити і впровадити заходи для усунення або зменшення цих факторів до безпечного рівня, який відповідає нормативним вимогам. Це може включати, зокрема, встановлення систем вентиляції, витяжних установок, очищувальних фільтрів для повітря та інших технологічних засобів, спрямованих на зниження концентрації шкідливих речовин у зоні роботи персоналу. Додатково, слід передбачити систематичний моніторинг та технічне обслуговування встановленого обладнання для забезпечення його стабільної та ефективної роботи.

Головна мета полягає у зменшенні рівня небезпечних факторів, що виникають на виробничій ділянці. Це включає систематичні огляди та оцінку впливу робочих умов на здоров'я працівників, дотримання вимог щодо охорони праці та безпеки, а також проведення навчання та інструктажу з безпечних методів праці. Всі ці заходи спрямовані на створення здорового робочого середовища та підвищення продуктивності на виробництві.

Для успішного впровадження вищезгаданих заходів слід забезпечити наявність необхідних ресурсів та підтримки з боку керівництва. Це включає фінансування заходів з безпеки, закупівлю якісного захисного обладнання, а також створення культури безпеки на підприємстві. Співпраця з профспілками

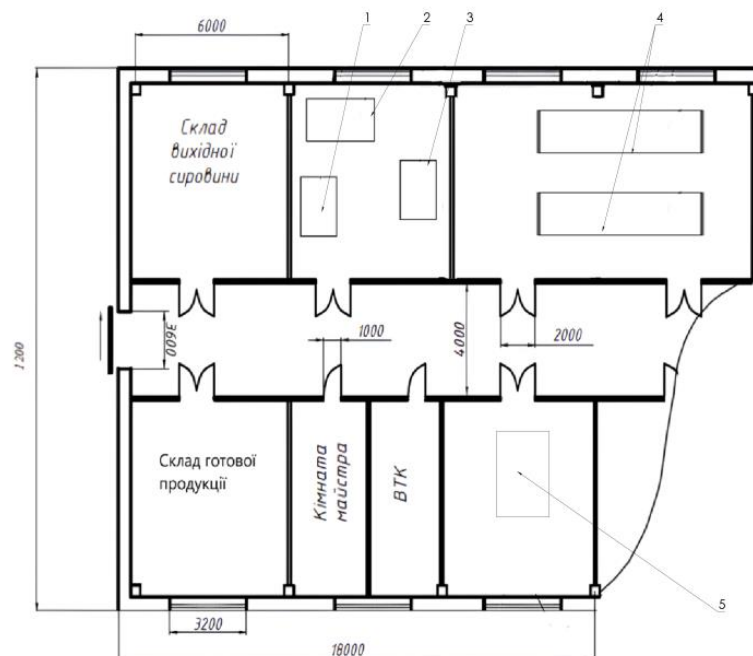
					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Білик І. О.</i>			ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Руденький С. О.</i>					48	16
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Бірюкович Л. О.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Багамал Ю. І.</i>						

та залучення працівників до процесу ухвалення рішень щодо охорони праці може сприяти підвищенню рівня обізнаності та відповідальності за дотримання вимог безпеки.

Метою цього розділу є аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть призвести до захворювань та травм під час виготовлення конструкційних деталей, а також розробка заходів для їх усунення та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

4.1 Характеристика дільниці

Виробнича потужність цього підприємства становить 100 тис/шт на місяць, що підкреслює його значний виробничий обсяг. Цех складається з кількох виробничих відділів, включаючи приміщення для зберігання порошків, відділ зважування, змішування, пресування, спікання та склад готової продукції, а також відділення для зберігання оснащення для прес-автомата та інструменту. План дільниці можна знайти на (рис. 4.1).



1 – ваги механічні торгові; 2 – змішувач; 3 – автоматичний сервоприводний прес; 4 – електропіч опору СРЗ – 4×30×3/12; 5 – шліфувальник

Рисунок 4.1 – План дільниці

										ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							49

Загальна площа виробничої дільниці становить 235 м², що дає достатньо простору для виробництва деталей та зон відпочинку робочих.

Дільниця поділяється на сім основних приміщень, котрі виконують різні ключові функції у цьому виробництві.

Склад вихідної сировини призначений для зберігання різних видів сировини, необхідної для виробництва. У ньому ведеться облік запасів, включаючи кількість, умови зберігання та терміни придатності.

Приміщення забезпечує підготовку сировини для передачі у виробничий процес, перевіряючи її якість та упаковуючи для подальшого використання. Склад організовує логістичні процеси, приймаючи нові поставки та видаючи сировину у виробничі цехи. Тут дотримуються спеціальних умов зберігання, таких як контроль температури та вологості. Забезпечується відповідність вимогам безпеки і охорони праці, включаючи протипожежні заходи та захист від несанкціонованого доступу. Склад готової продукції призначений для зберігання готових виробів після виробництва.

Кімната майстра призначена для виконання адміністративних і організаційних завдань. Тут майстер планує та контролює робочий процес, слідкує за виконанням виробничих завдань та дотриманням графіків. У цьому приміщенні майстер веде документацію, складає звіти та проводить наради з робітниками. Кімната майстра також слугує місцем для зберігання необхідних інструментів та матеріалів для оперативного управління виробництвом. Тут створюються умови для комфортної роботи, включаючи доступ до комп'ютера, телефонного зв'язку та інших засобів комунікації. Забезпечується відповідність вимогам безпеки і охорони праці.

Відділ технічного контролю (ВТК) проводить перевірку якості готової продукції, виявляючи дефекти та відхилення від стандартів. ВТК здійснює аналіз та тестування зразків сировини, напівфабрикатів і кінцевих виробів. Результати перевірок та тестувань фіксуються в документах для подальшого аналізу. Відділ розробляє та впроваджує стандарти якості, які відповідають між-

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

народним нормам. ВТК організує навчання робітників з питань якості та технічного контролю. Відділ забезпечує відповідність виробничих процесів та продукції встановленим стандартам і нормам, проводячи регулярні аудити та інспекції.

Зона зважування виконує точне зважування сировини для забезпечення відповідності рецептурі. Тут ведеться облік та документування кількості використаних матеріалів.

Зона змішування призначена для ретельного перемішування сировини для досягнення однорідності суміші. В цій зоні контролюється якість змішування для забезпечення відповідності вимогам.

Зона пресування здійснює формування заготовок шляхом пресування суміші під високим тиском. Тут відбувається контроль якості пресованих виробів та їх підготовка до спікання.

У зоні спікання проводиться термічна обробка пресованих заготовок при високій температурі для досягнення кінцевої міцності та інших властивостей. Контролюється температура та умови спікання для забезпечення якості кінцевої продукції.

Одним з основних негативних факторів на даному виробництві є пил, який утворюється від порошоків. Цей пил погіршує якість повітря в робочій зоні та може негативно впливати на здоров'я працівників.

Таким чином, завдяки комплексному підходу до знешкодження шкідливих факторів, можливо створити безпечні умови праці на підприємстві, зберігаючи здоров'я працівників і підвищуючи ефективність виробництва.

4.2 Аналіз мікроклімату дільниці

Безпека та комфорт працівників на виробництві є пріоритетними аспектами, що впливають на загальну ефективність роботи підприємства. Враховуючи сучасні вимоги до охорони праці, важливо забезпечити відповідні умови

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

для збереження здоров'я та працездатності персоналу. Одним з основних завдань є підтримка оптимальних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, що має особливе значення при роботі з такими технологіями, як порошкова металургія.

Параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях є ключовими для забезпечення безпеки та комфорту працівників, особливо при порошковій металургії. До них належать температура, вологість і швидкість руху повітря.

Температура: Оптимальний температурний режим важливий для забезпечення нормальних умов праці та попередження перегрівання обладнання. Стабільна температура також сприяє підвищенню ефективності роботи. Температура повинна бути регульована залежно від сезону, щоб забезпечити комфортні умови протягом усього року.

Вологість: Правильний рівень вологості запобігає корозії обладнання і не допускає пересушування повітря, що може негативно впливати на здоров'я працівників. Оптимальна вологість також допомагає знизити рівень пилу, що особливо важливо при роботі з порошковими матеріалами. Це сприяє зменшенню ризику алергічних реакцій та респіраторних проблем.

Швидкість руху повітря: Ефективна вентиляція є критично важливою для видалення шкідливих речовин і пилу з повітря. Правильна циркуляція повітря підтримує здоровий мікроклімат і зменшує ризик виникнення респіраторних захворювань. Важливо забезпечити належний баланс між свіжим припливом і видаленням відпрацьованого повітря, щоб уникнути застою повітря і забезпечити його постійне оновлення.

Ці параметри повинні постійно контролюватися, щоб підтримувати оптимальні умови праці. Використання сучасних технологій моніторингу мікроклімату дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення та забезпечувати стабільну роботу виробничих процесів. Автоматизовані системи контролю можуть включати датчики, що відстежують температуру, вологість та швидкість руху повітря, з можливістю віддаленого керування та швидкого реагування на зміну умов.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

4.3 Аналіз освітлення виробничих приміщень

Безпека та комфорт працівників на виробництві є пріоритетними аспектами, що впливають на загальну ефективність роботи підприємства. Враховуючи сучасні вимоги до охорони праці, важливо забезпечити відповідні умови для збереження здоров'я та працездатності персоналу. Одним з основних завдань є підтримка оптимальних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, що має особливе значення при роботі з такими технологіями, як порошкова металургія.

Параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях є ключовими для забезпечення безпеки та комфорту працівників, особливо при порошковій металургії. До них належать температура, вологість і швидкість руху повітря.

Температура: Оптимальний температурний режим важливий для забезпечення нормальних умов праці та попередження перегрівання обладнання. Стабільна температура також сприяє підвищенню ефективності роботи. Температура повинна бути регульована залежно від сезону, щоб забезпечити комфортні умови протягом усього року.

Вологість: Правильний рівень вологості запобігає корозії обладнання і не допускає пересушування повітря, що може негативно впливати на здоров'я працівників. Оптимальна вологість також допомагає знизити рівень пилу, що особливо важливо при роботі з порошковими матеріалами. Це сприяє зменшенню ризику алергічних реакцій та респіраторних проблем.

Швидкість руху повітря: Ефективна вентиляція є критично важливою для видалення шкідливих речовин і пилу з повітря. Правильна циркуляція повітря підтримує здоровий мікроклімат і зменшує ризик виникнення респіраторних захворювань. Важливо забезпечити належний баланс між свіжим припливом і видаленням відпрацьованого повітря, щоб уникнути застою повітря і забезпечити його постійне оновлення.

Світло: Адекватне освітлення також є важливим фактором у забезпеченні комфорту та безпеки працівників. Добре освітлене робоче місце знижує втому

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

очей і підвищує продуктивність. Використання природного світла, якщо це можливо, та належне розташування штучних джерел світла допомагає забезпечити рівномірне освітлення без сліпучого ефекту.

Відповідно до ДБН В.2.5.28-2006 [12], основними вимогами для освітлення виробничої дільниці є:

Рівень освітлення: Згідно з нормативами безпеки та здоров'я праці, необхідно забезпечити достатній рівень освітлення для забезпечення комфортних умов праці. Це особливо важливо у виробничих приміщеннях, де виконуються роботи з важкими інструментами та обладнанням.

Рівномірність освітлення: Освітлення повинно бути рівномірним по всій площі виробничої дільниці, щоб уникнути виникнення тіней та зон недостатнього освітлення. Це допомагає у підтримці безпечних умов праці та запобіганні травматичним ситуаціям.

Кольорова температура світла: Важливо вибирати світлодіодні джерела світла з оптимальною кольоровою температурою, що найбільше відповідає природному світлу. Це сприяє збільшенню продуктивності працівників та зниженню втоми очей.

Мінімізація блисків та відблисків: Особливу увагу слід звернути на те, щоб уникнути відбиття світла від металевих поверхонь та обладнання, що може створювати небезпечні блиски та відблиски для працівників.

Енергоефективність: Використання енергоефективних джерел світла дозволяє зменшити енергоспоживання та витрати на електроенергію, що є важливим аспектом у забезпеченні сталого виробництва. Рекомендується встановлення LED-світильників для ефективного та економічного освітлення. Важливо забезпечити рівномірне розміщення світильників по всій площі дільниці. Також важливо мати можливість регулювати яскравість світильників в залежності від потреб.

Ці параметри повинні постійно контролюватися, щоб підтримувати оптимальні умови праці. Використання сучасних технологій моніторингу мікро-

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

клімату дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення та забезпечувати стабільну роботу виробничих процесів. Автоматизовані системи контролю можуть включати датчики, що відстежують температуру, вологість та швидкість руху повітря, з можливістю віддаленого керування та швидкого реагування на зміну умов.

4.4 Шум та вібрація

Розглянемо вплив різного обладнання, що використовується у виробничому цеху, на рівень шуму та вібрації.

Прес-автомат: Використання прес-автоматів може призводити до значного збільшення рівня шуму у цеху. Зазвичай це пов'язано з роботою гідропневматичних систем та рухомих частин пресів. Також, вони можуть викликати помірний рівень вібрації, особливо під час процесу пресування. Для мінімізації цього впливу рекомендується використовувати вібропоглинаючі підставки та регулярне технічне обслуговування обладнання.

Змішувальні установки: Звичайно, змішувальні установки можуть бути джерелом значного шуму, особливо під час роботи механічних змішувачів або міксерів. Їхня робота також може спричиняти помірний рівень вібрації, особливо якщо змішувальний процес відбувається на високих швидкостях. Використання шумопоглинаючих матеріалів та встановлення віброізоляційних підставок може значно знизити негативний вплив цього обладнання.

Печі для спікання: Використання печей для спікання також може внести свій внесок у загальний рівень шуму та вібрації. Особливо під час періодів підвищеної температури та великих навантажень можна спостерігати підвищення рівня шуму та вібрації у приміщенні. Для зменшення цих факторів важливо забезпечити належну ізоляцію печей та регулярне обслуговування вентиляційних систем.

Шліфувальні станки: Шліфувальні станки є одним з найбільш шумних і вібраційних типів обладнання у виробничому цеху. Вони створюють високий

					ФНО1.0102.1103.003.0173	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

рівень шуму через інтенсивне тертя абразивних матеріалів об поверхню деталей. Вібрація також є значною через нерівномірний розподіл маси обертових частин. Для зменшення шуму та вібрації слід використовувати спеціальні шумозахисні екрани та віброізоляційні установки, а також забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту, такими як шумозахисні навушники та антивібраційні рукавиці.

Отже, різноманітне обладнання у виробничому цеху може мати різний вплив на рівень шуму та вібрації, що важливо враховувати при плануванні робочих процесів та організації робочих місць для забезпечення комфортних та безпечних умов праці працівників. Застосування відповідних заходів, таких як встановлення звукоізоляції, надання робітникам необхідних захисних засобів, а також впровадження регулярного технічного обслуговування обладнання, може допомогти знизити негативні фактори шуму та вібрації, які погано впливають на здоров'я та ефективність праці працівників.

Для запобігання ризикам, пов'язаним із шумом і вібрацією, важливо впровадити декілька ключових заходів. По-перше, встановлення шумопоглинаючих панелей і бар'єрів навколо джерел шуму допоможе зменшити поширення звукових хвиль у приміщенні. По-друге, застосування вібропоглинаючих матеріалів під час монтажу обладнання допоможе знизити вібраційні навантаження на конструкції будівлі та навколишнє середовище. Крім того, необхідно проводити регулярний моніторинг рівнів шуму та вібрації, щоб своєчасно виявляти та усувати перевищення допустимих норм.

Додатково, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, такими як шумозахисні навушники та віброізоляційні рукавиці, є важливим аспектом у зменшенні шкідливого впливу на їх здоров'я. Також варто впроваджувати програми навчання та інструктажу з безпечних методів роботи з шумним та вібраційним обладнанням, щоб підвищити обізнаність працівників про можливі ризики та способи їх уникнення. Ці заходи у сукупності сприятимуть створенню більш безпечного та комфортного робочого середовища на виробництві.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4.5 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Основними негативними факторами виробництва є механічні ризики, які можуть бути спричинені недотриманням правил безпеки роботи з обладнанням, неправильним користуванням інструментами або недосконалим утриманням машин. Тому потрібно звернути увагу на такі аспекти, як професійне навчання працівників щодо безпеки, регулярне технічне обслуговування обладнання та встановлення захисних пристроїв для уникнення можливих травм і нещасних випадків. Розглянемо основні небезпечні фактори.

4.5.1 Механічні ризики

У процесі пресування та спікання можуть виникати ризики, пов'язані зі зіткненням операторів з рухомими частинами обладнання, важкими матеріалами або об'єктами. Також існує ризик травмування через неконтрольований викид конструкційних деталей або ускладнений доступ до робочих зон.

Мірою запобігання для захист від механічних ризиків є встановлення огороження та створити безпечні робочих зон. Також важливо проводити належне навчання та інструктаж з охорони праці персоналу, а також забезпечити працівників індивідуальними засобами захисту, такими як захисні окуляри, рукавиці та чоботи. Також це можуть бути захисні навушники, при роботі у зонах з високим шумом від обладнання.

Також при зважуванні порошку може виникати пилова небезпека. Для зменшення цього ризику ваги повинні бути розташовані в спеціальній витяжній шафі, яка забезпечує ефективне відведення пилу.

4.5.2 Ризик вибуху

Ризик вибуху на підприємствах, де проводяться процеси порошкової металургії, є значною загрозою для безпеки та здоров'я працівників. Порошкова

					ФНО1.0102.1103.003.0173	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

металургія включає в себе обробку порошків металів і сполук, які можуть бути запальними або навіть вибухонебезпечними у відповідних умовах. Особливо висока концентрація пилу порошків у повітрі може створювати потенційно небезпечну ситуацію.

Для запобігання ризикам вибуху на таких підприємствах необхідно вживати ряд заходів безпеки. Ці заходи включають в себе ретельний контроль за утриманням та вентиляцією приміщень для зменшення концентрації пилу в повітрі, регулярне обслуговування обладнання для запобігання перегріву та виникнення іскр, а також застосування антистатичних матеріалів та обладнання для зменшення статичного електрику.

Додатково, важливо проводити систематичні інструктажі для працівників з питань пожежної безпеки та правил поведінки у разі виникнення вибухової ситуації. Такі заходи допоможуть зменшити ризик вибуху та забезпечити безпеку на робочому місці.

4.5.3 Термічний захист при роботі з електропечю

Термічний захист є критично важливим аспектом безпеки при роботі з електропечю. Для забезпечення термічного захисту персоналу необхідно дотримуватися кількох важливих правил та заходів. По-перше, електропечі повинні бути обладнані термо ізоляційними матеріалами, які зменшують випромінювання тепла та утримують його всередині печі, зменшуючи ризик опіків або теплових ударів для працівників.

Далі, необхідно розмістити попереджувальні написи та провести відповідне фарбування в зонах найбільшої термічної небезпеки, щоб підвищити увагу працівників до можливих ризиків. Крім того, персонал повинен бути навчений користуватися електропечю відповідно до інструкцій та правил безпеки, а також вживати заходів індивідуального захисту, якщо це необхідно. Забезпечення термічного захисту є ключовим елементом безпеки при роботі з

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

електропіччю і сприяє запобіганню травмам та нещасним випадкам на робочому місці. Використання спеціальних рукавичок при роботі у зонах гарячих цехів для запобігання опікам та встановлення витяжної вентиляції над піччю для видалення вологи та парів, зниження ризику отруєння та покращення якості повітря в робочому середовищі допоможе вирішити безпекове питання персоналу.

4.5.4 Електрична безпека

Електрична безпека є надзвичайно важливою аспектом при роботі з усім електричним обладнанням, оскільки недотримання відповідних заходів може призвести до серйозних травм або навіть загибелі.

Одним з ключових кроків для забезпечення електричної безпеки є регулярна перевірка електричних компонентів, кабелів та підключень для виявлення можливих несправностей та їх своєчасного усунення. Це допомагає уникнути коротких замикань та інших аварійних ситуацій.

До інших заходів безпеки можна віднести використання заземлення та захисних пристроїв, таких як пристрої захисного відключення (УЗО), для запобігання ураженню електричним струмом та забезпечення безпеки працівників. Також важливо встановлювати попереджувальні написи та виконувати відповідне фарбування для підвищення уваги до потенційних небезпек.

Забезпечення належної електричної безпеки передбачає також періодичне перевіряти ізоляцію обладнання для виявлення можливих проблем та запобігання аварій. Ефективність цих заходів може значно знизити ризик травм та інших негативних наслідків від електричної несправності. Важливо дотримуватися правил безпеки, регулярно перевіряти стан обладнання та проводити належне навчання працівників щодо безпеки роботи з пресом відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 [3].

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 4.1 – Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	2	3	4	5
1	Ваги	Пил	При зважуванні утворюється пил порошку	Вдихання залізного порошку може призвести до ризику розвитку респіраторних проблем, таких як запалення легенів або ризик пилу у легенях та токсичні ефекти на організм.
2	Піч для спікання	Підвищена температура повітря в робочій зоні та на поверхні обладнання.	Висока температура під час процесу нагрівання.	Високий ризик опіків частини тіла, чи навіть дихальних шляхів
3	Пресс-автомат	Пил, підвищений шум.	Внаслідок пресування з прес-форми виходить повітря з пилом бронзи та графіту. Робота механізму обладнання викликає підвищений рівень шуму.	Дихальна система: Вдихання пилу може призвести до подразнення дихальних шляхів, кашлю, запалення легенів та інших респіраторних проблем. Подразнення очей, шкіри

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
4	Змішувач	Пил, шум	Під час роботи змішувача може утворюватись пил від оброблюваних матеріалів, а також виникає підвищений рівень шуму від роботи механізмів	Потенційне подразнення дихальних шляхів від пилу та можливість пошкодження слуху від шуму.
5	Шліфувач	Пил	Під час обробки матеріалів шліфувальником може утворюватись пил, особливо якщо оброблюваний матеріал має шорстку поверхню	Вдихання пилу може призвести до респіраторних проблем, а також може виникнути ризик ураження очей та шкіри.

4.6 Пожежна безпека

Пожежна безпека на виробництві є надзвичайно важливою для запобігання виникненню пожеж та забезпечення безпеки персоналу та майна. Деякі з пристроїв та обладнання, які можуть стати джерелами пожежі, включають електричні системи та електроустаткування, які можуть перегріватися та спричинити коротке замикання. Високотемпературні печі також можуть бути потенційними джерелами пожежі через можливість надмірного нагріву або витоку гарячого матеріалу. Крім того, деякі використовувані матеріали можуть підтримувати горіння, що робить їх потенційно небезпечними при невиконанні вимог безпеки.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Недотримання правил безпеки або несправність цих пристроїв може призвести до серйозних наслідків, включаючи виникнення пожежі на виробництві, що може поширитися швидко через присутність легкозаймистих матеріалів. Тому важливо регулярно проводити перевірки та обслуговування обладнання, а також надавати персоналу відповідну підготовку з пожежної безпеки та навчати їх діяти у випадку виникнення пожежі. Також необхідно мати належні системи пожежної сигналізації та пожежогасіння, щоб оперативно виявляти та ліквідувати загрозу пожежі.

Основними причинами виникнення пожеж в інших приміщеннях можуть бути коротке замикання в електричних ланцюгах або недотримання правил пожежної безпеки при користуванні побутовими електронагрівальними приладами.

Приміщення, в якому встановлена електропідігрівач, є зоною підвищеної пожежної небезпеки. Це приміщення класифікується як клас пожежної небезпеки А, що означає ризик горіння твердих речовин. Для забезпечення безпеки у цьому приміщенні, де також знаходиться прес-автомат, використовуються вогнегасники ОУ-2 та ОУ-5 для первинного гасіння пожеж, а також порошкові вогнегасники на основі графіту для більш ефективного гасіння пожеж [13].

До додаткових заходів можна внести контроль кількості осіб, які мають доступ до обладнання, та виділення спеціальних місць для паління. Усе вище наведене відповідає стандартам, які вживаються для відповідності вимогам пожежної безпеки згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [9]. Ці заходи допомагають мінімізувати ризики виникнення пожеж і забезпечують безпеку як працівників, так і обладнання.

Для подальшого підвищення рівня пожежної безпеки на виробництві важливо впровадити систему автоматичного пожежогасіння, яка зможе оперативно реагувати на виникнення загоряння. Системи пожежної сигналізації з автоматичними датчиками диму та тепла допоможуть швидко виявити пожежу та активувати систему пожежогасіння. Крім того, варто проводити регулярні

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

тренування з евакуації для працівників, щоб вони знали, як діяти у випадку пожежі, і могли безпечно покинути приміщення.

Також необхідно забезпечити наявність чітких інструкцій та знаків пожежної безпеки на видимих місцях, що допоможе працівникам швидко орієнтуватися у випадку виникнення надзвичайної ситуації. Інвестування в сучасні засоби пожежогасіння та забезпечення належного навчання персоналу є ключовими елементами у створенні безпечного виробничого середовища.

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ

5.1 Енергетичний розділ

Основним завданням енергетичного розділу проекту полягає у розрахунку кількості електроенергії, необхідної для функціонування цеху, а також визначенні витрат палива, газів та інших енергетичних ресурсів.

Обсяг витрат електроенергії визначають на основі вибору та розрахунку кількості технологічного обладнання, враховуючи використання його встановленої потужності у запланованому режимі роботи.

$$\mathcal{E} = M\Phi_0 \eta_{зв} K_1 K_2 ,$$

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; для генераторів високочастотного нагріву – 0,8);

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

Величину q зазвичай приймають: для виробничих приміщень – 11 – 15 Вт/м², для побутових і службових приміщень – 10 Вт/м².

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення приймають рівним: для двозмінної роботи – 2500 год, для тризмінної роботи – 4700 год.

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів – 0,8; для побутових та службових приміщень – 0,7; для підвалів – 0,9.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>						84	19
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Є. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Богомол Ю. І.</i>							

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{S * q * \tau * f}{1000}$$

де S – освітлювана площа, м² ;

q – поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м² ;

τ – кількість годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Результати розрахунків витрат електроенергії зводять в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Змішувач	1	15	1754	0,37	0,3	0,7	939,84
Прес автомат	1	22	1754	0,37	0,3	0,7	4009,3
Електро піч опору	1	85	1754	0,51	0,3	0,7	5526,36
Шлівуч	2	10	1754	0,51	0,3	0,7	1963,52
Усього витрат, кВт·год	16179,23						

5.2 Організаційний розділ

Організація виробничого процесу в проєктованому цеху базується на комплексному аналізі технологічних потреб і вимог проєкту. Одним з ключових етапів є обґрунтування потреб у персоналі, яке включає чисельність робітників основного виробництва, обслуговуючого персоналу та управлінського складу.

Чисельність робітників основного виробництва визначається на основі обсягів виробництва, технологічних процесів та потреб у робочій силі для забезпечення безперервності виробництва. Розрахунок проводиться на підставі нормативів часу для виконання конкретних операцій та використання методів нормо-годинної оцінки праці.

Обслуговуючий персонал, який включає технічний персонал (техніки, інженери) та персонал з обслуговування устаткування (механіки, електрики тощо), обґрунтовується в залежності від складності обладнання та його обслуговування, а також потреби у технічній підтримці виробничого процесу.

Управлінський склад включає керівників, менеджерів і фахівців з управління виробничими процесами, які забезпечують координацію та контроль за виробництвом, плануванням виробничих завдань, логістикою тощо. Їхня чисельність визначається відповідно до складності та масштабів виробничих процесів.

Фонд заробітної плати розраховується як сума заробітних плат всіх категорій працівників у цеху. Враховуються базові тарифні ставки, надбавки за важливість робіт, додаткові виплати за роботу у вечірній чи нічний час, а також відповідальність за результати виробництва.

Продуктивність праці оцінюється за допомогою показників, що відображають відношення виробленої продукції або послуг до витрат ресурсів (людських, матеріальних, фінансових). Це дозволяє оцінити ефективність використання робочої сили та здійснити необхідні корекції для підвищення продуктивності.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Загальний успіх проекту виробничого цеху значною мірою залежить від правильно проведених розрахунків і обґрунтувань щодо персоналу, заробітної плати та продуктивності праці. Це забезпечить ефективне функціонування обладнання, оптимізацію виробничих процесів та досягнення планових показників виробництва.

5.2.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунків планової кількості працівників у різних категоріях визначається особливостями їхньої діяльності та умовами функціонування підприємства в галузі. Для встановлення загальної кількості промислового персоналу на плановий період застосовують методи коригування базового штату або розрахунку кількості працівників на основі повної трудомісткості виробництва продукції.

Чисельність працівників, зайнятих на нормованих операціях (Ч_{р.н пл}), визначається за такою формулою:

$$\text{Ч}_{\text{р.н}} = \frac{\sum_{i=1}^n \cdot t_i \cdot m_i}{T_{\text{р.ч}} \times K_{\text{в.н}}}$$

де n – кількість найменувань продукції;

t_i – планова трудомісткість одиниці i-го виду продукції, норма-годин;

m_i – кількість продукції i-го виду, одиниць;

T_{р.ч} – розрахунковий ефективний час роботи одного робітника, год.

K_{в.н} – очікуваний коефіцієнт виконання норми (1,0 – 1,5)

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{\text{ПЛ}}{\text{Ч}} = \frac{m_i \cdot \text{П}_{\text{зм}} + \text{К}_{\text{п}}}{\text{Н}_{\text{об}}}$$

де m_0 – кількість обслуговуваних об'єктів;

$\text{П}_{\text{зм}}$ – кількість робочих змін протягом доби;

$\text{К}_{\text{п}}$ – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$\text{Н}_{\text{об}}$ – норма обслуговування (кількість одиниць обладнання, що обслуговує один працівник).

Таблиця 5.2 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
1	2
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	95
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	15
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу, днів з них:	15
відпустки	7
захворювання	2
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	0,5

Продовження таблиці 5.2

1	2
прогули	0,5
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	240
Середня тривалість робочого дня, год	9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	1
Робочі години	8
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1654

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{п} = \frac{100}{(100 - k)}$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу

$$k = (15/250) \cdot 100 = 6$$

Чисельність допоміжних працівників (ЧДП), для яких неможливо встановити норму обслуговування та розрахувати трудомісткість робіт, визначають за кількістю робочих місць за формулою:

$$\text{ЧДП} = \text{Пр.м} \cdot \text{Пзм} \cdot \text{Кп} = 2 * 1 * 1,24 = 2,48 = 2$$

де Пр.м – кількість робочих місць

Загальну чисельність робітників цеху, як основних, так і допоміжних, округлюють до найближчого цілого числа.

Приклад оформлення результатів розрахунків чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими місцями) наведено в табл. 5.3.

Чисельність управлінського персоналу встановлюють, виходячи з організаційної структури управління цехом (дільницею) на аналогічному підприємстві.

Таблиця 5.3 – Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальн	Квалфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах		Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а			
1	2	3	4	5	6	7
Основні робітники						
Фахівець з пробопідготовки	3	1			1,24	1
Пресувальник	4	1	1		1,24	2

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7
Спікаль- ник	4	1			1,24	1
Шліфу- вальник	3	1		1,24	1	
Разом		4			4	
Допоміжні робітники						
Налад- чик	4	1		1,24	1	
Контро- лер ВТК	4	1			1	
Завідую- чий складом	3	1			1	
Разом		3	1	1,24	3	
Усього робітни- ків		7			7	

5.2.2 Визначення фондів заробітної плати

Основною системою, яка визначає диференціацію заробітної плати працівників різних форм підприємств, є тарифно-посадова система. Її складові включають тарифно-кваліфікаційні довідники, кваліфікаційні довідники посад для керівників, спеціалістів і службовців, тарифні сітки і ставки, а також схеми посадових окладів або єдину тарифну сітку. У процесі проектування можна користуватися даними аналогічних підприємств.

Організація оплати праці базується на державному та договірному регулюванні її загального рівня, а також на механізмах визначення індивідуальної заробітної плати різних категорій працівників (робітників, фахівців, службовців, керівників) підприємства.

Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій України наведена в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,35	1,531	1,8	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів: абсолютне відносне		0,088 8,8	0,116 10,7	0,146 12,1	0,181 13,4	0,269 1,7,6	0,092 5,1	0,108 5,7

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2024 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 8000 грн, у погодинному розмірі – 48 грн. Так, якщо на підприємств тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 40,46 грн, то ставка другого розряду становитиме $48 \times 1,088 = 52,22$ грн, третього розряду $48 \times 1,204 = 57,79$ грн і т. д

Приклад розрахунку фондів зарплати управлінського та обслуговуючого персоналу наведено у табл. 5.5, а основних і допоміжних робітників у табл. 5.6.

Таблиця 5.5 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Керівники			
Начальник цеху	1	19000	228000
Майстер	1	13000	156000
Разом	2		384000
Спеціалісти			
Провідний Інженер Технолог	1	15000	180000
Разом	1		180000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал			
Наладчик	1	8000	96000
Прибиральник	1	8000	96000
Разом	2		192000
Усього по цеху	6		372000

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об'єму виробництва до облікового складу всіх робітників цеху. Таким чином, продуктивність праці (Π) – це річний об'єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника цеху.

$$\Pi = G/\Sigma\text{Ч}$$

$$\Pi = 100000 / 10 = 10000 \text{ шт/чол.}$$

де G – обсяг продукції, виготовленої цехом (дільницею) за рік, шт;

Ч – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговчого персоналу).

У нашому виробництві планується випускати 100000 шт. на місяць, де одна деталь важить 0,12 кг.

5.2.4 Розрахунок капітальний вкладень

Капітальні вкладення у проєктований об'єкт складаються із капіталовкладень у основні засоби (виробничі будівлі та споруди, технологічне і допоміжне обладнання, підіймально-транспортні засоби, оснащення тощо), а також оборотних нормованих засобів (витрати на створення оборотних запасів матеріалів і сировини, змінного обладнання, запчастин, інструменту, незавершеного виробництва та ін.) наведено у (табл. 5.7).

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Таблиця 5.7 – 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	Всього, тис.грн
1	2	3	4	5	6
Основне технологічне устаткування					
Ваги механічні торгові РН-6Ц13У	1	3500	3500		3500
Змішувач SHJ-200	1	200000	200000	22000	220000
Прес-автомат марки EP70	1	2200000	2200000	220000	2420000
ЕлектропічСРЗ – 4×30×3/12	1	6325000	6325000	632500	6650000
Шліфувальний устанок PROMA PBP-400A	1	370000	935000	93500	1028500
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Візок гідравлічний 2т	2	8000	16000	1600	17600
Разом основне технологічне обладнання					10 027 600

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівлі та споруди визначають. Виходячи з площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок (табл. 7.2).

Таблиця 5.8 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м ³
1	2
1. Виробничі будівлі	
1.1. Одноповерхові	2500...4000
1.2. Багатоповерхові	3500...6000
2. Водопостачання виробничих приміщень	30...40
3. Каналізація виробничих приміщень	25...35
4. Електропроводка виробничих приміщень	50...60
5. Вентиляція виробничих приміщень	70...80
6. Побутові приміщення	3000...5000
7. Водопостачання побутових приміщень	40...50
8. Каналізація побутових приміщень	90...120

Продовження таблиці 5.8

1	2
9. Електропроводка побутових приміщень	50...70
10. Вентиляція побутових приміщень	70...90
11. Зовнішній благоустрій	50...100

Безперервну виробничу діяльність цеху (дільниці) забезпечують оборотні засоби, мінімальна необхідна величина яких має назву нормативу оборотних засобів.

Найбільшим за розміром елементом (до 70 %) нормативу оборотних засобів є поточний запас матеріалів, який створюється для забезпечення процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками. Середній поточний запас (Z_M) визначається за формулою:

$$Z_m = M_d \cdot \frac{T_{nocm}}{2} = 9122,32 * 15 / 2 = 68417,4$$

де M_d – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

T_{nocm} – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається в межах 15 днів).

З балансу матеріалів потреба:

Металевий порошок – 62,5кг x 105грн = 6575 грн

Всього на основні матеріали : 6575 грн

Добовий норматив оборотних засобів $6575/240 * 100 = 2739,58$ грн

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інструменту, спецодягу тощо, розділених на 360 (де 360 – розрахункове число днів за рік).

Всіх інших елементів загального нормативу оборотних засобів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) можна приймати на рівні 50 % від розрахованого нормативу поточних запасів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів (Нзаг) по об'єкту, що проектується, складе:

$$Нзаг = 1,5 \cdot Z_m = 1,5 \cdot 68417,4 = 102626,1 \text{ грн}$$

Після цього розраховують загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 7.3). Будівлі виробничі. Загальна площа ділянки 235м, висота стелі приймаємо 4м. $235 \times 4 \times 2500 = 2\,350\,000$ грн

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Таблиця 5.9 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	2 350 000	18.96%
1.2. Побутові
2. Устаткування	1027000	
2.1. Основне технологічне		80,06
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	17600	0.14
3. Норматив оборотних засобів	102626,1	0.84
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	12 388 721	100%

5.2.5 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для підприємств, щоб визначити планову собівартість продукції, зазвичай використовують два види калькуляцій: планові та фактичні. Перші базуються на планових нормативах витрат, тоді як другі враховують фактичний рівень витрат. Підготовка калькуляцій включає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць, калькуляційних статей витрат і методики обчислення.

У промисловості широко використовується така номенклатура калькуляційних статей витрат:

- Сировина і матеріали (без урахування вторинних відходів).
- Паливо та енергія для технологічних потреб.
- Основна заробітна плата технологічних працівників.
- Додаткова заробітна плата технологічних робітників.
- Єдиний соціальний внесок.
- Витрати на утримання та експлуатацію обладнання.
- Загальновиробничі витрати.

- Втрати через технічно неминучий брак.
- Інші виробничі витрати.
- Адміністративні витрати.
- Витрати на підготовку та впровадження нового виробництва.
- Позавиробничні витрати на маркетинг та збут продукції.

Сума перших дев'яти статей визначає виробничу собівартість, тоді як сума всіх 12 статей визначає повну собівартість виготовленої продукції (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму	Примітки
1. Сировина та матеріали					
1.1.	кн	62,5	105	6575	
1.2. ...					
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)					
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				315497,4	
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				170360,4	
5. Єдиний соціальний внесок				69401	
6. Утримання та експлуатація устаткування				321496	
7. Загальновиробничі витрати				213097,53	
8. Загальногосподарські витрати				124698,43	
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				74349,21	
Виробнича собівартість річної програми				128 8898	
10. Позавиробничі витрати				64034	
Повна собівартість річної програми				1352932	

Для кожного об'єкта калькулювання обирається калькуляційна одиниця - одиниця його кількісного вимірювання. Наприклад, для продукції у сфері порошкової металургії, виготовлення спечених виробів та композиційних матеріалів, це може бути одна тонна, один кілограм чи один виріб.

На етапі проектування формується планова калькуляція собівартості продукції, що дозволяє здійснити техніко-економічне обґрунтування розробленого проекту цеху або виробничої дільниці.

5.2.6 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для аналізу новоствореного цеху, дільниці чи робочого місця зазвичай використовують порівняння з об'єктом, де уже виробляється схожа продукція. Оцінка включає такі ключові показники:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці)
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість окремих технологічних операцій визначається як сукупність часових витрат на кожен з них, що в кінцевому підсумку формує загальну трудомісткість продукції. Для менш точних обрахунків можна використовувати формулу в нормо-годинах, що враховує час, потрібний для виконання кожної операції:

$$t = \frac{\overset{\text{пл}}{\underset{\text{еф}}{\underset{G}{\text{Ч}_{\text{ос}} \Phi}}}}{G}$$

де Ч_{ос} – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Фпл еф – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год.;

G – місячний (програма) випуску продукції (12000кг/0,12кг= 100000шт)

$$3*1654/100000=0,049$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції (KG) розраховується як відношення загальних капітальних витрат (Кзаг) на будівництво або реконструкцію цеху (дільниці) чи на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції. Це дозволяє оцінити обсяг інвестицій, необхідних для виробництва одиниці продукції, в контексті запланованих виробничих потужностей на рік.

Таким чином, формула капіталомісткості продукції виглядає наступним чином:

$$KG = K_{заг} / G = 10\,027\,600 / 100000 = 100,27 \text{ грн/шт}$$

Одним із основних найбільш розповсюджених показників, що характеризує економічну ефективність капітальних вкладень у нове будівництво, реконструкцію, а також впровадження нового обладнання або технологій, є **період окупності капітальних витрат**. Цей показник є важливим критерієм при оцінці доцільності інвестиційних проектів.

Період окупності капіталовкладень показує, за який час початкові інвестиції повертаються за рахунок чистого прибутку, отриманого від реалізації проекту. Формула для розрахунку періоду окупності виглядає так:

$$P_{ок} = \frac{K_{заг}}{\Gamma П_p} < P_{ок}^n$$

де Кзаг — загальні капітальні витрати на проект.

ГПр — річна сума грошового потоку, отриманого від проекту.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Ця формула допомагає інвесторам визначити, чи варто вкладати кошти в проект, оцінюючи, як швидко інвестиції повернуться. Якщо розрахований період окупності (Пок) менший за нормативний (Покн), то проект вважається економічно доцільним і менш ризикованим для інвестицій.

Грошовий потік за рік (ГПр) розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту. Формула розрахунку грошового потоку виглядає наступним чином:

$$\text{ГПр} = 0,82 \cdot (\text{Ц} - \text{Сп}) \cdot G + \sum A ,$$

де **0,82** — коефіцієнт, що враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

Ц — ціна реалізації продукції 221,43 грн;

Сп — собівартість продукції, 100,27 грн;

G — обсяг виробництва (кількість одиниць продукції);

∑A — сума амортизаційних відрахувань за рік.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних фондів та встановлених норм амортизаційних відрахувань

$$\text{ГПр} = 0,82 \cdot (221,43 - 100,27) \cdot 12000 + 783904,1 = 1976117$$

Тоді

$$\text{Пок} = 10\,027\,600 / 1976117 = 5,07 \text{ роки}$$

Робимо висновок, що розроблений проект є економічно доцільним. Всі витрати на створення виробництва осердь кільцевої форми окупаються приблизно через 5,07 роки.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті проведено аналіз технології виробництва деталей конструкційного призначення для роботи в умовах середніх навантажень. Продуктивність виробництва складає 100 000 шт/міс. У технологічному розділі проведено вибір матеріалів для виробництва деталей типу шестерень малярного насосу. Показано, що оптимальним матеріалом для даної деталі є легрована сталь Astaloy CrM + 0,6 % С. Було проаналізовано технологічні схеми отримання деталей та обрано оптимальну, яка базується на класичних методах порошкової металургії. Проведено розрахунок матеріального балансу з урахуванням прогнозованих витрат та відповідно до розрахунку підібрано обладнання.

В межах спеціального розділу проведено розрахунок прес форми для формування деталі шестерня.

Відповідно до нормативно правових актів описано та обґрунтовано розташування обладнання в цеху.

Відповідно до аналізу небезпек технологічного процесу проведено аналіз небезпечних середовищ та охорони праці на дільниці виготовлення порошкових деталей типу шестерня.

Розроблено організаційно-економічний розділ, де проведено розрахунки щодо доцільності, рентабельності та кількості працівників і фонду заробітної плати. Термін окупності виробництва складає 3,4 роки.

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Білик І. О.</i>			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Руденький С. О.</i>					84	1
<i>Реценз.</i>						<i>ІН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Бірюкович Л. О.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Богамоп Ю. І.</i>						

CONCLUSIONS

In the diploma project, an analysis of the production technology of structural parts for work under conditions of medium loads was carried out. Production productivity is 100,000 units/month. In the technological department, the selection of materials for the production of oil pump gear-type parts was carried out. It is shown that the optimal material for this part is alloyed steel Astaloy CrM + 0.6% C. Technological schemes for obtaining parts were analyzed and the optimal one based on classical methods of powder metallurgy was chosen. The material balance was calculated taking into account the projected costs and the equipment was selected in accordance with the calculation.

Within the limits of the special section, the calculation of the press form for the formation of the gear part was carried out.

In accordance with regulatory legal acts, the location of equipment in the workshop is described and substantiated.

According to the analysis of the dangers of the technological process, an analysis of hazardous environments and labor protection was carried out at the manufacturing site of gear-type powder parts.

An organizational and economic section was developed, where calculations were made regarding feasibility, profitability and the number of employees and the wage fund. The production payback period is 3.4 years.

					<i>ФН01.0102.1103.003.0173</i>			
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Білик І. О.</i>			CONCLUSIONS	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архив</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Руденький С. О.</i>				85	1	
<i>Реценз.</i>						<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Бірюкович Л. О.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>						

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Sanderow H. I. Design of structural ferrous PM parts [Electronic source] / Howard I. Sanderow // Metal Powder Report. – 1991. – Vol. 46, № 9. – P. 40–45. – Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/0026-0657\(91\)90337-z](https://doi.org/10.1016/0026-0657(91)90337-z) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

2. Design, fabrication and analysis of compaction die for powder processing [Electronic source] / Avadesh K Sharma, Rajeev Singh, Arun K Tiwari [et al] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol . 992. – P. 012005. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/992/1/012005> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

3. Технология порошковой металлургии / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 415 с.: нл.

4. Cu-Sn-Pb Alloy Fabricated by Powder Metallurgy and Its Application for Standard Curve Establishment of Portable X-Ray Fluorescence Instrument for Alloy Analysis on Bronze Relics [Electronic source] / Dongsheng Wen, Ya Xiao, Guangyi Yao [et al] // MRS Advances. – 2017. – Vol. 2, № 39–40. – P. 2095–2100. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1557/adv.2017.263> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

5. Wang Z. Powder Metallurgy of Titanium Alloys: A Brief Review [Electronic source] / Zhi Wang, Yaning Tan, Ning Li // Journal of Alloys and Compounds. – 2023. – P. 171030. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.171030> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

6. Atomization process for metal powder [Electronic source] / Stanislav Lagutkin, Lydia Achelis, Sheikhal Sheikhaliev [et al] // Materials Science and

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>		
	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Білик І. О.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Руденький С. О.</i>					86	5
<i>Реценз.</i>					<i>НН ІМЗ ім. Е. О. Патона, ФН-01</i>		
<i>Н. Кантр.</i>	<i>Бірюкович Л. О.</i>				ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ		
<i>Затверд.</i>	<i>Богамот Ю. І.</i>						

Engineering: A. – 2004. – Vol. 383, № 1. – P. 1–6. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.02.059>.

7. Chemical synthesis of Cu–Sn powder by tin(II) cementation with copper in aqueous solution [Electronic source] / T. N. Vorobyova, O.N. Vrublevskaia, M. G. Galuza [et al] // Surfaces and Interfaces. – 2016. – Vol. 4. – P. 9–17. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2016.07.009> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

8. Powder metallurgy of titanium – past, present, and future [Electronic source] / Zhigang Zak Fang [et al] // International Materials Reviews. – 2017. – Vol. 63, № 7. – P. 407–459. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/09506608.2017.1366003> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

9. Sintered Al–Si–Ni Alloy: Structure and Properties. I. Powder Obtaining [Electronic source] / G. A. Bagliuk, T. O. Monastyrska, V. V. Kaverinsky [et al] // METALLOFIZIKA I NOVEISHIE TEKHNologii. – 2024. – Vol. 45, № 8. – P. 951–961. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15407/mfint.45.08.0951> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

10. Powder Metal Technologies and Applications / ред.: P. Samal, S. Newkirk. – [Б. м.] : ASM International, 1998. – 2762 p.

11. German R. Powder Metallurgy of Iron and Steel / Randall German. – Washington, United States : Wiley, 1998. – 496 p.

12. Tuttle R. Alloy Steels [Electronic source] / Robert Tuttle // Metals. – 2018. – Vol. 8, № 2. – P. 116. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/met8020116> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

13. A method of producing a diffusion alloyed iron or iron-based powder, a diffusion alloyed powder, a composition including the diffusion alloyed powder, and a compacted and sintered part produced from the composition : пат. WO2010074634A1 USA : C22C33/0292, C22C33/02. – № PCT/SE2009/051434 ; let.. 16.12.2009 ; publ. 01.07.2010. – 23 p.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

14. Chen X. Influence of porosity on compressive and tensile strength of cement mortar [Electronic source] / Xudong Chen, Shengxing Wu, Jikai Zhou // Construction and Building Materials. – 2013. – Vol. 40. – P. 869–874. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.072> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

15. Влияние пористости на пластичность и механизм вязкого разрушения порошкового железа / С. А. Фирстов, Ю. Н. Подрезов, А. Г. Жердин [и др.] // Порошковая металлургия. – 1987. – № 10. С. 91–96.

16. Гегузин Я. Е. Физика спекания / Я. Е. Гегузин. – Москва : Наука, 1984. – 312 с.

17. Sintered Fe-Cu-C Materials / Monnapas Morakotjinda, Rungtip Kra-taitong, Pongsak Wila [et al] // Chiang Mai Journal of Science. – 2008. – Vol. 35, № 2. – P. 258–265.

18. Surapunt S. Tensile and Fatigue Properties of Fe-Cu-C Sintered Steels [Electronic source] / Supachai Surapunt, Yoshiharu Mutoh // Key Engineering Materials. – 2013. – Vol. 553. – P. 99–102. – Режим доступа: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.553.99> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

19. The effect of nickel on the mechanical behavior of molybdenum P/M steels [Electronic source] / B. A. Gething, D. F. Heaney, D. A. Koss [et al] // Materials Science and Engineering: A. – 2005. – Vol. 390, № 1–2. – P. 19–26. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.05.087> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

20. Effect of Manganese on Properties of Sintered Fe-(1.5, 0.85)Mo-0.5C Steel / Marcela Selecka, Vladimír Simkulet, Radúz Keresti [et al] // Euro PM2005 : PM Low Alloy Steels, Prague, 2 october 2005 year. – United Kingdom, 2005. – P. 41–46.

21. Bergman O. Mechanical Performance of Cr-alloyed PM Steel after Different Sintering and Heat Treatment Operations / Ola Bergman, Dimitris Chasoglou, Magnus Dahlström // PM World Journal. – 2016. – Vol. 16, № 6. – P. 12

					<i>ФН01.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

22. Romero A. Sinter-hardening of chromium PM steels with concentrated solar energy [Electronic source] / A. Romero, G. P. Rodríguez, R. Barea // Journal of Materials Processing Technology. – 2020. – Vol. 280. – P. 116616. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2020.116616> (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

23. Expanding opportunities with chromium [Electronic source] // Metal Powder Report. – 1999. – Vol. 54, № 3. – P. 22–24. – Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/s0026-0657\(99\)80340-3](https://doi.org/10.1016/s0026-0657(99)80340-3) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

24. Sintering of injection molded M2 high-speed steel [Electronic source] / Z.Y Liu, N. H Loh, K. A Khor [et al] // Materials Letters. – 2000. – Vol. 45, № 1. – P. 32–38. – Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/s0167-577x\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/s0167-577x(00)00070-7) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

25. Dondi M. Powder Granulation and Compaction / Michele Dondi // Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses. – 2021. – Vol. 1. – P. 136–145.

26. Nienow A. Mixing in the Process Industries / A. Nienow, N. Harnby, M. Edwards. – London : Butterworth-Heinemann, 1992. – 152 p.

27. Palermo T. Carbon potential control in MIM sintering furnace atmospheres [Electronic source] / Tony Palermo // Metal Powder Report. – 2014. – Vol. 69, № 3. – P. 16–21. – Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/s0026-0657\(14\)70130-4](https://doi.org/10.1016/s0026-0657(14)70130-4) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

28. Брюханов А. Н. Ковка и объемная штамповка / А. Н. Брюханов. – Москва : Машиностроение, 1975. – 408 с

29. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів / А. М. Степанчук. – Київ : «Центр учбової літератури», 2016. – 236 с.

30. Astaloy CrM [Electronic source] // Metal powders | Höganäs. – Режим доступу:

https://www.hoganas.com/api/Brochure/?pdf=/globalassets/downloads/libary/astaloy_astaloy-crm_1542hog.pdf&mode=brochure&title=Astaloy

					ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

[Astaloy%20CrM_1542HOG.pdf#page=1](#) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

31. ГОСТ 4404-78. Графит для производства карандашных стержней. – Введен с 1980-01-01. – Москва : ИПК Издательство Стандартов, 1980. – 7 с.

32. ДСТУ ISO 14175:2004. Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання. – Чинний від 2004-05-28. – Вид. офіц. – Київ : Держспоживстандарт України, 2004. – 5 с.

33. Smith D. Sintering furnaces for the PM industry [Electronic source] / D. Smith // Metal Powder Report. – 1990. – Vol. 45, № 9. – P. 605–610. – Режим доступу: [https://doi.org/10.1016/0026-0657\(90\)90588-8](https://doi.org/10.1016/0026-0657(90)90588-8) (дата звернення: 16.06.2024). – Назва з екрана.

34. Бондаренко В. П. Проектирование пресс-форм для изделий из твердых сплавов / В. П. Бондаренко, И. Я. Аронин, В. С. Мендельсон. – Киев : Научная думка. – 1983. – 184 с.

35. Кипарисов С. С. Оборудование предприятий порошковой металлургии / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко. – Москва : Металлургия, 1988. – 448 с.

36. Лахтин Ю. М. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва : Машиностроение, 1990. — 528 с.

37. Охорона праці та цивільний захист [Текст] : навч. посіб. / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний [та ін.] ; [за ред. О.Г. Левченка]. – Київ : Основа, 2019. – 472 с

38. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація : ДСТУЕН 133:2005. – Чинний з 01.07.2006. – Київ : Технічний комітет «Безпека промислової продукції та засоби індивідуального захисту працюючих», 2006. – 11 с.

39. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – від 09.01.1998, № 4 / Держнаглядохорони праці, Міністерство юстиції. – 93 с.

					<i>ФНО1.0102.1103.003.01ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

ДОДАТКИ

