

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра матеріалознавства і технології металів

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

О.М. Дубовий

«24» грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття вищої освіти «магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та удосконалення технології

виготовлення срібно-графітового електроконтактного виробу»

Виконав: студент 6 курсу, групи 6131м

О. В. Обозний

(прізвище та ініціали)

Керівник д-р техн. наук, професор

(прізвище та ініціали)

Ю. О. Казимиренко

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2024 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра матеріалознавства і технології металів

Освітньо-кваліфікаційний рівень другий (ступінь магістра)

Спеціальність 132 – матеріалознавство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент Карпеченко А. А.

" ____ "

2024р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Обозному Олександрову Володимировичу

1. Тема роботи «Дослідження та удосконалення технології виготовлення срібно-графітового електроконтактного виробу»
керівник проекту (роботи) д.т.н., доцент, професор каф. Матеріалознавства і технології металів Казимиренко Юлія Олексіївна

затверджені наказом вищого навчального закладу від 12.11.2024 р. №1185-уч

2. Термін подання роботи 19.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи літературні джерела, інструкції та методики, річна програма виготовлення електроконтактних виробів – 1000 000 шт.

4. Перелік питань, що належать розробці (найменування розділів)

1. Сучасний стан і проблемні питання з вибору складу та технології виготовлення електроконтактних матеріалів

2. Дослідження вихідних компонентів та прогнозування властивостей композиційного матеріалу Ag-C.

3. Розробка технологічної схеми і рекомендацій щодо вибору обладнання та організація робіт на дільниці виготовлення срібно-графітових електроконтактних виробів

4. Техніко-економічне обґрунтування проєкту з виробництва срібно-графітових електроконтактних виробів

5. Охорона праці і довкілля на виробничій дільниці з виготовлення стріло-графітових електроконтактів

Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік креслень і презентаційних матеріалів: 1. Призначення та умови експлуатації електроконтактних матеріалів. 2. Результати досліджень форми і розміру порошку графіту. 3. Результати досліджень пористості графітової пресовки. 4. Технологічна схема виготовлення електроконтактного виробу. 5. Практичні рекомендації з виготовлення срібно-графітового електроконтакту. 6. Практичні рекомендації щодо застосування срібно-графітового електроконтактного матеріалу. 7. Дільниця для виготовлення срібно-графітових електроконтактів. 8. Техніко-економічне обґрунтування впровадження удосконаленої технології. **Креслення:** Дозатор (СК)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	проф. Казимиренко Ю. О.	01.11.2024	01.11.2024
2	проф. Казимиренко Ю. О.	05.11.2024	05.11.2024
3	проф. Казимиренко Ю. О.	10.11.2024	10.11.2024
4	проф. Казимиренко Ю. О.	15.11.2024	15.11.2024
5	проф. Казимиренко Ю. О.	15.11.2024	15.11.2024

7. Дата видачі завдання 01.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан і проблемні питання з вибору складу та технології виготовлення електроконтактних матеріалів	13.11.2024	вик
2	Дослідження вихідних компонентів та прогнозування властивостей срібло-графітового матеріалу	22.11.2024	вик
3	Розробка технологічної схеми, вибір обладнання та організація робіт на дільниці виготовлення срібло-графітових електроконтактних виробів	29.11.2024	вик
4	Техніко-економічне обґрунтування проекту з виробництва срібло-графітових електроконтактних виробів	05.12.2024	вик
5	Охорони праці і довкілля на виробничій дільниці з виготовлення срібло-графітових електроконтактів	11.12.2024	вик
6	Складання висновків	14.12.2024	вик
7	Оформлення списку використаних джерел інформації та додатків	14.12.2024	вик
8	Складання та переклад анотації	14.12.2024	вик
9	Виконання графічної частини (1 креслення формату А1 і слайд-презентація)	14.12.2024	вик
10	Перевірка на плагіат	19.12.24	вик
11	Попередній захист	19.12.24	вик

Студент магістратури

О. В. Обозний

Керівник роботи

д.т.н., професор Ю. О. Казимиренко.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота «Дослідження та удосконалення технології виготовлення срібно-графітового електроконтактного виробу» на здобуття вищої освіти за спеціальністю 132 – матеріалознавство, освітньо-професійна програма «Композиційні та порошкові матеріали, покриття».

Робота присвячена питанням розвитку технологій виготовлення срібно-графітових електроконтактних матеріалів.

Мета роботи: дослідити процеси та удосконалити технологію виготовлення срібно-графітового електроконтактного виробу.

Об'єкт досліджень – процеси формування структури срібно-графітових матеріалів.

Методи досліджень: методи комп'ютерної металографії, аналіз діаграм стану, розрахункові методики прогнозування фізико-механічних властивостей за принципом адитивності.

Інформаційну базу досліджень становлять сучасні наукові праці вітчизняних вчених в області виготовлення порошкових електроконтактних матеріалів

Апробація роботи: результати були представлені на III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій» (24-26 вересня 2024 р.) у Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків.

Робота написана на 76 сторінках машинописного тексту, містить 18 рисунка, 20 таблиць, список використаних джерел з 26 найменувань.

Ключові слова: композиційні матеріали, електроконтактні матеріали, розплав срібла, порошок графіту, мікроструктура

ABSTRACT

Qualification work **"Research and improvement of the technology for the manufacture of silver-graphite electrocontact product"** for higher education in the specialty 132 – materials science, educational and professional program "Composite and powder materials, coatings".

The work is devoted to the development of technologies for the manufacture of silver-graphite electrocontact materials.

The purpose of the work: to investigate the processes and improve the technology for the manufacture of silver-graphite electrocontact product.

The object of research is the processes of formation of the structure of silver-graphite materials.

Research methods: methods of computer metallography, analysis of state diagrams, computational methods for predicting physical and mechanical properties according to the principle of additivity.

The information base of research is made up of modern scientific works of domestic scientists in the field of production of powdered electrocontact materials

Approbation of the work: the results were presented at the III International Scientific and Practical Internet Conference "Topical Issues of Chemistry and Integrated Technologies in Crisis Situations" (September 24-26, 2024) at O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Kharkiv.

The work is written on 76 pages of typewritten text, contains 18 figures, 20 tables, a list of used sources from 26 titles.

Keywords: composite materials, electrocontact materials, silver melt, graphite powder, microstructure

ЗМІСТ

Вступ	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ З ВИБОРУ СКЛАДУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ	8
1.1. Призначення та умови експлуатації електроконтактних матеріалів	8
1.2. Аналіз геометрії електроконтактного виробу	12
1.3 Огляд сучасних електроконтактних матеріалів	13
1.4. Аналіз технологій виготовлення електроконтактних матеріалів	16
1.5. Аналіз проблемних питань та постановка завдань досліджень	19
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ Ag-C.....	21
2.1 Матеріали і методи дослідження	21
2.2. Дослідження морфологічних характеристик порошку графіту	22
2.3. Аналіз структури і властивостей срібла	23
2.4. Вибір домішок для покращення змочуваності компонентів	30
2.5. Прогнозування властивостей срібло-графітового матеріалу	34
2.4 Висновки до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ НА ДІЛЬНИЦІ ВИГОТОВЛЕННЯ СРІБЛО-ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ ВИРОБІВ	38
3.1. Складання технологічної схеми та вибір обладнання	38
3.2. Розробка технологічної інструкції та практичних рекомендацій з експлуатації електроконтактних виробів	48
3.3. Модернізація конструкції порошкового дозатора	50
3.4. Організація виробництва на ділянці	51
3.5 Висновки до розділу 3	58

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ З ВИРОБНИЦТВА СРІБЛО-ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОКОТАКТНИХ ВИРОБІВ	60
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ НА ВИРОБНИЧІЙ ДІЛЬНИЦІ З ВИГОТОВЛЕННЯ СРІБЛО-ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОКОНТАКТІВ	68
ВИСНОВКИ	72
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	73
ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена необхідністю розвитку технологій виготовлення срібло-графітових матеріалів з використанням виробничих відходів кольорових металів.

Мета роботи: дослідити процеси та удосконалити технологію виготовлення срібло-графітового електроконтактного виробу.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання:**

1) проаналізувати сучасний стан і проблемні питання вибору і виготовлення електроконтактних матеріалів;

2) обрати і дослідити вихідні компоненти для виготовлення сріблогграфітових електроконтактних матеріалів; виконати розрахунки, які необхідні для прогнозування їх експлуатаційних властивостей;

3) розробити технологічну схему виготовлення сріблогграфітового електроконтактного виробу, обрати обладнання для технологічних операцій та розглянути організаційні заходи на виробничій дільниці ;

4) виконати техніко-економічне обґрунтування проєкту з виробництва срібнографітових електроконтактних виробів;

5) розглянути заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища.

Об'єкт досліджень – процеси формування структури срібно-графітових матеріалів.

Методи досліджень: методи комп'ютерної металографії, аналіз діаграм стану, розрахункові методики прогнозування фізико-механічних властивостей за принципом адитивності. Інформаційну базу досліджень становлять сучасні наукові праці вітчизняних вчених в області виготовлення порошкових електроконтактних матеріалів

Апробація роботи: результати були представлені на III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій» (24-26 вересня 2024 р.) у Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ З ВИБОРУ СКЛАДУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Призначення та умови експлуатації електроконтактних матеріалів

Електроконтактні матеріали використовуються для обладнання різноманітних пристроїв контактної дії, основним призначенням яких є комутація приладів у високовольтних пристроях з навантаженням до мільйону вольт та сотень тисяч ампер.

В електричному контакті повинні поєднатися такі експлуатаційні властивості: висока тепло - та електропровідність; тугоплавкість; висока міцність; твердість та зносостійкість; низький електроопір (в тому числі і контактний); корозійна та ерозійна стійкість вказано на (рис. 1.1). Також матеріали для електричного контакту повинні бути наділені дугогасною здатністю, не повинні зварюватися, володіти опіром для створювання мостів при замиканні та розмиканні.

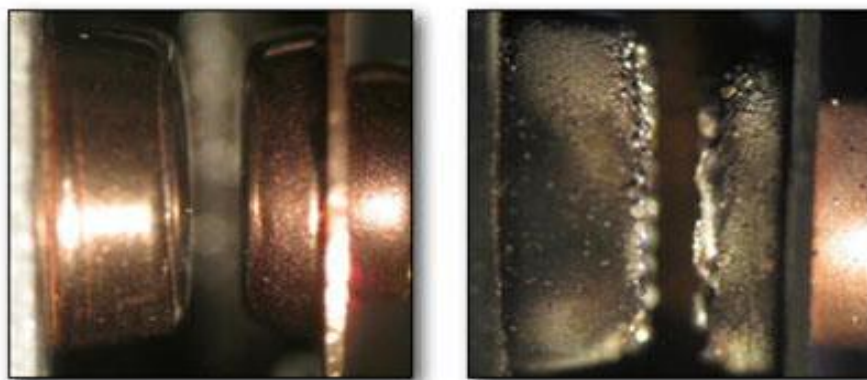


Рис. 1.1 Електричні контакти до початку експлуатації (ліворуч) і ушкоджені ерозією після 100000 циклів спрацювань (праворуч) [1]

До електроконтактних матеріалів відносять порошкові матеріали для виробництва електропровідних деталей комутаційних пристроїв [1]. Будь-які сучасні машини, агрегати, апарати або які-небудь пристрої, які споживають або

передають електроенергію, обов'язково забезпечені електроконтактами, матеріал яких має бути термічно, хімічно і механічно стійкий, мати малий електроопір (у тому числі і контактний) і володіти високою теплопровідністю, ерозійною стійкістю при дії електричної дуги, при замиканні і розмиканні контактів. Працездатність матеріалу електроконтакта тим краще, чим його зносостійкість при дуговому розряді менша.

Електроконтактні матеріали діляться на матеріали для низьковольтних та високовольтних приладів, розривні і ковзаючі контакти в кожній підгалузі електротехніки є типові навантаження, витримати які в змозі лише матеріали певного складу. Матеріали високовольтної техніки в тій або іншій мірі піддаються дії електродугової ерозії, виникає небезпека приварки контактів при проходженні струму; в низьковольтній техніці на першому плані стоять проблеми сталості перехідного опору.

Для більшості контактних матеріалів характерна добра електро - і теплопровідність, причому електроконтактні матеріали при проходженні електричного струму повинні якомога менше нагріватися, а при нагріванні не повинні руйнуватися і збільшувати електричний опір. При мініатюризації струмонесуча здатність контактних елементів повинна гарантувати надійну роботу приладу. Необхідно забезпечити стійкість контактного матеріалу до атмосферної корозії та мікроклімату, який існує в комутаційному пристрої. Електроконтактні матеріали повинні спрацьовувати відразу після включення незалежно від часу, протягом якого вони перебували на складі або не були в експлуатації.

Відповідно до різного роду впливів, вимоги до матеріалу контактів комутуючих пристроїв можна підрозділити по основних групах властивостей: електрофізичні, теплофізичні, механічні та хімічні.

До руйнівних чинників відносять: електричну дугу, іскри, проходження номінального струму, струмів перевантаження і короткого замикання, динамічні навантаження різної природи і термічні напруги, корозійний вплив середовища.

На матеріал контакту впливають результати дії руйнівних факторів: плавлення матеріалу, випаровування, розбризкування, перенесення, пластична деформація, утворення тріщин, відколів, утворення раковин, кратерів, осадження крапельок з бризок і парів; хімічну взаємодію з атмосферою, зварювання, втомні тріщини.

Знижують негативний вплив дії руйнівних факторів фізико-хімічні властивості контактного матеріалу:

- помірні температури плавлення і кипіння, високі теплоти плавлення і випаровування, теплоємність, теплопровідність;
- низька пружність парів, високий поверхневий натяг розплаву;
- високі електропровідність, робота виходу електрона, потенціал іонізації;
- висока міцність, ударна в'язкість, оптимальна твердість, пластичність;
- висока корозійна стійкість, висока летючість продуктів корозії і їх електропровідність, оптимальні міцність поверхневих шарів і сила їх зв'язку з основою.

Концентрований вираз, всі перераховані фізико-хімічні властивості електроконтактного матеріалу знаходять в коротких формулюваннях основних службових властивостей електричного контакту:

- висока електроерозійна стійкість під дією дуги;
- низький і стабільний перехідний опір при роботі в корозійно-активній атмосфері;
- низька схильність до зварювання під дією дуги, струму, динамічних і статичних навантажень;
- висока механічна зносостійкість.

Взаємовиключні властивості, несумісні в одному матеріалі, вдається об'єднати в композитах (званих ще псевдосплавами), які отримують методами порошкової металургії.

Ковзані електроконтакти являють собою пару тертя. Вимогами до цих матеріалів є наявність електричного контакту, низький коефіцієнт тертя. При цьому контактна пара не може складатися з однотипного матеріалу, вона

повинна складатися з різних матеріалів з різною твердістю, твердість струмонесучого елементу повинну бути в 2 рази вище.

У природі немає металів, сплавів або яких-небудь інших речовин, сукупність властивостей яких дозволяла б задовольнити різноманітні суперечливі вимоги, експлуатації, що пред'являються умовами, до контактних матеріалів. В міді, срібла, золота, платини і платиноїдов, що мають високу електро і теплопровідність і вельми низький контактний опір, надмірна схильність до ерозії при виникненні електричної дуги, низька критична сила струму і напруга, спостерігається схильність до залипання і зварюваності. Лише порошкова металургія дозволяє з найбільшою ефективністю, використовуючи різні технологічні варіанти, створювати композиційні матеріали заданого складу і структури. Аддитивне об'єднання властивостей окремих компонентів, що входять в матеріал, виявляється більшою мірою за відсутності їх хімічної взаємодії або утворенні розчинів один з одним.

В цілому порошкові контактні композиційні матеріали в порівнянні з литими на основі міді або срібла надійніші в експлуатації завдяки їх високій і ерозійній стійкості [2].

Питомий електроопір током'ємних елементів на срібляній основі в залежності від їх складу знаходиться у діапазоні від 0,02 до 0,028 Ом*см. Тому, вони мають перевагу перед вугільними вставками за переходним опором та падінню напруги в контакті: при пересуванні потягу зі швидкістю 65 км/год у вугільних вставок: $R = 0.0112$ Ом, $\Delta U = 7,5$ В, а у вставок на срібляній основі – відповідно 0,0028 Ом та 2 В.

Схема виробництва електроконтактних матеріалів методом порошкової металургії являє собою виготовлення сумішей порошків металів з легуючими добавками в необхідних пропорціях, пресування заготовок, високотемпературне спікання у відновленої або окислювальної атмосфері а або у вакуумі. Технологіям присвячено роботи [1-5].

1.2. Аналіз геометрії електроконтактного виробу

Електричний контакт, сукупність струмопровідних частин електричних апаратів, призначених для встановлення неперервності електричного кола, які впродовж свого відносного переміщення під час спрацьовування розмикають або замикають коло, або, у випадку шарнірних та ковзних контактів, підтримують неперервність кола. В електричних апаратах застосовується декілька різновидів контактів, пов'язаних з особливостями відносного пересування контакт-деталей: торцевий контакт, ковзний контакт, роликівий контакт.

Для поліпшення антифрикційних властивостей ковзаючих матеріалів у склад додають тверді змазуючі матеріали, такі як графіт, дисульфід молібдену, сульфід цинку, фтористий кальцій. Іноді додають легкоплавкі метали, наприклад галій. При цьому тверді частки, твердого мастильного виконують антифрикційну функцію, а метал забезпечує електричний зв'язок при наявності легкоплавкого металу зменшується зношення матеріалу.

Ковзаючі матеріали використовують в виді стрижнів, пластин, проволоч, циліндрів. Використовують для струмоз'ємників у залізному транспорті. Зовнішній вигляд деталей контактів залізного транспорту різних конструкцій приведений на рис 1.2.

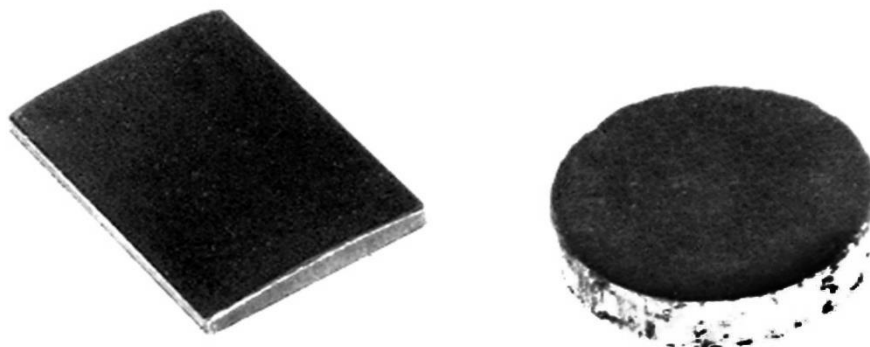


Рис. 1.2. Електроконтактна деталь для залізничного транспорту [1]

1.3. Огляд сучасних електроконтактних матеріалів

У навантажених апаратах з частими робочими циклами використовують контакти на основі міді. В умовах великих контактних натискань і частих циклів включення-відключення, а також конструктивних особливостей контактних вузлів, що працюють з притиранням срібло забезпечує гарну припрацьовуваність і досить низький контактний опір.

Всі матеріали схильні до утворення більш-менш стабільного електричного контакту. Благородні метали в цьому відношенні не є винятком. На їх поверхні утворюється тонкий, постійної товщини реактивний шар з достатньою провідністю; ця група матеріалів відповідає головній вимозі до низьковольтної техніки: сталість перехідного опору в місці контакту. Забруднення атмосфери, особливо сполуками, що містять сірку, створить додаткові проблемні питання, які на цей день не можливо вирішити.

В даний час розроблені сотні електроконтактних матеріалів для апаратів низьковольтної апаратури (НВА), але реально випускаються промисловістю і використовуються лише кілька десятків (табл. 1.1). Основна їх кількість належить до чотирьох систем: Ag-CdO, Ag-Ni, Ag-W, Ag-C, тобто абсолютна більшість з них на срібній основі або містять значну частку срібла.

Таблиця 1.1

Контактні матеріали для різних типів апаратів

Область застосування	Тривалий струм	Матеріал (долі матеріалів, %)
Реле і допоміжні контакти	>10A	Ag, AgCu (3-10 Cu), AgCdO (10-15 CdO), AgNi (10-20 Ni), AgC(C< 70)
Контактори	< 10 A	AgNi (10-20 Ni), AgCdO (10-15 CdO),
	> 10 A	AgSnO ₂ (8-12SnO ₂)
Автоматичні вимикачі (стандарти США)	< 125 A	MoAg (25-50 Ag), WAg(50 Ag)
Комутаційні вимикачі, що використовуються в житлових приміщеннях	<30 A	WAg (25-50 Ag), MoAg (Ag – збагачена поверхня), AgCdO (10-15 CdO), AgZnO (8-10 ZnO), AgSnO ₂ (8-

Область застосування	Тривалий струм	Матеріал (долі матеріалів, %)
		10 SnO ₂)
Автоматичні вимикачі (європейські стандарти)	<63 А	AgCdO (10-15 CdO), AgSnO ₂ (10-12 SnO ₂), AgC (3-5% C) + Cu, AgC (3-5 C) + AgNi (40-50 Ni), AgZnO (8 ZnO), MoAg (25-50 Ag)
Промислові автоматичні вимикачі без додаткових дугогасящих контактів	<400 А <800А	AgC (3-5 C), AgNi (40-50 Ni), AgC (3-5 C) + WAg (25-50 Ag). WAg (25-50 Ag), WCAg (35-50 Ag), MoAg (30-50 Ag)
Автоматичні вимикачі з головними і дугогасними контактами	> 400 А	Головні контакти: AgNi (20—40 Ni), AgCdO (10-15 CdO), MoAg (50 Ag), AgW (25-50 W) WCAg (35-50 Ag) Дугові контакти: WAg (20-35 Ag), WCu (30-50 Cu), WCAg (30-40 Ag)

Джерело: складено автором за аналізом джерел [1-6]

Срібло, крім високих тепло і електропровідності, пластичності, має малу спорідненість до кисню. А його оксиди Ag₂O і AgO розкладаються вже при невеликому нагріванні до 470 °С. До того ж вони мають відносно малий питомий опір відповідно, 1,0 і 0,012 Ом·см при кімнатній температурі, внаслідок цього срібло забезпечує низький перехідний опір контактів [6]. При окисленні срібної поверхні області стягування струму нагріваються (аж до декількох сотень градусів), оксиди Ag₂O і AgO в цих областях розкладаються на метал і кисень, і металевий контакт відновлюється (табл. 1.2).

Серед всіх контактних матеріалів з благородних металів найбільшого поширення набули срібло і його сплави, особливо композити на основі срібла. Область їх застосування простирається від слаботочної техніки (сила струму – міліампер напруга - мілівольт) до потужнострумових контактів високої розривної потужності. Серед всіх металів чисте срібло володіє високою електро і теплопровідністю і незначну спорідненість до кисню. Тому його вважають за краще всіх інших контактних матеріалів. Однак через велику схильність до приварювання, незначною стійкості до утворення сірчистих сполук його

застосування обмежене. Тому чисте срібло використовується як контактний матеріал тільки при відносно низьких механічних і електричних напругах.

Досліди за поліпшення контактних властивостей срібла звичайним легуванням призвели до створення деяких систем сплавів, використовуваних в даний час. Це сплави на основі Ag-Pd, які застосовуються в техніці, або сплави на основі Ag-C та Ag-Cd, надійно працюють у високовольтній техніці. Однак радикального вирішення проблеми їх використання не дало, оскільки підвищення твердості і зносостійкості матеріалу, досягається за рахунок легування, обов'язково супроводжується зниженням провідності і температури плавлення. Застосування методу порошкової металургії дозволило одержувати дисперсно зміцненні сплави, що мають підвищену твердість матеріалу без зменшення електропровідності. Температура плавлення композиту на основі срібла залишається такою ж, як у чистого срібла. Спектр властивостей композиційного матеріалу значно розширюється за рахунок введення в срібну основу оксидів металів і металоїдів. Наявність у складі матеріалу токопровідних або ізолюючих тонкодисперсних складових значно зменшує перетин провідника. Поліпшені контактні властивості композиційних матеріалів дозволяють зменшити розміри комутаційних блоків і витрати благородних металів.

Розглянемо срібло-графітові матеріали. Матеріали цієї групи в більшості створені для передачі електроенергії в русі. Вони повинні володіти хорошими характеристиками ковзання і запобігати приварювання контактних колодок в процесі комутації. Питомий електроопір током'ємних елементів на срібляній основі в залежності від їх складу знаходиться у діапазоні від 0,02 до 0,028 Ом*см. Тож, вони мають перевагу перед вугільними вставками за переходним опір та падінню напруги в контакт: при пересуванні потягу зі швидкістю 65 км/год у вугільних вставок: $R = 0.0112 \text{ Ом}$, $\Delta U = 7,5 \text{ В}$, а у вставок на срібляній основі – відповідно 0,0028 Ом та 2 В.

Використання у сильноточному ковзаючому контакті різнойменних за природою матеріалів дозволяє при знятті невеликих струмів знизити їх

зношування. Відсутність таких механізмів зношування як захоплювання, втомні руйнування поверхневих шарів, зниження абразивного зношування, дозволяє підвищити строк служби контактів на ділянках змінного струму.

У порівнянні з контактами зі звичайних металургійних матеріалів порошкові розмикаючі контакти з композиційних матеріалів володіють більш високими зносостійкістю і стійкістю до зварювання і оплавлення. В умовах високих струмових і механічних навантажень, коли матеріал контактів з чистих металів або сплавів розплавляється, розбризкується і інтенсивно випаровується в зоні контактування від термічної дії дуги та її електродинамічних сил, композиційні контакти незамінні.

Композиція срібло-графіт зазвичай містить не більше 5% графіту. Композиції з більш високим вмістом графіту застосовуються для контактів ковзання точних вимірювальних приладів, спеціальних електричних машин, тощо. Зі збільшенням вмісту графіту тимчасовий опір розриву, щільність, твердість і електрична зносостійкість зменшуються, а опір зварюванню зростає. Композиції Ag-C легко обробляються різанням, однак пластичність їх невисока. Обробка тиском можлива тільки при низькій концентрації графіту через утворення зсувних сколів і тріщин.

Для токоз'ємних елементів необхідно створити композиційний матеріал на вуглецевій матриці, бо металічна матриця не протистоїть високим температурам електричних розрядів. До того ж, металізація вуглецевого каркасу сріблом при розподілу його у вигляді окремих взаємопов'язаних прожилок дозволяє отримати у вуглецевої матриці каналів з високою теплопровідністю та електропровідністю, за якими відбувається відток тепла і струму від опорної точки дуги.

Маючи високу електропровідність, метало-вуглецеві вставки у токоземі, зокрема саме срібло-графітові вставки, незначно нагріваються та як наслідок, незначно нагрівають контактний дріт.

1.4. Аналіз технологій виготовлення електроконтактних матеріалів

Як зазначалося вище, для виробництва електричних комутуючих контактів, з композиційних матеріалів, застосовуються методи порошкової металургії. Зазвичай при виготовленні контактів з матеріалів срібло-графіт застосовується метод пресування-спікання. Даний метод передбачає пресування заготовок контактів із суміші, що містить порошки срібла і графіта, спікання заготовок, допресовки для формування остаточних розмірів і отримання необхідної щільності, а також відпал для зняття напружень. Іноді в цьому методі для збільшення остаточної щільності матеріалу контактів і підвищення міцнісних властивостей застосовують подвійне спікання і подвійну допресовку. Проте контакти срібло-графіт, отримані таким способом, мають невисоку ерозійну стійкість і механічну міцність, що викликано, головним чином, недостатньо високою густиною і твердістю цих контактів.

Контактні матеріали срібло-графіт, одержувані методами порошкової металургії, мають матричну структуру. У срібної матриці рівномірно розташовані включення графіту, що контактують між собою. Форма і розміри включень графіту можуть бути різні, вони визначаються як формою і розмірами вихідного порошку графіту, так і методом отримання контактного матеріалу.

У чистому вигляді срібло зберігає високу пластичність у широкому інтервалі температур. На відміну від срібла, з гранецентрованою кубічною ґратку, графіт має гексагональну кристалічну ґратку, що являє собою сукупність паралельних шарів (базисних площин), що складаються з правильних шестикутників, утворених атомами вуглецю. Відстань між атомами вуглецю в шарах менше, ніж відстань між шарами. У той час, сила зв'язку між атомами вуглецю в шарі істотно вище, ніж сила зв'язку між шарами [7-8].

Подібна структура графіту визначає його властивості, які сильно різні в двох головних напрямках. Шарувата структура графіту і мала величина сил зв'язку між шарами базисних площин сприяє ковзанню одного шару відносно другого навіть під дією малих зсувних напруг у напрямку паралельному базисним площинам, тому пластичність графіту вкрай обмежена.

Іншим методом виробництва електричних контактів, які мають низку переваги над методом пресування-спікання, є метод екструзії. Сутність методу полягає в тому, що попередньо спечену та спресовану заготовку продавлюють через фільтри меншого розміру, ніж перетин вихідної заготовки. При цьому досягається значна ступінь обтиснення і ущільнення матеріалу. Виготовляють контакти з отриманих після екструзії напівфабрикатів різанням або штампуванням. Основним технічним параметром, що характеризує продавлювання екструзії, є коефіцієнт витяжки або просто витяжка.

У зв'язку з тим, що при екструзії матеріал заготовки переміщується в напрямку прикладеного зусилля, структура одержуваних контактів анізотропна: включення графіту в матеріалі розташовуються уздовж одного напрямку - осі екструзії. Завдяки цьому, при різанні напівфабрикатів на контакти під певним кутом до осі екструзії, можна отримати контакти з переважним розташуванням включень графіту по відношенню до робочої поверхні контакту. Зазвичай виготовляють контакти срібло-графіт з орієнтацією включень графіту розташованих перпендикулярно або паралельно робочій поверхності до контакту.

Не дивлячись на описані вище переваги, метод екструзії до теперішнього часу не знайшов широкого застосування при виготовленні контактів з матеріалу системи срібло-графіт. Пояснюється цей факт тим, що в ряді робіт присвячених дослідженню матеріалів срібло-графіт, отриманих методом екструзії, зустрічаються суперечливі результати. Залишаються нез'ясованими ряд важливих аспектів, зокрема, як переважне розташування включень графіту в структурі позначається на стійкості до зварювання контактних матеріалів срібло-графіт. Не визначена ступінь впливу на структуру і властивості матеріалів срібло-графіт такого важливого параметру процесу екструзії, як коефіцієнт витяжки, не має точних даних про те, як впливає розмір часток срібного порошку на контактні властивості матеріалу. Відсутні спроби виявити природу впливу орієнтації включень графіту в матеріалі відносно робочої поверхні на контактні властивості.

Для токоз'ємних елементів бажанно створити композиційний матеріал на вуглецевій матриці, бо металічна матриця не протистістоїть високим температурам електричних розрядів. До того ж, металізація вуглецевого каркасу сріблом при розподілу його у вигляді окремих взаємопов'язаних прожилок дозволяє отримати у вуглецевої матриці каналів з високою теплопровідністю та електропровідністю, за якими відбувається відток тепла і струму від опорної точки дуги. Введення металу у вуглецеву основу просочуванням дозволить знизити темп росту температури при підвищенні струму. Тож, виготовляти деталь електричного контакту доцільніше виготовляти методом просочування розплавом срібла вуглецевого каркасу. Вуглецевий каркас (матиме собою вуглецеву пресовану заготовку) забезпечить кращі показники електро та теплопровідності матриці, ніж дисперсні включення графіту у випадку застосування технологій пресування-спікання або екструзії.

1.5. Аналіз проблемних питань та постановка завдань досліджень

На підставі проведеного огляду літератури встановлено, що у залізничному транспорті застосовують різноманітні пристрої контактної дії, що виготовленні з композиційних матеріалів. Серед відомих композицій у більшій мірі відповідають умовам роботи контактів залізничного транспорту наступні системи: Ag-CdO, Ag-Ni, Ag-W, Ag-C, серед яких найменшою собівартістю характеризуються срібло-графітові матеріали. Однак, традиційна технологія виробництва електроконтактів методом пресування-спікання вимагає використання коштовних порошків срібла. При технології просочення розплавом срібла графітової пресовки, розподіл срібла у виді окремих прожилок дозволяє отримати канали з високою теплопровідністю та електропровідністю, за якими відбувається відток тепла і струму від опорної точки дуги, срібло значно підвищує пропускну здатність і надійність роботи контактів на повітрі, бо дуже повільно окислюється, а оксиди срібла володіють

гарною провідністю і тому майже не погіршують електричного контакту. Експериментальні зразки таких матеріалів вже отримувались на базі наукових установ, однак технології їх одержання ще недостатньо дослідженні та потребують подальшої розробки, тому, метою дипломної роботи є дослідження та розробка технології виготовлення срібло-графітового композиційного матеріалу методом просочення.

Мета роботи: дослідити процеси та удосконалити технологію виготовлення срібло-графітового електроконтактного виробу.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання:**

1) проаналізувати сучасний стан і проблемні питання вибору і виготовлення електроконтактних матеріалів;

2) обрати і дослідити вихідні компоненти для виготовлення срібнографітових електроконтактних матеріалів; виконати розрахунки, які необхідні для прогнозування їх експлуатаційних властивостей;

3) розробити технологічну схему, обрати обладнання для технологічних операцій та розглянути організаційні заходи на виробничій ділянці з виготовлення малогабаритних циліндричних виробів;

4) виконати техніко-економічне обґрунтування проєкту з виробництва срібнографітових електроконтактних виробів;

5) розглянути заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища.

Об'єкт досліджень – процеси формування структури срібно-графітових матеріалів.

Методи досліджень: методи комп'ютерної металографії, аналіз діаграм стану, розрахункові методики прогнозування фізико-механічних властивостей за принципом адитивності.

Інформаційну базу досліджень становлять сучасні наукові праці вітчизняних вчених в області виготовлення порошкових електроконтактних матеріалів

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ Ag–C

2.1. Матеріали і методи дослідження

Для виготовлення електроконтактного композиційного матеріалу обрано як вихідні матеріали графіт та срібло.

Графіт – це мінерал з класу самородних елементів, одна з аллотропних модифікацій вуглецю хімічна формула C. Зустрічається в природі у вигляді мінералу. Він є сіруватим або чорним непрозорим матеріалом з металевим блиском. Природний графіт утворюється в результаті метаморфізму органічних речовин, таких як торф або дерево. Він зустрічається в багатьох частинах світу. Графіт легко залишає сірий наліт на папері чи інших шорстких поверхнях, коли окремі пластівці стираються, що використовується в олівці. Графіт має широкий спектр застосувань через свої унікальні фізичні і хімічні властивості [3-5].

Технічне срібло використовується в різних сферах промисловості — для виробництва радіоелектронних компонентів, які містяться у приладах і обладнанні [6-10]. Коли мова заходить про срібло, багато хто відразу ж асоціює цей благородний метал з ювелірними прикрасами, предметами декору, посудом. Таке срібло називається технічним. Чим же воно відрізняється від звичайного знайомого нам за ювелірними крамницями, металу. Багато хто думає, що технічне - це низькопробне срібло, з великим вмістом різних домішок. Ні в якому разі, все абсолютно, навпаки: для технічних цілей, у виготовленні складних приладів, практично завжди використовують срібло найвищої проби (999), без домішок. Такий метал в ювелірній справі не використовують, через те, що він занадто м'який. Також, для виробництва різних радіоелектронних компонентів застосовують не тільки чисте срібло, а й сплави технічного срібла з іншими металами.

2.2. Дослідження морфологічних характеристик порошку графіту

Графіт - алотропна модифікація вуглецю, найбільш стійка при звичайних умовах. У композиційному електроконтактному матеріалі утворення графітового каркасу запобігає зварюваності та утворенню містків струму. До того ж електрична провідність монокристалів графіту в напрямку, паралельному базисній площині, близька до металевої.

У порошковій металургії для виготовлення деталей електричних контактів зазвичай використовують електровугільний графіт марок ЕУЗ, ЕУТ або ЕУН. Графіт за фізико-хімічними показниками повинен відповідати нормам, зазначеним у таблиці 2.1.

За зовнішнім виглядом графіт, має металевий свинцево-сірий колір, що коливається від сріблястого до чорного, з характерним жирним блиском.

Таблиця 2.1.

Фізико-хімічні показники для електровугільного графіту

Показник	Норми для марки				
	ЕУЗ М	ЕУЗ ІІ	ЕУТ І	ЕУТ ІІ	ЕУН
Зольність, не більш, %	0,5	5,0	2,0	5,0	13,0
Вихід летучих речовин, не більш, %	0,5	0,9	0,6	0,9	2,0
Масова частка вологи, не більш, %	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0
Масова доля сірки, не більш, %	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
Товщина помолу: Залишок на сітці № 0071, %, не більш	5	3	2	3	3
Проході через сітку № 0045, %	75-90	75-90	75-90	75-90	75-90

Джерело: складено автором за аналізом праць [1-5]

Для виготовлення матеріалу електроконтакту залізного транспорту був обраний графіт марки ЕУЗ-М – малозольний завальївського родовища з-за найменшого вмісту вологи, сірки та виходу летучих речовин.

Розглянемо найважливіші властивості графіту, деякі з яких приведені у таблиці 2.2.

Графіт має велику теплопровідність, яка дорівнює 359,6В/мК і займає місце між паладієм і платиною. Графіт стійкий до температурних перепадів, тож швидкий нагрів або швидке охолодження не являє собою проблем. Діаграма стану вуглецю представлена на рис. 2.1.

Таблиця 2.2.

Фізичні властивості графіту ЕУЗ-М

Властивості	Графіт
Електричні властивості: Питомий електричний опір, Ом·мм ² /м	13,0
Термічні властивості: Теплопровідність, Вт/мК Температура сублімації, К Коефіцієнт термічного розширення, $\times 10^{-6}$, К ⁻¹	359,6 4200 3
Магнітні властивості	діамагнітний
Пружність: Опір на розрив (дрот), кг/мм ² Модуль вигину(дрот), кг/мм ² Межа міцності, МПа	2 836 9,8-14,7

Джерело: [1]

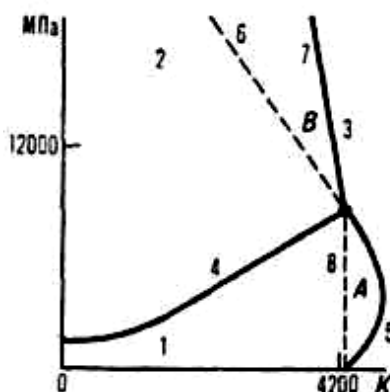


Рис. 2.1. Діаграма стану вуглецю [1]

Як видно з рисунку 2.1. 1 і 2 – області стійкості відповідно графіту і алмазу; 3-область існування розплаву вуглецю; 4-лінія рівноваги графіт-алмаз;

5, 6, 7, 8-лінії плавлення відповідно графіту, метастабільного графіту, алмазу і метастабільного алмазу в полі графіту; А і В-області існування термодинамічно нестійких алмазу і графіту відповідно.

Низький коефіцієнт теплового розширення графіту і пов'язана з цим висока стійкість до температурних напруг, є вирішальним чинником застосування його, як важливого і незамінного допоміжного матеріалу в металообробній, чавуноливарній і сталеливарній промисловості, тобто всюди, де робочі поверхні повинні охоронятися від прямого впливу розплавленого металу. Важливою перевагою при такому використанні є також його незмочуванність, повністю відновленими металами і нейтральними шлаками, міцність при високих температурах. Завдяки високій провідності, значною теплопровідності, термостійкості та хімічної стійкості вуглецеві матеріали застосовуються в електротехніці та електронних компонентах в якості електропровідних матеріалів. З них виготовляють резистори, електроди, нагрівачі, щітки для електродвигунів та інші електровугільні вироби. Твердість графіту в напрямку, паралельному шарам, близько 1 (за мінералогічною шкалою), у напрямку, перпендикулярному шарам, 5 і більше. Кристалічний графіт отримують з руд методом флотації. Вихідна сировина для отримання графіту - нафтовий або металургійний кокс, антрацит і пік. Окремі частки вихідних вуглецевих матеріалів у результаті карбонізації при випалюванні зв'язуються в монолітне тверде тіло, яке потім піддають графітації (кристалізації). За одним із методів кокс або антрацит подрібнюють і змішують з пеком у певних співвідношеннях, пресують при тиску до 250 МПа, а потім піддають випаленню при 1200 °С і графітації при нагріванні до 2600-3000 °С. Для зменшення пористості отриманий графіт просочують синтетичною смолою або рідким пеком, після чого знову піддають випалу й графітації. У виробництві графіту підвищеної щільності просочення, випал і графітації повторюють до п'яти разів. Із суміші, яка містить кокс, пек, природний графіт і до 20% тугоплавких карбідоутворюючих елементів (наприклад, Ti, Zr, Si, Nb, W, Ta, Mo, V), отримують рекристалізований графіт. Вихідну шихту

нагрівають в графітових пресформах до температури, на 100-150 ° С перевищує температуру плавлення евтектичної суміші карбіду з вуглецем, під тиском 40-50 МПа протягом кількох десятків хвилин.

Дослідження морфології порошку графіту марки ЕУЗ-М. Мікроструктурі дослідження проводили за допомогою металографії і біологічних мікроскопів ММР-2Р і БІОЛАМ [12].

Мікрофотографію порошоків було одержано за допомогою біологічного мікроскопу БІОЛАМ-И. Аналіз цифрового зображення виконано за допомогою програмного комплексу МЕГРАН, який дозволяє провести визначення розмірів та фактору форми частинок. Фактор форми використовується для кількісного опису форми частинок, це безрозмірна геометрична характеристика, постійна для частинок даної форми незалежно від їх розміру. Для визначення цього фактора найчастіше використовується фактор Салтикова. Форма частинок залежить від методу отримання порошку і може бути найрізноманітнішою: уламковою (фактор форми 0,3...0,6) – для розмелених порошоків; дендритною (0,2...0,3) - для електrolітичних; лускатою (0,4...0,6) - для порошоків після вихрового розмелу; сферичною (0,9... 1,0), округлою (0,6...0,9) - для розпиленних порошоків, тощо. Від форми частинок істотно залежать технологічні властивості й питома поверхня порошоків.

Мікроструктура порошку графіту наведена на рис. 2.2. Дослідження морфології порошку проводилось у програмі МЕГРАН. Розподіли порошку графіту за фактором форми, розміром та площею приведені у виді діаграм на рис. 2.3.

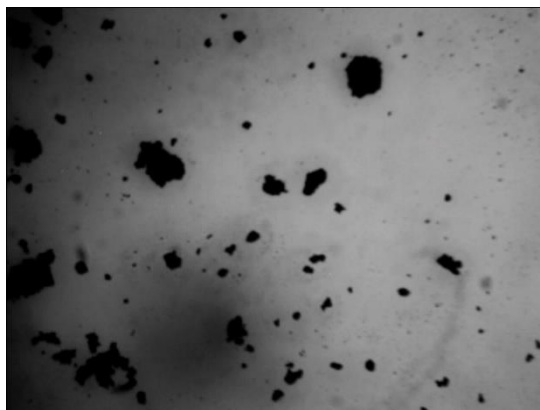


Рис. 2.2. Порошок графіту, x150 [зроблено автором]

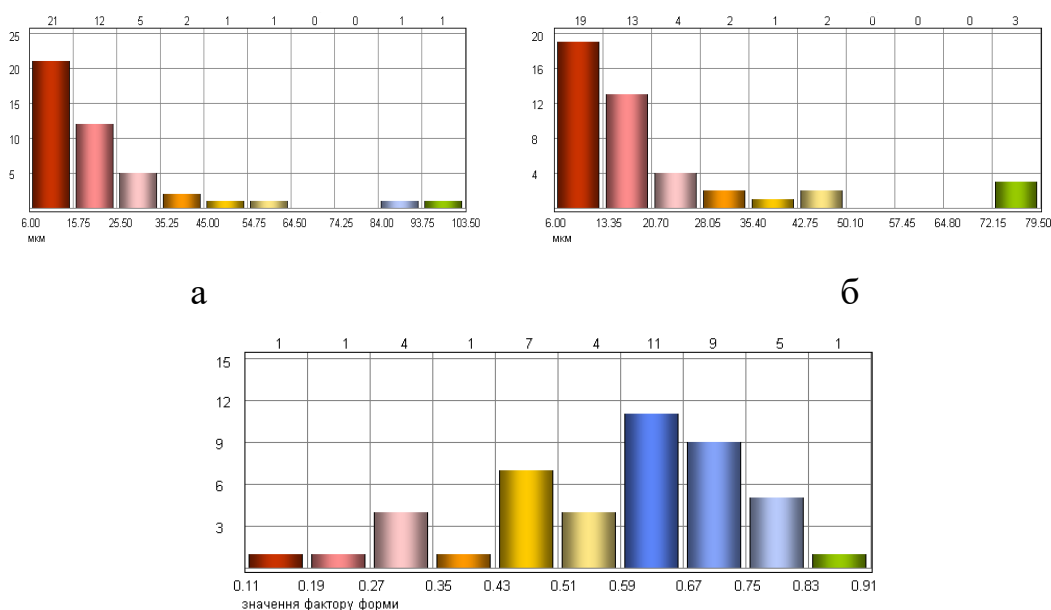


Рис. 2.3. Гістограми розподілу для порошку графіту [зроблено автором]:

а – розподіли для часток порошку графіту за розміром (X), б – розподіли для часток порошку графіту за розміром (Y), в – розподіли для часток порошку графіту за фактором форми

Дослідженням залежності розподілу розмірів частинок за фактором форми виявлено, що для порошку графіту зі зменшенням розміру фракції збільшується кількість округлих частинок. Дослідженнями морфології порошку виявлено, що середнє значення за розміром по віссі x дорівнює $D(X)$: 22,195 мкм, середнє значення за розміром по віссі y $D(Y)$: 20,759 мкм, максимальна кількість частинок фракцією має фактор форми 0,51...0,83, що свідчить про округлу форму часток.

Для виготовлення графітової заготовки буде необхідно використання кам'яновугільного пеку. Пек кам'яновугільний (основні характеристики наведені у таблиці 2.3) – твердий продукт переробки кам'яновугільної смоли (вихід 50-60% за масою). Обрано високотемпературний пек, температура змішування вуглецю з пеком у шнековому змішувачі призначена 160 °C. Однорідне по зовнішній вазі, термопластична речовина чорного кольору з блискучим зломом. Не має певних температур плавлення і затвердіння, плавиться в інтервалі, що характеризується температурою розм'якшення.

Таблиця 2.3.

Основні характеристики кам'яновугільних пеків

Характеристики	Пек кам'яновугільний	
	Середньо температурний	Високотемпературний
Елементний склад, %	92-93 С, 4,3-4,7 Н, 0,3-0,85 S, 1,7-1,8 N, 0,8-1,0 O	
Щільність, г/см ³	1,2 -1,3	
Зольність, %	0,2-0,3	
Температура розм'якшення, °С	65-90	135-150
Вихід летючих речовин %	53-63	43-54

Джерело: [18]

2.3. Аналіз структури і властивості срібла

Враховуючи те, що деталь електричного контакту виготовлятиметься методом просочування розплавом срібла графітової заготовки, було прийнято рішення використати срібляні злитки. Срібляні злитки будуть піддаватись розплавленню.

Для потреб народного господарства використовують афіноване срібло у злитках, марок СрА-1, СрА-2 та СрА-3 з масовою долею срібла 99,99 %, 99,98 % та 99,9 % відповідно. Склад домішок наведений у таблиці 2.4 [6]. Властивостям і структурним особливостям срібла присвячено роботи авторів [6-9].

Таблиця 2.4.

Домішки компонентів у срібляних злитках марок СрА, %

Домішки	СрА-1	СрА-2	СрА-3
Au	0,0006	0,0006	0,05
Pt	0,001	0,001	0,05

Домішки	СрА-1	СрА-2	СрА-3
Fe	0,001	0,002	0,002
Pb	0,002	0,003	0,003
Bi	0,001	0,002	0,002
Te	0,002	0,004	0,004
Sb	0,001	0,002	0,002
Загалом	0,01	0,02	0,1

Джерело: [6]

Для виготовлення деталі електричного контакту залізного транспорту, був обраний матеріал срібла СрА-1 як злиток найбільшої чистоти. Найважливіші властивості срібла наведені у табл. 2.5 [6].

Таблица 2.5.

Властивості срібла марки СрА-1

Властивості	Срібло
Електричні властивості	
Питомий електричний опір, Ом·мм ² /м	0,0162
Термічні властивості	
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	419
Температура плавлення, °С	960,5
Коефіцієнт термічного розширення, $\times 10^{-6}$, К ⁻¹	4,1
Магнітні властивості	діамагнітний
Модуль пружності, ГПа	82,7
Межа міцності, МПа	140 – 180

Джерело: [6]

Срібло має кубічну гранецентровану гратку. Теоретична щільність складає $10,5 \times 10^3$ кг/м³, температура плавлення +960,5 °С, температура кипіння +2177 °С (пари жовтуватого-сині); воно діамагнітне, є дуже добрим провідником тепла і електрики. Срібло володіє найвищою серед металів питомою електропровідністю $62,97 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при 25 °С, теплопровідністю 419 Вт / (м · К.) при 18 °С і відбивною здатністю 90-99% (при довжинах хвиль 100000-5000 Å). Питома теплоємність 234,46 Дж / (кг·К), питомий електроопір 0,0162 мк Ом·м, при 20 °С. Срібло діамагнітне, модуль пружності 82,7 ГПа, межа

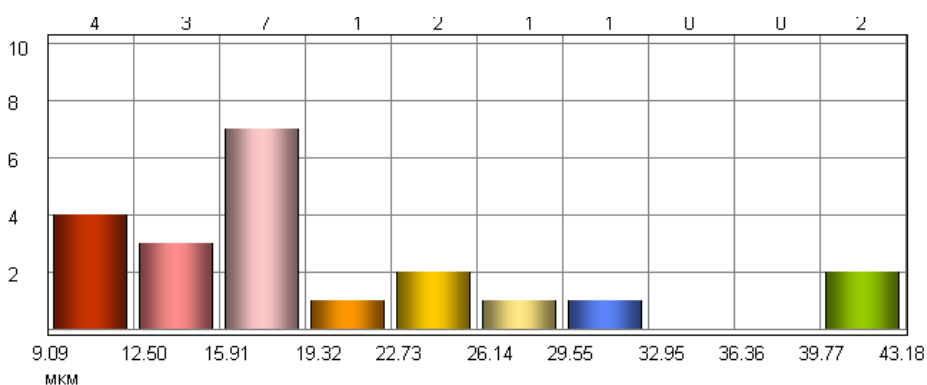
міцності 180 МПа, твердість за Бринеллем 245-250 МПа. Мікроструктура срібляного зливку приведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 Мікроструктура ($\times 400$) срібла марки СрА-1 [6]

Візуальний огляд показав, що поверхня злитку відрізняється чистотою, досить гладка, не містить помітних тріщин і неслитин. На поверхні заготовок з срібла не було виявлено неметалевих і інших включень. Поверхневий шар (коркова зона) отриманих заготовок складається з досить дрібних кристалів, форма яких близька до рівноосної. Крім того, слід зазначити, що по краях кристали викриваються більш округлою формою і є дрібніше, ніж кристали, розташовані в центральній частині зразку.

У результаті металографічних досліджень (гістограми наведені на рис. 2.5) встановлено, що поверхня злитків срібла марки СрА-1 щільний, без пор і сторонніх включень. Середній розмір зерна – 19,6 мкм, фактор форми – 0,33.



а

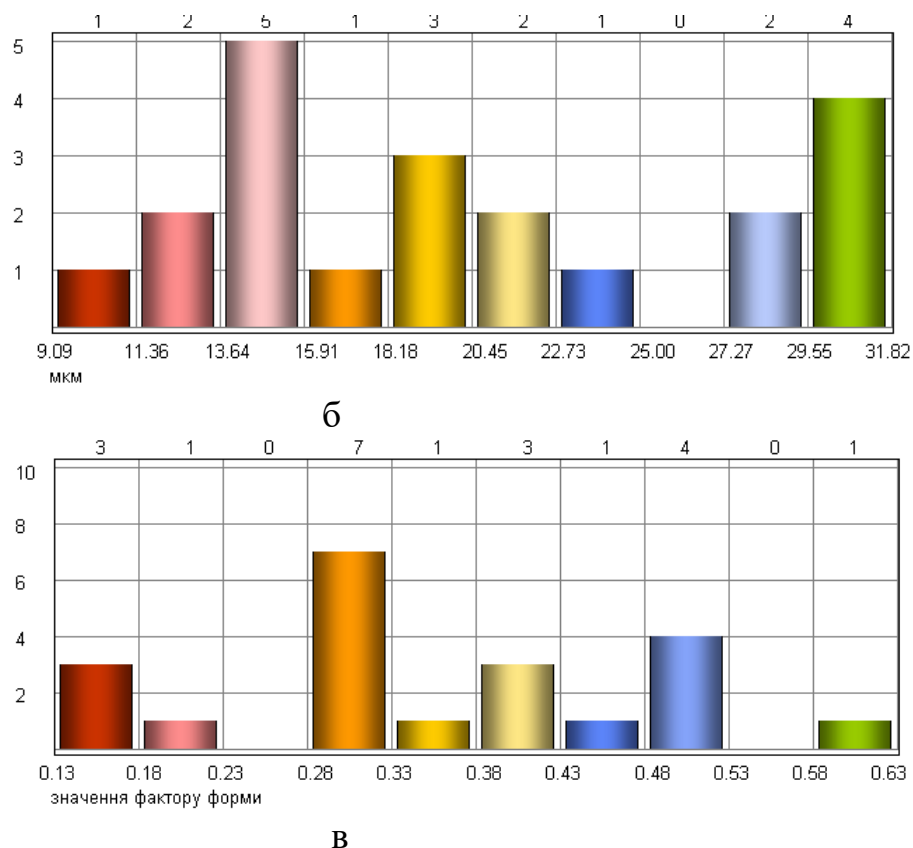


Рис. 2.5 Гістограми розподілу зерен у злитку срібла марки СрА-1
[зроблено автором]:

а – розподіли для часток порошку графіту за розміром (X), б – розподіли для часток порошку графіту за розміром (Y), в – розподіли для часток порошку графіту за фактором форми

2.4. Вибір домішок для покращення змочуваності компонентів

Діаграма стану срібло-графіт приведена на рис 2.6. У системі має місце перитектичне перетворення $J + C^*(Ag)$ при температурі $962,23^{\circ}C$. Розчинність вуглецю в сріблі при перитектичній температурі складає $0,036\%$ (ат.) $0,004\%$ (за масою). Розчинність C в Ag в інтервалі температур $780-961^{\circ}C$ може бути описана рівнянням $lgx = 1,25-3317 / T$, а розчинність графіту в розплаві Ag - рівнянням $lgx = -19500 / T + 6,1$, де x - атомна частка C, T - температура, К. Екстрапольоване значення розчинності графіту в розплаві Ag при температурі, близької до температури плавлення Ag, становить $<10^{-7}\%$ C. Розчинність C в розплаві Ag складає $0,0012$; $0,0025$ і $0,0022\%$ (за масою) при температурах 1660 ,

1735 і 1940 °С, відповідно, а розчинність С (у вигляді графіту) в (Ag) дорівнює 0,026-0,04% (за масою).

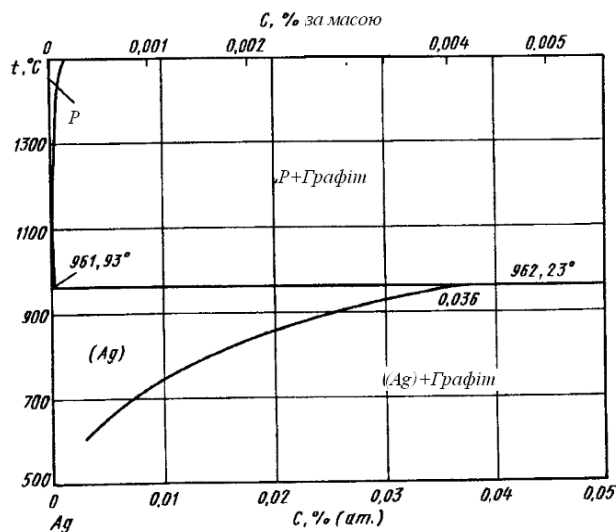


Рисунок 2.6 Діаграма стану срібло-графіт [1]

Отримання взаємопов'язаних каналів срібла в композиті вуглець-метал пов'язане з певними труднощами, зумовленими повною незмочуваністю вуглецевих матеріалів сріблом. Як видно, срібло виявляє малу хімічну активність по відношенню до вуглецю і, як наслідок, низьку адгезійну активність і низький рівень змочування поверхні графіту. Відомо, що тільки близько 20% металів періодичної системи елементів виявляють малу хімічну активність по відношенню до вуглецю і, як наслідок, низьку адгезійну активність і відсутність змочування поверхні графіту (кут змочування 130-140°). Метали побічної підгрупи Б періодичної системи елементів періодів IV-VI взаємодіють з вуглецем допомогою дисперсійних сил, енергія яких дуже мала, що обумовлює погану змочуваність в таких системах. До цих металів відноситься срібло. При розробці найбільш технологічного сплаву просочування необхідно підібрати легуючі елементи до срібла, які збільшували б змочуваність графіту сріблом.

Значну здатність змочування графіту виявляють елементи, які досить інтенсивно хімічно взаємодіють з вуглецем утворюють карбіди, розчиняють вуглець, дифундують всередину твердої фази. При взаємодії вуглецю з перехідними частинами валентних електронів атом вуглецю переходить в

незаповнену їх оболонку. Інтенсивність взаємодії та ступінь змочування графіту перехідними металами безпосередньо пов'язані зі ступенем дефектності d і j рівнів атомів металу. Зокрема, до періоду IV спостерігається збування адгезійної активності до графіту в ряду Cr, V, Mn, Fe, Co, Ni. У зв'язку з цим срібло, як просочувальний матеріал можна легувати Cr, Mn, а також такими активними елементами, як B, Mg, P, Zr, S. Чисте срібло має кут змочування $139-142^\circ$, тобто не змочує графіт. Вміст у сріблі 1% Mn дозволяє зменшити кут до $108-114^\circ$. Введення в срібло хрому (1,64%) змінює кут змочуваності графіту до $50-67^\circ$. Кремній в сріблі також позитивно впливає на змочуваність графіту. У сплаву Ag - 0,503% Si кут = $84-96^\circ$. Порівняльні данні приведені у табл. 2.5, а на рис. 2.7 приведена діаграма, побудована за даними табл. 2.6. Як видно з рис. 2.7. для покращення просочення графітового каркасу срібляним розплавом, оптимальніше ввести у сплав срібла хром у кількості 1,64 % за масою.

Таблиця 2.6.

Порівняльні данні щодо домішок у сплав срібла для покращення параметру змочуваності

Компонент	Доля компоненту в сплаві, %	Крайовий кут змочування, $^\circ$	Ціна домішки, грн/кг
Чисте срібло	0	142	-
Додавання Mn	1	114	200
Додавання Cr	1,64	67	150
Додавання Si	0,503	96	250

Джерело: [6]

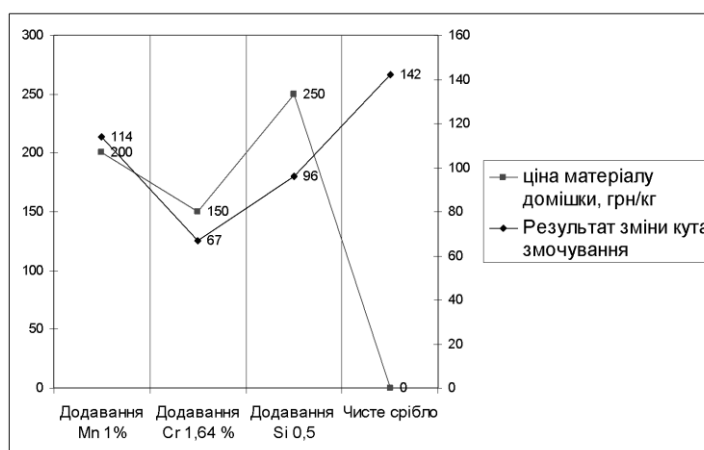


Рис. 2.7. Діаграма порівняння цін та параметру покращення змочуваності домішок у сплав срібла [9]

Аналіз особливостей структури та властивостей хрому.

Обрано злиток хрому марки Х9904 щільністю 7,14 г/см³, температура плавлення 1878 °С. Фізичні властивості хрому приведені у табл. 2.7. Розглянемо взаємодію компонентів срібло-хром за діаграмою стану рис. 2.8. Діаграма срібло-хром характеризується наявністю області незмішуваності та відсутністю інтерметалідних фаз. Температура монотектичної рівноваги $Ж_1 \leftrightarrow Ж_2 + Cr$ прийнята 1450 ± 5 °С. Монотектичній точці відповідає вміст срібла 3%. Як видно з діаграми область незмішуваності протягається від 3% до 97 % вмісту срібла.

Таблиця 2.7.

Фізичні властивості хрому марки Х99

Параметр	Значення
Щільність при 20 ⁰ С, х10 ³ кг/м ³	7,14
Температура плавлення, °С	1878
Температура кипіння, °С	2469-2480
Теплота пароутворення, КДж / Моль	344,4
Теплопровідність Вт /(м·К)	93,7
Температурний коефіцієнт лінійного розширення	$6,2 \cdot 10^{-6}$
Питомий електричний опір, Ом·мм ² /м	1,1
Твердість за Бринеллем, МПа	687

Джерело: [6]

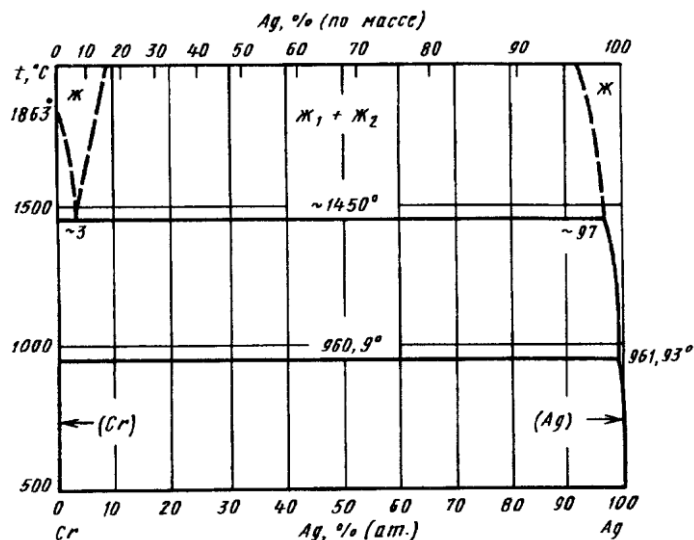


Рис. 2.8. Діаграма стану Ag-Cr [6]

Розчинність твердого Cr в рідкому Ag встановлена методом хімічного аналізу в інтервалі температур 960...1445 ° С.

2.5. Прогнозування властивостей срібло-графітового електроконтакту

Прогнозування фізико-механічних властивостей матеріалу було розраховано за принципом адитивності, виходячи з хімічного складу і особливостей структури матеріалу. Методику розрахунків наведено у роботі [19].

Щільність срібло- графітової засипки обчислюється:

$$\rho_{\text{вир}} = (\alpha_1\rho_1 + \alpha_2\rho_2) \times (1 - \theta) \quad (2.1)$$

де $\rho_{1,2}$ – теоретичні щільності сплаву срібла та графітового каркасу; $\alpha_{1,2}$ – доля порошків срібла та графіту у кінцевому виробі - 0,5 % та 0,5 % відповідно; θ – пористість кінцевого виробу = 10 %.

Щільність графітового каркасу знайдемо за формулою 2.2:

$$\rho_{\text{каркасу}} = \rho_{\text{графіту}} \times (1 - \theta_{\text{каркасу}}) \quad (2.2)$$

де $\rho_{\text{графіту}} = 2,267 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, $\theta_{\text{каркасу}} = 50 \%$.

$$\rho_{\text{каркасу}} = 2,267 \times 10^3 \times (1 - 0,5) = 1,13 \times 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

Щільність срібляного сплаву, легованого хромом обчислимо за формулою 2.3.:

$$\rho_{\text{вир}} = (\alpha_1\rho_1 + \alpha_2\rho_2), \quad (2.3)$$

Де $\rho_{1,2}$ – теоретичні щільності срібла та хрому відповідно

$\alpha_{1,2}$ – доля срібла та хрому у сплаві відповідно (данні наведені у табл. 2.8.).

Таблиця 2.8.

Вихідні розрахункові данні

Показник	Срібло	Хром	Джерело: [6]
Теоретична щільність, $\times 10^3$, кг/м ³	10,5	7,14	
Доля компоненту у сплаві, %	93,6	1,64	

$$\rho_{\text{Ag-Cr}} = (0,936 \times 10,5 \times 10^3 + 0,0164 \times 7,14 \times 10^3) = 10,45 \times 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

Тож, щільність срібло графітової композиції дорівнює:

$$\rho_{\text{вир}} = (0,5 \times 10,45 \times 10^3 + 0,5 \times 1,13 \times 10^3) \times (1 - 0,1) = 5,79 \times 10^3 \times 0,9 = 5,211 \times 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

Маса виробу обчислюється за формулою 2.4.:

$$M_{\text{вир}} = \rho_{\text{вир}} \times V_{\text{вир}} \quad (2.4)$$

Об'єм виробу:

$$V_{\text{вир}} = L \times B \times H, \text{ де}$$

L, B, H – довжина, товщина та висота деталі = 80, 30, 15 мм відповідно.

$$V_{\text{вир}} = 0,08 \times 0,03 \times 0,015 = 36 \times 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$M_{\text{вир}} = 5,211 \times 10^3 \times 36 \times 10^{-6} = 187,6 \times 10^{-3} \text{ кг};$$

Масову долю графітового каркасу визначимо за формулою 2.3.:

$$m_{\text{каркасу}} = M_{\text{вир}} \times W_{\text{графіту}};$$

де, $m_{\text{каркасу}}$ - маса графітового каркасу; $M_{\text{вир}}$ - маса виробу; W - масова частка графіту у виробі.

$$m(\text{C}) = M \times W(\text{C}) = 187,6 \times 10^{-3} \times 0,5 = 93,8 \times 10^{-3} \text{ кг};$$

Масу легуючого компоненту - порошку хрому знайдемо наступним чином:

$$m(\text{Cr}) = (M_{\text{вир}} - m(\text{C})) \times 1,64 \% / 100\% = (187,6 \times 10^{-3} - 93,8 \times 10^{-3}) \times 1,64 / 100 = 1,54 \times 10^{-3} \text{ кг};$$

$$m(\text{Ag}) = M \times W(\text{Ag}) = 187,6 \times 10^{-3} \times 0,4836 = 92,26 \times 10^{-3} \text{ кг}.$$

Відношення адитивності для питомого електроопору композиту має наступний вигляд:

$$\frac{1}{\rho_{\text{км}}} = \frac{f(\text{Ag})}{\rho(\text{Ag})} + \frac{f(\text{C})}{\rho(\text{C})} + \frac{f(\text{Cr})}{\rho(\text{Cr})}, \quad (2.5)$$

де f - доля компонентів у композиті, ρ - питомий електричний опір компонентів. Значення наведені у таблиці 2.9.

$$\frac{1}{\rho_{\text{км}}} = \frac{0,4836}{0,016} + \frac{0,5}{13} + \frac{0,0164}{1,1}.$$

$$\rho_{\text{км}} = 0,033 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}.$$

Відношення адитивності для визначення границі міцності композиту приймає наступний вигляд:

$$\sigma_{\text{км}} = \sigma_{\text{Ag}} \times f_{\text{Ag}} + \sigma_{\text{C}} \times f_{\text{C}} + \sigma_{\text{Cr}} \times f_{\text{Cr}},$$

$$\sigma_{\text{км}} = 180 \times 0,4836 + 14,7 \times 0,5 + 410 \times 0,0164 = 22,78 \text{ МПа}.$$

Таблиця 2.9.

Вихідні данні для розрахунку питомого електроопору композиту

	f, %	ρ , Ом·мм ² /м	σ , МПа
Срібло	48,36	0,016	180
Графіт	50	13	14,7
Хром	1,64	1,1	410

Джерело: [1]

Вимоги до електротричних контактів включають наступні діапазони: межа міцності > 980 Па, питомий електроопір 0,028– 0,05 Ом·мм²/м (табл. 2.10.).

Таблиця 2.10.

Вимоги до властивостей електричних контактів та розраховані показники властивостей [складено автором]

Властивість	Вимоги до показника властивості	Розраховані показники властивості
Питомий електроопір, Ом·мм ² /м	0,028– 0,05	0,033
Межа міцності, не менш, Па	98	22,78x10 ⁶

Тож, як видно з розрахунків, властивості розробленого композиційного матеріалу цілком задовільняють встановленим вимогам - низький питомий електроопір – 0,033 Ом·мм²/м, межа міцності склала 22,78 МПа, що значно перевищує встановлені вимоги, але не погіршують властивостей електричного контакту, навпаки, це має покращувати такий показник, як надійність електричного контакту.

2.6. Висновки до розділу 2

1. Для одержання срібло-графітових електроконтактних матеріалів обрано: порошок графіту марки ЕУЗ-М, срібло марки СрА-1 у вигляді злитку, хром марки Х99 у вигляді злитку.

2. За допомогою комп'ютерної металографії, а саме програмного комплексу МЕГРАН встановлено, що середній розмір часток порошку графіту марки ЕУЗ-М складає 21,5 мкм, фактор форми порошку складає 0,6, що свідчить про те, що частки округлої форми. Поверхня злитків срібла марки СрА-1 - щільна, без пор і сторонніх включень. Середній розмір зерна – 19,6 мкм, фактор форми – 0,33.

3. З метою розроблення технології виготовлення срібло-графітового композиційного матеріалу методом просочення проаналізовано діаграму стану срібло-графіт, в результаті чого виявлено, що срібло виявляє малу хімічну активність по відношенню до вуглецю і, як наслідок, низьку адгезійну активність і низький рівень змочування поверхні графіту. Тому вирішено для підвищення змочуванності графіту додати до складу просочуючого сплаву порошок хрому.

4. За правилом адитивності КМ проведено теоретичні розрахунки щільності композиційного матеріалу, яка складає $5,211 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, границю міцності, яка склала 22,78 МПа, питомий електричний опір, що склав $0,033 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РОБІТ НА ДІЛЬНИЦІ ВИГОТОВЛЕННЯ СРІБНО ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ ВИРОБІВ

3.1. Складання технологічної схеми та вибір обладнання

На підставі проведеного аналізу літератури, було прийнято рішення використовувати для отримання електроконтакту технологію просочення графітової пресовки розплавом срібла. При просочуванні розплавлений метал заповнює пори твердого тіла. За рахунок взаємодії розплавленого металу з твердим пористим тілом відбувається формування композиційного матеріалу. Міцність композиційного матеріалу істотно вище міцності пористого твердого тіла та матриці (матеріалу розплаву).

Технологічні прийоми, що використовуються при отриманні композиційного матеріалу методом просочування, відрізняються, головним чином, способами створення тиску на рідкий метал, яке повинно забезпечити заповнення пір твердого тіла. Просочення здійснюють різними способами: нагріванням форми, яка містить волокна і матеріал матриці у вигляді фольги, порошку або покриття на волокнах до або вище температури плавлення матеріалу матриці з подальшою обпресуванням форми; зануренням в розплав або заливкою розплаву у форму в вакуумі, в захисному середовищі або на повітрі; вакуумним всмоктуванням розплаву; подачею розплаву у форму під тиском; відцентровим литтям, тощо.

Зазвичай процеси просочування є відносно повільними, бо головною метою є забезпечення максимальної щільності, що бажана для оптимальних характеристик готових виробів. Часто залишається незаповненим значна частина об'єму пор матриці, тому що рідкий метал не може повністю заповнити внутрішні порожнини каркасу, заповнені повітрям. Останнє особливо

актуально для виробів, каркас яких виконано з графіту через погану змочуваність останнього.

Саме вакуум традиційно використовуються для забезпечення більш повного проникнення просочуючого матеріалу.

Отримання взаємопов'язаних каналів срібла в композиті вуглець метал пов'язане з певними труднощами, зумовленими повною незмочуваністю вуглецевих матеріалів сріблом. Для покращення просочення графітового каркасу срібляним розплавом, було прийняте ввести у сплав срібла хром у кількості 1,64 % за масою.

Технологія виробництва електричного контакту включає наступні етапи: формування та відпал графітової заготовки, просочення графітової заготовки розплавом срібла, легованого хромом у кількості 1,64 % за масою, шліфування отриманої заготовки з метою надати виробу певну шорсткість. Розглянемо всі технологічні операції докладніше.

Опис процесу отримання графітової заготовки.

Після попередньої підготовки вуглецевмісних компонентів їх змішують у змішувачі.

Кам'яновугільний пек змішують з порошком графіту при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: кам'яновугільний пек - 50, графіт - 50.

З гранульованої цим способом суміші пресують заготовки.

Необхідна маса однієї заготовки складає:

$$m_{\text{заготовки}} = 93,8 \times 10^{-3} \text{ кг (див. п. 2.4).}$$

Маса порошкової шихти, необхідної для виготовлення графітової засипки заданих розмірів, визначається за формулою:

$$m_{\text{зас}} = m_{\text{вир}} \cdot (1 + \varphi)$$

де, φ – коефіцієнт, що враховує втрати маси, $\varphi = (0,02 \dots 0,05)$

$$m_{\text{зас}} = 93,8 \times 10^{-3} \times (1 + 0,05) = 95,5 \times 10^{-3} \text{ кг.}$$

Питомий тиск пресування становить 40 - 60 МПа. Для того, щоб призначити параметр пресування необхідно звернутись до параметрів ущільнення форм для пресування, при різних тисках пресування. На рисунку

3.1. наведена залежність пористості пресовки від тиску пресування. У результаті пресування необхідно отримати заготовку зі пористістю 50%.

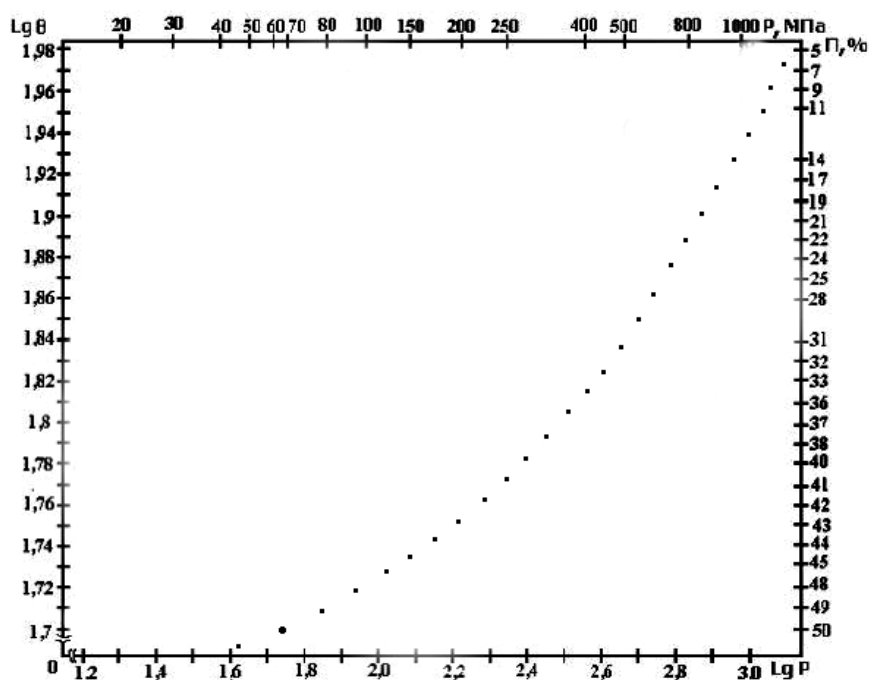


Рис. 3.1. Залежність пористості графітової пресовки від тиску пресування [17]

Аналізуючи залежність, наведену на рис. 3.1. було вирішено прийняти тиск пресування 60 МПа для забезпечення необхідної пористості отримуємо графітової заготовки – 50 %.

Потім заготовки слід відпалювати в коксовій засипці з максимальною температурою 1100-1300 °С. Мета відпалу – перетворення кам'яновугільного пек у в'язкого термопластичного стану, в якому він знаходиться у стадії спресованої заготовки, в твердий каркас, що міцно цементує частки порошку та надає структуру вугільно-графітовому виробу. Високотемпературний кам'яновугільний пек вимагає обрання температури 1300⁰С для відпалу пресовок. Графітові заготовки очищаються продувкою парами бензолу в перебігу 3 годин. Потім проводиться промивка графітових заготовок у дистильованій воді. Після цього заготовки графітових контактів завантажують у вакуумний апарат і вакумують 1 годину. Починають підняття температури до 970 °С і підтримку на протязі 30 хвилин. Паралельно розчин срібла, легованого

1,64 % Cr нагрівають, (розплавляють) при вакуумуванні до 970 °С, після чого подають у вакуумний апарат з графітовими контактами. Графіт знаходиться в розчині легованого срібла протягом 10 хвилин, після чого виріб витягується та подається для подальшої механічної обробки (шліфування) для завдання необхідної шорсткості. Технологічна схема виготовлення вказана на рис. 3.2.

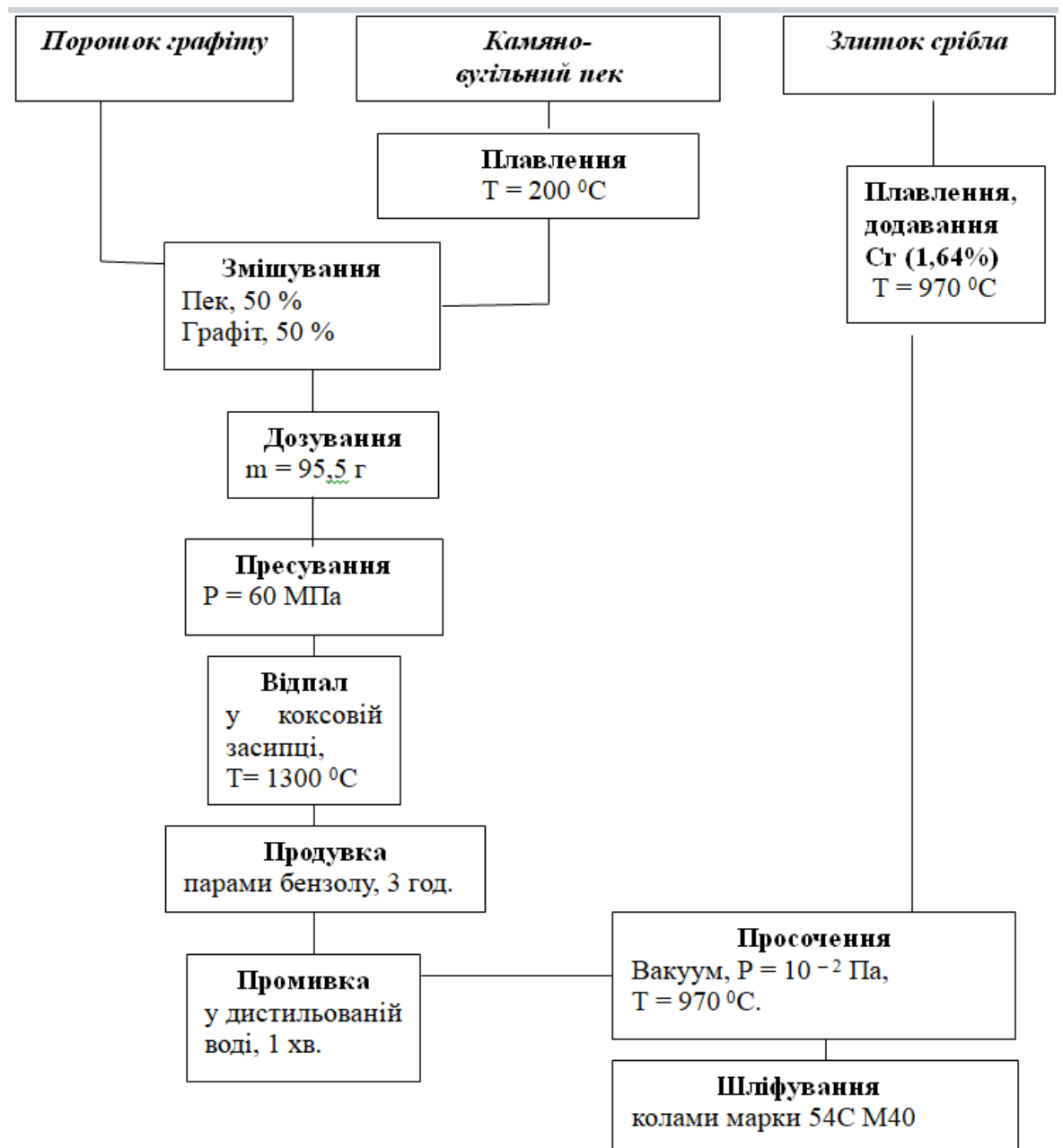


Рис. 3.2. Технологічна схема отримання контактної з деталі срібло-графітового матеріалу [складено автором]

Для виготовлення срібло-графітових електроконтактних матеріалів було обрано обладнання, що наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Основні технологічні етапи та рекомендоване обладнання

[складено автором]

Технологічний етап	Технологічна операція	Обладнання
Підготовчі операції	Змішування суміші пеку та графіту	Змішувач Р 020
	Дозування суміші пеку та графіту	Дозатор 4312Д
	Плавлення срібла з додаванням у розплав хром	Електропіч СНО-2.4.2/13
	Відпал графітових заготовок	Електропіч СНО-2.4.2/13
Формування виробу	Пресування графітової заготовки	Гідравлічний прес-автомат МС 2831
	Просочення графітових заготовок розплавом срібла	Установка УП-1
Додаткова обробка	Шліфування просоченої заготовки	Круг марки 54С М40

Розглянемо докладніше використовуване обладнання.

Змішування графіту та кам'яновугільного пеку.

Порошок графіту ЕУЗ-М та розплавлений високотемпературний кам'яновугільний пек транспортуються на операцію змішування. Однією з відповідальних операцій при підготовці порошкової суміші є здобуття змішуванням компонентів суміші певного хімічного і гранулометричного складу. Одним із суттєвих умов стабільності процесу і надійності роботи змішувача є відсутність налиплого матеріалу на стінках корпусу. Змішувачі марки "Р" виробника ЗАО "ДзержинскТЕХНОМАШ" оснащені системою забезпечує очищення налипаючого матеріалу без зупинки гранулятора в будь-якому часовому режимі, що задається оператором. Був обраний змішувач Р 020.

Технічні характеристики змішувача представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики змішувача Р 020

Найменування показника	Значення
Місткість камери змішувача (геометрична), м ³	0,02
Внутрішній діаметр камери змішувача, мм	200
Максимальна маса завантажуваного матеріалу, кг	6
Продуктивність, кг/годину	1-6
Потужність, кВт	5,5
Габаритні розміри, Lxbxh, мм	500 x 500 x 1000
Маса, кг	44

Джерело: [20]

Дозування суміші графіту з кам'яновугільним пеком.

Дозування здійснюється по масі або об'ємним способом залежно від типу пресового устаткування, і проводять за допомогою автоматичних дозаторів.

Для автоматичного розважування порошку можуть застосовувати дозатори різної конструкції. Вагове дозування є точнішим. Воно забезпечує здобуття виробів з постійною щільністю, оскільки не залежить від насипної щільності порошків і їх текучості. Тому при дозуванні порошку ми використовуватимемо ваговий метод. Для подальшого формування деталі електричного контакту необхідно зважити 98,5 г суміші графіту з кам'яновугільним пеком. Був обраний автоматичний ваговий дозатор 4312Д (схема наведена на рис. 3.3.).

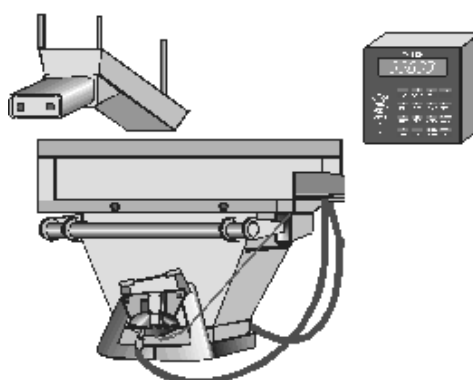


Рис. 3.3. Схема автоматичного вагового дозатору 4312Д [24]

Технологічні властивості автоматичного вагового дозатору 4312Д:

- Дозування сипучих і кускових матеріалів масою до 0,5 кг.

Видача в ЕОМ інформації про поточне значення маси матеріалу у ваговому бункері і прийом керуючих сигналів дозування від ЕОМ (інтерфейс RS 232/485).

- Дозатор може використовуватися як одно-компонентний або багатокомпонентний при послідовно дозованих різних видів матеріалів в один вантажопідйомний пристрій.
- Відліковий пристрій: цифрове табло мікропроцесорного приладу.
- Межі відхилень дійсних значень маси дози від середнього значення, не більше, % від номінального значення маси дози: при первинній повірці або калібруванню, $\pm 0,5$; ± 1 ; при перевірці або калібрування в експлуатації, не більше, $\% \pm 1$; ± 2 .
- Число циклів дозування на годину: не менше 30.
- Тип живильника, що завантажує бункер і поставляється з дозатором: електровібраційний.
- Затвор бункера щелепного типу з пневмо або електромеханічним приводом.
- Режими управління: автоматичний, ручний дистанційний, ручний налагоджувальний.
- Напруга живлення: $\sim 220\text{В}$, 50 Гц.
- Умови експлуатації: вантажопідйомного пристрою від -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$; апаратури вимірювання, управління та реєстрації від -10°C до $+45^{\circ}\text{C}$.
- Габаритні розміри, мм 2000x2040x1420.

Формування графітової заготовки.

При конструюванні прес-форм враховують чотири основні вимоги: формування деталі заданих форм і розмірів; забезпечення рівномірної щільності у всіх частинах пресованого виробу; забезпечення можливості найбільш простого випресовування виробу; надійність простота і економічність

конструкції, і забезпечення тривалості терміну служби. Конструкція прес-форми залежить від конфігурації і розміру деталі, що виготовляється, форму якої по можливості максимально спрощують.

Розрахунок номінального зусилля пресування:

$$P = S \cdot p, \text{ де}$$

S – площа пресування ($80 \times 30 = 2400 \text{ мм}^2$), мм^2

p – тиск пресування, МПа

P – номінальне зусилля пресу, КН.

$$P = 0,0024 \times 60 \times 10^6 = 144 \text{ (КН)}.$$

Враховуючи, що номінальне зусилля пресу складає 144 КН, був обраний гідравлічний прес-автомат МС 2831

Гідравлічний прес являє собою установку, що складається із преса і пульта керування, що дозволяє виготовити зразки в напіваавтоматичному режимі.

Відмітна особливість гідравлічного преса наявність "м'якого" режиму пресування, при якому кожен із зразків в матриці навантажується до однакового питомого тиску і в результаті мають однакову щільність. Це досягається за рахунок розміщення навантажувальних пуансонів не жорстко на плиті, а в гідравлічно сполучених порожнинах.

Технічні характеристики:

- Найбільше зусилля повзуна: максимальне – 170 КН, номінальне 160 КН.
- Хід повзуна, мм/с: вниз 50, доверху 78.
- Габаритні розміри, мм: довжина 2000, ширина 2100, висота 3200.
- Маса, 830 кг.
- Споживана потужність, не більше 22 кВт.

Відпал графітової заготовки, плавлення зливків срібла СрА-1, Х99, кам'яновугільного пеку.

Для відпалу графітової заготовки обрано електрод СНО-2.4.2/13 (рис. 3.4.), технічні характеристики якої приведені у таблиці 3.3. Ця піч призначена

для відпалу при температурі 1300 °С. Відпал проводитиметься у коксовій засипці. Ця піч буде використовуватись для плавлення злитків срібла марки СрА-1 з установкой режиму у 970 °С в алундових тиглях, а також для розплавлення високотемпературного кам'яного пеку у повітряній атмосфері.

Нагрівачі виготовлені з дроту діаметром 5,6мм і виконані у вигляді напівкруглого зигзагу. Загрузка і розвантаження пресовок здійснюється вручну. У середній частині електропечі вмонтований пульт управління з контрольно-вимірювальною апаратурою та апаратурою управління електропіччю.



Рисунок 3.4. Електропіч CHO-2.4.2/13 [24]

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики електропічі CHO-2.4.2/13 [24]

Технічна характеристика	Параметри
Встановлена потужність, кВт	40
Продуктивність з урахуванням маси технологічного оснащення, кг/год	15
Номінальна температура, ° С	1300
Розміри робочого простору, мм	
Ширина	200
висота	400
довжина	200
Номінальна напруга живильної мережі, В	380/220
Число фаз	3
Габаритні розміри печі, мм	
Ширина	3000
Довжина	7000

Просочування. Установка для просочування складається з наступних пристроїв (рис. 3.5.): електричної печі (позиція 6) з нагрівачем опору 5. Напруга і температура в печі регулюються однофазним регулятором напруги РНО 250/10 (позиція 12) за допомогою ручки 8. Напруга і струм на нагрівачі контролюються відповідно, вольтметром (позиція 13) та амперметром (позиція 14). Температура розплавленого срібла (позиція 2) вимірюється ХА-термопарою (позиція 15) за допомогою приладу 16.

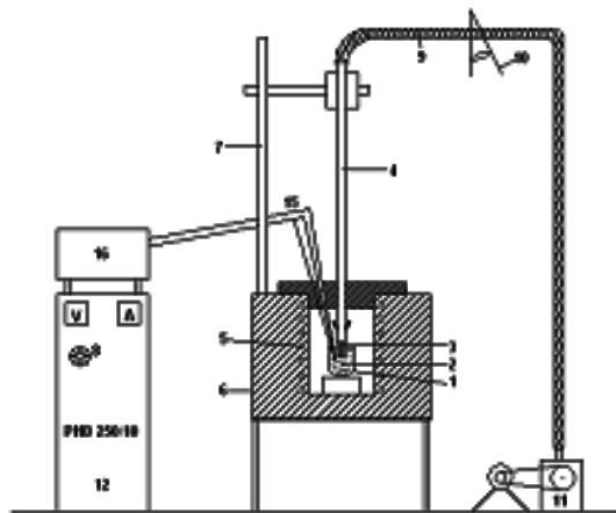


Рисунок 3.5. Установка для просочення [24]

1 - алундовий тигель; 2 – просочуючий розплав, 3 - каркас; 4-кварцова трубка; 5 - нагрівач; 6 - електрична піч; 7 - штатив; 8 - ручка регулювання температури в печі; 9 - вакуумна трубка; 10-струбцина перетискання вакуумної трубки; 11 - вакуумний насос; 12 - регулятор напруги в печі РНО 250/10; 13 - вольтметр; 14 - амперметр; 15 - термопара;
16-прилад для вимірювання температури

Розплав легованого срібла знаходиться в алундовому тиглі 1. Графітовий каркас (позиція 3) знаходиться всередині кінця кварцової трубки 4, зануреної в розплав срібла 2. Кварцова трубка 4 встановлена вертикально за допомогою штатива 7. До верхньої частини кварцовою трубки 4 приєднана вертикальна

трубка 9, яка підключена до вакуумного насоса 11. Створення вакууму в кварцовій трубці під час роботи вакуумного насоса проводиться відкриванням струбцини 10 (яка призначена для перетискання вакуумної трубки).

Шліфування. При обробці шліфуванням поверхню металу доводять до стану, що наближається до дзеркального. Шліфування може бути фінішною операцією або проміжною, що запобігає поліруванню або нанесення покриттів. Обрано шкурка шліфувальна на бумажній основі 54С М40 (рулон 1250ммх50м)- тонкий мікрошліфпорошок карбіду кремнію чорного, марки 54С, зернистості М40.

3.2. Розробка технологічної інструкції та практичних рекомендацій з експлуатації електроконтактних виробів

Практичні рекомендації щодо застосування розробленого композиційного матеріалу зведені до табл. 3.4. Переваги розробленої технології: утворення графітового каркасу запобігає зварюваності та утворенню містків струму; розподіл срібла у виді окремих прожилок дозволяє отримати канали з високою теплопровідністю та електропровідністю, за якими відбувається відтік тепла і струму від опорної точки дуги, срібло значно підвищує пропускну здатність і надійність роботи контактів на повітрі, бо дуже повільно окислюється, а оксиди срібла володіють гарною провідністю і тому майже не погіршують електричного контакту.

Таблиця 3.4.

Практичні рекомендації щодо застосування розроблених КМ

[складено автором]

Вид КМ	Срібло-графіт
Метод одержання	Просочення графітового каркасу розплавом срібла
Призначення	Електричний контакт
Форма виробу	Пластина

Вид КМ		Срібло-графіт
Геометричні розміри		Довжина – 80 мм, ширина – 30 мм, висота – 15 мм.
Відміни від традиційної технології отримання виробу (пресування – спікання)	Переваги	• запобігання зварюваності та утворення містків струму; • підвищена теплопровідність та електропровідність, за якими відбувається відтік тепла і струму від опорної точки дуги. • Підвищення пропускної здатності і надійності роботи контактів на повітрі.
	Недоліки	Ускладнення традиційної технології отримання КМ

На рис. 3.6. показані геометричні параметри електричного контакту. Геометричні розміри складають: довжина 80 мм, ширина 30 мм, висота 15 мм.

Шорсткість поверхні контакту деталі з дротом має складати 1,25 мкм, інші поверхні повинні мати шорсткість 40 мкм. Для придання заданної шорсткості поверхні контакту, назначено шліфування поверхні. Кріплення електричного контакту у контакторі вказано на кресленні.

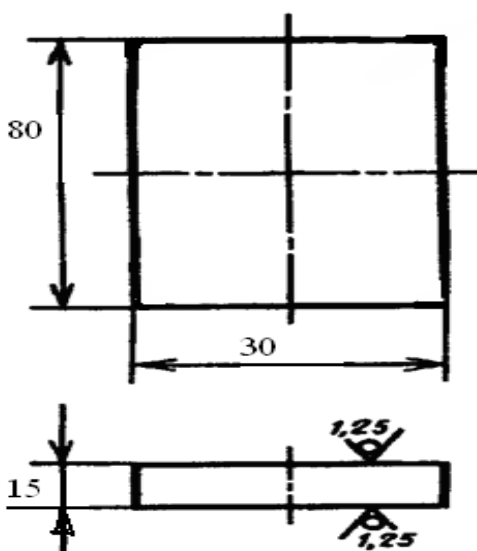


Рис. 3.6. Геометричні параметри електричного контакту [1]

3.3. Модернізація конструкції порошкового дозатора

В роботі пропонується модернізувати конструкцію порошкового дозатора (рис. 3.7). Модернізовано конструкцію дозатора вагового АД-БЦ (креслення 132.6131М.ДР06.01.СК). Виконання на рухомій тарілці дозатора радіальних рифлень, злегка виступаючих по відношенню до тарілки (забезпечують рівномірне приведення порошкового матеріалу в обертання всередині дозатора); виконання радіальної виїмки наприкінці циліндричної стінки, що забезпечує уникнення забивання внутрішніх механізмів дозатора частинками порошку.

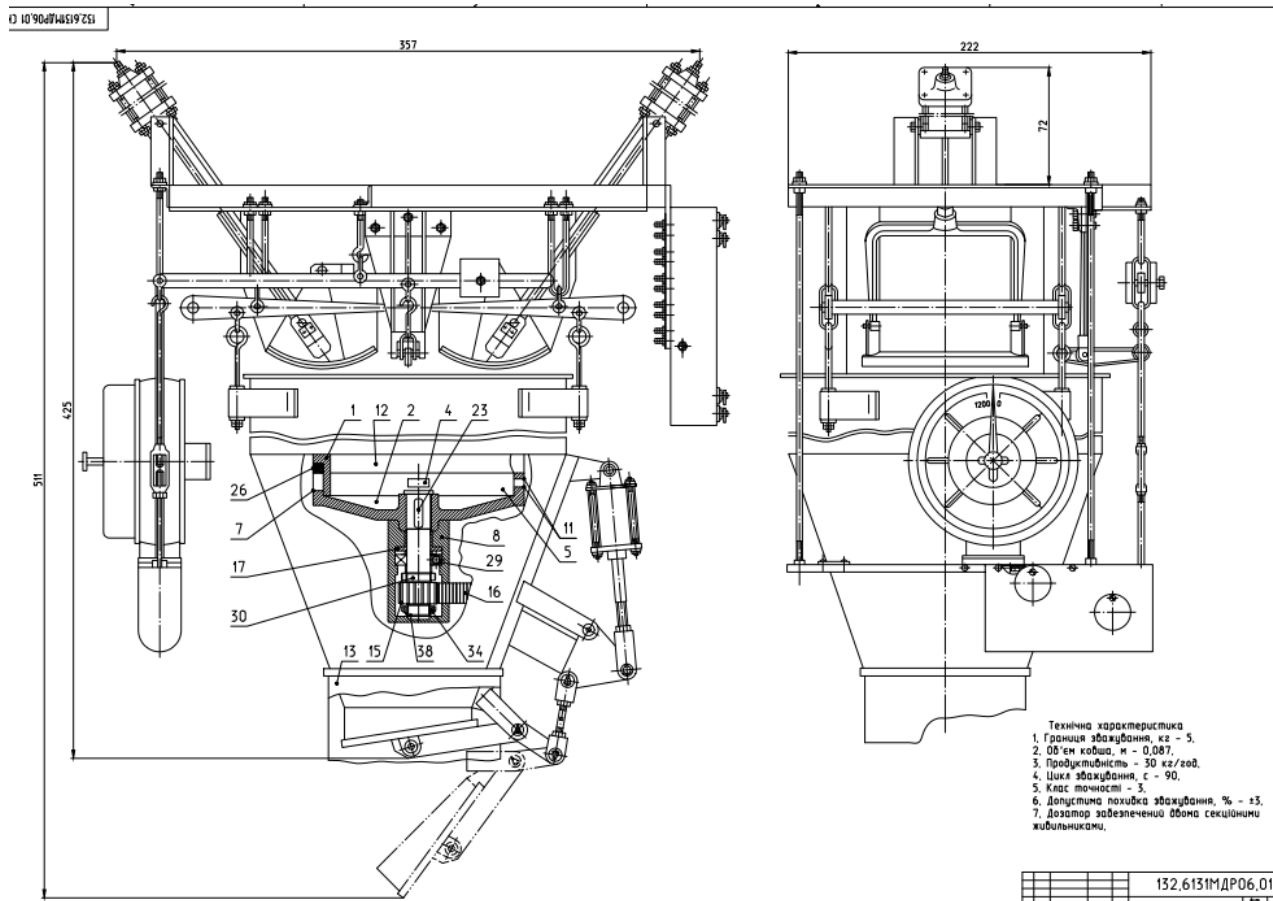


Рис. 3.7. Фрагмент креслення 132.6131М.ДР06.01.СК [зроблено автором]

Специфікацію до креслення наведено у Додатку.

3.4. Організація виробництва на дільниці

При проектуванні та організації ділянки виготовлення електроконтактних виробів методом просочення необхідно визначити [22]:

1. номенклатуру та об'єм деталей,
2. структуру та організацію виробництва,
3. економічну доцільність виготовлення,
4. склад працюючих.
5. площу та планування ділянки.

В результаті розрахунків та відповідно до нормативно-технічної документації визначаються основні технічні вимоги до проектування дільниці виготовлення електроконтактних виробів.

Вимоги до опалення та вентиляції:

- Усі виробничі і допоміжні приміщення повинні мати опалення і загально обмінну припливно-витяжну вентиляцію відповідно до вимог розділу СНіП «по проектуванню опалення і вентиляції, кондиціонування повітря. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

- Системи опалення і вентиляції, а також кондиціонування повітря повинні забезпечувати параметри мікроклімату і чистоту повітря. «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

- У приміщеннях з наявністю пило виділення нагрівальні прилади повинні мати гладкі поверхні, що легко очищуються від пилу.

- Для попередження вибухів і пожежонебезпеки внаслідок відкладання пилу в повітропроводі слід максимально скоротити їх протяжність, забезпечити систематичну чистку повітропроводів, а вентилятори мають бути у вибухобезпечному виконанні.

- Елементи аспіраційної системи повинні бути заземлені, забезпечені автоматичними пристроями визначення швидкості руху повітряного потоку, температури, концентрації шкідливих домішок, автоматичним відключенням

обладнання у разі виникнення вибухонебезпечних ситуацій, вмиканням аварійної сигналізації і вибухозахисної системи.

- Заходи щодо запобігання пожежі і вибухонебезпечним ситуаціям повинні відповідати вимогам СНіП “Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря”.

- Контроль за ефективністю системи роботи вентиляції і кондиціонування повітря слід здійснювати відповідно до вказівок по “Санітарно-гігієнічному контролю систем вентиляції виробничих приміщень”.

Вимоги до освітлення:

- На підприємствах слід передбачати природне, штучне і поєднане, а також аварійне освітлення у відповідності з главою СНіП “Норми проектування. Природне і штучне освітлення”.

- Використані непридатні газорозрядні лампи повинні зберігатись в умовах, передбачених “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів”.

Вимоги до основних робочих місць:

- Усі операції по завантаженню, вивантаженню і транспортуванню порошкоподібних матеріалів і виробів, пакування готової продукції повинні здійснюватися з використанням засобів механізації і автоматизації.

- Конструкція і пульти управління установок повинні передбачати виконання виробничих операцій в зручній позі, що запобігає статичному перенапруженню рук і ніг, відповідно до вимог “Типової методики по визначенню важкості ручної фізичної і монотонної праці в галузях народного господарства” та “Гігієнічної класифікації праці”.

- Режим праці робітників, зайнятих виконанням основних виробничих операцій, слід передбачати відповідно до “Міжгалузевих рекомендацій по розробці раціональних режимів праці і відпочинку”, “Рекомендацій по усуненню і запобіганню негативному впливу монотонії на працездатність людини”.

Устаткування, оснастку та деталі розташовують на стелажах в відповідності до санітарних норм проектування промислових підприємств, нормам технологічного проектування.

Кожний вид устаткування на плануванні показують умовною позначкою, форма якої відповідає контурам устаткування в плані, розміри – реальними розмірами в відповідному масштабі. Звичайно графічне зображення устаткування беруть із паспортів, каталогів або планувань аналогічних ділянок.

Просторова організація кожного робочого місця ділянки повинна передбачати оптимальне розташування технологічного устаткування, розташування оснастки, розташування технологічної документації, інструменту та матеріалів, необхідних для виконання основного процесу.

Визначення і розрахунок партії запуску деталей:

Під розміром партії деталей розуміють кількість однакових деталей одночасно оброблюваних на кожній операції на одному або декількох робочих місцях з одноразовою затратою підготовчо-заключного матеріалу.

$N_{OPT} = B_{CM}$, де

B_{CM} , - денна виробка майданчика.

$B_{CM} = A / D$, шт, де

A – річна програма виробництва, шт.

D - кількість робочих днів на рік (виключаючи вихідні, свята).

$B_{CM} = 15000 / 251 = 60,00$ шт. тобто

$N_{OPT} = B_{CM} = 60$ шт.

Розрахунок штучно-калькуляційного часу виготовлення деталі.

Штучно-калькуляційний час необхідно розрахувати для визначення необхідної кількості обладнання, кількості основних працюючих на ділянці, а також для розрахунку заробітної плати основним працюючим.

$T_{шт.к} = t / N$, де

t – норма часу необхідна на операцію, хв.

N – розмір партії деталей, шт.

для плавлення пеку/срібла/хрому:

$$t = 30 \text{ хв.} \quad N = 60 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 0,5 \text{ хв.}$$

для змішування пеку та графіту:

$$t = 20 \text{ хв.} \quad N = 60 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 0,33 \text{ хв.}$$

для пресування графітової заготовки:

$$t = 5 \text{ хв.} \quad N = 1 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 5 \text{ х.}$$

для відпалу графітової заготовки:

$$t = 20 \text{ хв.} \quad N = 20 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 1 \text{ хв.}$$

для підготовки до просочення (продувка, промивка, сушіння):

$$t = 4 \text{ години} \quad N = 60 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 1 \text{ хв.}$$

для просочування:

$$t = 6 \text{ хв.} \quad N = 1 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 6 \text{ хв.}$$

для шліфування:

$$t = 5 \text{ хв.} \quad N = 1 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 5 \text{ хв.}$$

Визначення фонду часу роботи обладнання.

Календарний фонд часу:

$$\Phi_k = D_k \times 24 \text{ год. де}$$

D_k - кількість календарних днів року

$$\Phi_k = 364 \times 24 = 8736 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу роботи обладнання – це кількість робочих днів року в відповідності з визначеним режимом роботи обладнання без урахування планових втрат часу на ремонт обладнання:

$$\Phi_n = D_p \times T_{\text{зм}} \times S - (1 \times D_n), \text{ де}$$

D_p - кількість робочих днів року;

$T_{зм}$ - тривалість зміни;

S - кількість змін;

D_n - кількість передсвяткових днів, скорочених на годину;

$$\Phi_n = (251 \times 8) - (1 \times 6) = 2002 \text{ годин.}$$

Ефективний фонд часу роботи обладнання:

При розрахунку ефективного фонду часу плануються втрати часу на планово-передбачувальний ремонт обладнання:

$$\Phi_e = \Phi_n \times (1 - \mu), \text{ де}$$

Φ_n - номінальний фонд часу обладнання;

μ - коефіцієнт, що враховує простой обладнання в планово-передбачувальний ремонт обладнання.

$$\Phi_e = 2002 \times (1 - 0.24) = 1522 \text{ год.}$$

Розрахунок необхідної кількості обладнання і його завантаженість.

Необхідна кількість обладнання на ділянці розраховується за формулою:

$$C_p = TH_i / (\Phi_e \times K_{вн}), \text{ де}$$

Φ_e - ефективний річний фонд часу одиниці обладнання;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу;

TH_i - річна трудоемкість виготовлення виробів на тому обладнанні;

$$TH_i = t_{шт.к} \times A, \text{ де}$$

$t_{шт.к}$ - штучно-калькуляційний час обробки однієї деталі на тому обладнанні;

A - річний об'єм випуску деталей;

для плавлення пеку/срібла/хрому:

$$C_{p1} = (0.5 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0.07 \text{ шт.}$$

Для плавлення кожного складового $C_{p1} = 0.07$, а загалом час складає 0,21.

приймаємо 1 установку;

для змішування пеку та графіту:

$$C_{p2} = (0.33 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0.05 \text{ шт.}$$

приймаємо 1 установку;

-для пресування графітової заготовки:

$$C_{p3} = (5 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0.78 \text{ шт.}$$

приймаємо 1 установку;

для відпалу графітової заготовки:

$$C_{p4} = (1 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0.16 \text{ шт.}$$

приймаємо 1 установку;

для підготовки до просочення (продувка, промивка, сушіння):

$$C_{p5} = (1 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0,47 \text{ шт.}$$

приймаємо 1 установку

для просочування:

$$C_{p6} = (6 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0,94 \text{ шт.}$$

приймаємо 1 установку;

для шліфування:

$$C_{p7} = (5 \times 251) / (1522 \times 1.05) = 0,8 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання по ділянці визначається за формулою:

$$K_z = C_p / C_{np}, \text{ де}$$

C_p - розрахункова кількість обладнання на ділянці;

C_{np} - прийнята кількість обладнання на ділянці;

для плавлення пеку/срібла/хрому:

$$K_z = 0,21/1 = 0,21$$

для змішування пеку та графіту:

$$K_{z1} = 0.05/1 = 0,05$$

для пресування графітової заготовки:

$$K_{z2} = 0.78/1 = 0,78$$

для відпалу графітової заготовки:

$$K_{z3} = 0.16 / 1 = 0,16$$

для підготовки до просочення (продувка, промивка):

$$K_{z4} = 0,47/1 = 0,47$$

для просочування:

$$K_{35} = 0,94/1 = 0,94$$

для шліфування:

$$K_{36} = 0.8/1 = 0,8$$

Для виготовлення деталей електричного контакту необхідне таке обладнання:

1. Змішувач Р 020 для змішування кам'яновугільного пеку та графіту 1 шт.;
2. Дозатор автоматичний ваговий 4312Д для дозування суміші графіту та пеку 1 шт.;
3. Прес-автомат для гідравлічного пресування марки МС 2831 для формування графітової заготовки 1 шт.;
4. Електропід СНО-2.4.2/13. для плавлення кам'яновугільного пеку, срібла, відпалу заготовель 1шт.;
5. Установка для просочування «УП-1» 1 шт.;
6. Стелажі для заготовок та виробів 2 шт.;
7. Бункер для зберігання порошку 2 шт.

Для роботи на ділянці потрібно: терміст, оператор пресу, оператор установки просочування, шліфувальник, майстер, тож робочих місць буде п'ять. Проведемо компоновку ділянки. Для цього схематично намалюємо ділянку та розташуємо необхідне обладнання в ній (рис. 3.7.). Мінімальний прохід між устаткуванням 1,5 м;

Мінімальна відстань від стіни до обладнання 0,8 м;

Проведемо розрахунок довжини та ширини нашої ділянки.

Ділянка для виготовлення виробів входить до основного цеху. Тому адміністративні та побутові приміщення є загального користування і знаходяться за межами ділянки.

Визначимо довжину та ширину ділянки. Враховуючи розміри обладнання та відстані між стінами та обладнанням.

Довжина $L = 0,8 + 1 + 1,5 + 3 + 1,5 + 0,5 + 1,5 + 2 + 0,8 = 12,6$ (м); остаточно $L = 13$ м.

Ширина $B = 0,8 + 2 + 1,5 + 2,1 + 1,5 + 2 + 0,8 = 9,1$ (м); остаточно $B = 10,7$ м.

Приймаємо: Довжина $L = 13$ м. Ширина $B = 11$ м.

Отже, габарити ділянки для отримання виробів методом посочування складає 13×11 м. Площа складає 143 м^2 .

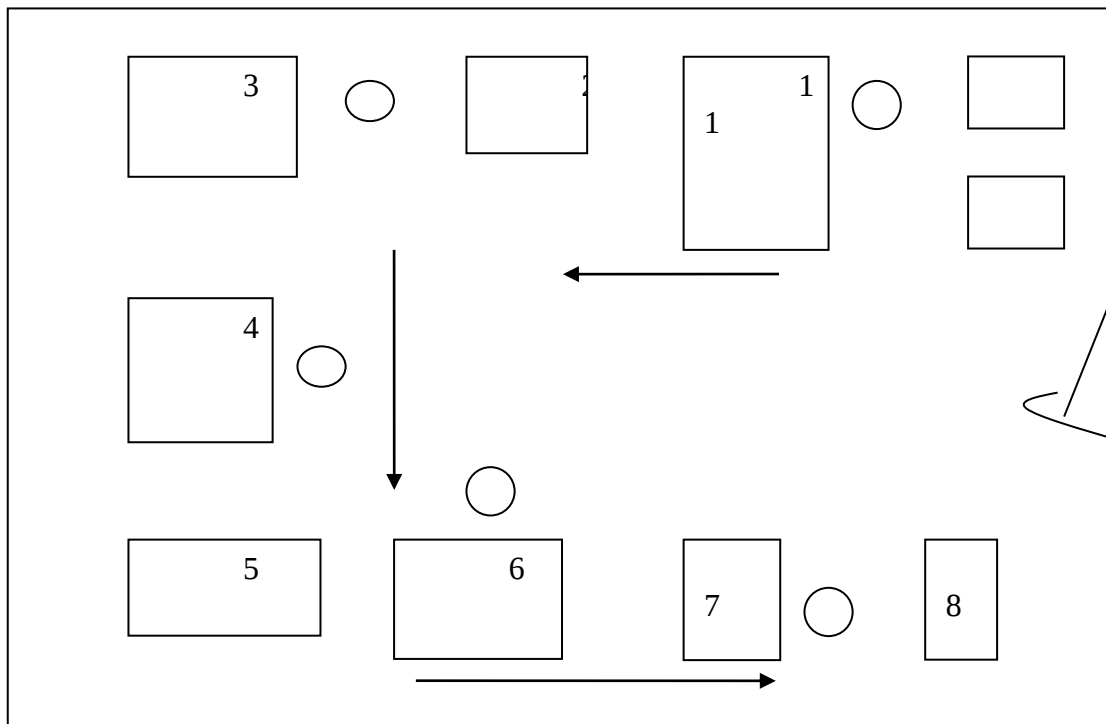


Рис. 3.8. Схема розташування обладнання на ділянці [складено автором]

1. Піч для плавлення пеку, габаритні розміри, мм 3000x3000x1950-1 шт.;
2. Змішувач, габаритні розміри, мм 1000 x 1000 x 1000 1 шт.;
3. Дозатор, габаритні розміри, мм 2000x2040x1420 1 шт.;
4. Прес для пресування, габаритні розміри, мм: 2000x2100x2200 1 шт.;
5. Стіл для підготовки графітових заготовок, габаритні розміри, мм: 2000x1500x1000 1 шт.;
6. Установка для просочування, габаритні розміри, мм 3050x2000x2100 1 шт.;
7. Стіл для шліфування, габаритні розміри, мм 1000x1500x1000 1 шт.;
8. Стелаж для виробів, габаритні розміри, мм 1000x1500x2000 1 шт.;
9. Бункер зберігання порошку, габаритні розміри, мм 1000x1500x2000 2 шт.

3.4. Висновки до розділу 3

1. Для одержання срібло-графітового електроконтактного композиційного матеріалу обрано технологію просочення пресованої пористої графітової заготовки розплавленим сріблом.

2. Складено технологічну схему виготовлення виробу, яка включає стадії підготовки компонентів, виготовлення пресованої графітової заготовки з пористістю 50%, просочення її розплавленим сріблом з додаванням в розплав хрому у кількості 1,64 % від маси.

3. Для формування срібло-графітових композиційних матеріалів методом інфільтрації обрано: прес гідравлічний марки ПО-500 для пресування графітової заготовки, електропіч СНО-2.4.2/13. з повітряною атмосферою для відпалу заготовки, для плавлення срібляного злитку, установка УП-1 для просочення. Для допоміжних операцій рекомендується використати: дозатор порошковий 4312Д, змішувач Р 020, піч для плавки СНО-2.4.2/13.

4. Розроблено практичні рекомендації щодо застосування композиційного срібло-графітового матеріалу, отриманого розробленою технологією, які визначають переваги та недоліки розробленого матеріалу порівняно з аналогом.

5. Проведено нормування робіт процесу виготовлення срібло-графітових електричних контактів. Визначено кількість робочих місць та обрана кількість обладнання на ділянці для виробництва електричних контактів з срібло-графітового композиційного матеріалу методом просочення: кількість працівників складає – 5 робітників. Кількість обладнання на ділянці – 7 шт. Планування ділянки для виготовлення срібло-графітових електричних контактів з срібло-графітового композиційного матеріалу методом просочення. Розміри ділянки 13 x 11 м, що становить загальну площу приміщення 143 м².

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ З ВИРОБНИЦТВА СРІБЛОГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОКАНТАКТНИХ ВИРОБІВ

Застосування срібло-графітових електричних контактів у залізнодорожньому транспорті у теперішній час набуває все більшої актуальності. Враховуючи те, що графітові контакти, та композиційні матеріали на його основі мають недовгий термін служби, було вирішено розробити такий композиційний матеріал, що матиме вищі показники довговічності виробу.

У дипломній роботі розробляється технологія отримання срібло-графітового електричного контакту методом просочування графітового каркасу розплавом срібла. До переваг цього композиційного матеріалу можна віднести наступні показники:

- Утворення графітового каркасу запобігає зварюваності та утворенню містків струму;
- Розподіл срібла у виді окремих прожилок дозволяє отримати канали з високою теплопровідністю та електропровідністю, за якими відбувається відвід тепла і струму від опорної точки дуги.
- Срібло значно підвищує пропускну здатність і надійність роботи контактів на повітрі, бо дуже повільно окислюється, а оксиди срібла володіють гарною провідністю і тому майже не погіршують електричного контакту.

Ефект від застосування срібло графітових композиційних матеріалів для виробництва електричних контактів більший, ніж при застосуванні технології графітових контактів, бо підвищується кількість циклів роботи, та зростає надійність електричного контакту, що, насамперед, запобігає аварійним ситуаціям на залізничних коліях. До одночасних витрат відносяться витрати на придбання обладнання на дослідження по організації виробництва. Вартість будівлі не враховуємо, тому що використовується вже існуючий цех.

Розраховуємо витрати на обладнання та матеріали. Вартість обладнання та його кількість для виробництва деталей вказані у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Обладнання, для виготовлення електричних контактів

Обладнання	Кількість (шт.)	Вартість (грн.)
Змішувач Р 020	1	1470
Дозатор 4312Д	1	1590
Прес МС 2831	1	70 000
Електропіч СНО-2.4.2/13	1	95 000
Установка для просочування	1	137 000
Стелаж для заготовок та виробів	2	720
Бункер для зберігання порошку	2	1 200
Загалом	-	306 980

Джерело: [складено автором]

На покупку обладнання для виробництва електричних контактів необхідно витратити:

$$1470+1590+70000+137000+95000+1200+720=306\,980 \text{ грн.}$$

Необхідна кількість матеріалів на річну програму виготовлення електричних контактів, та вартість матеріалів вказана у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Вартість вихідних матеріалів.

Матеріал	Вартість (грн/кг)	Кількість (кг)	Всього (грн)
Графіт (ЕУЗ-М)	24	140	3360
Кам'яновугільний пек	0,64	140	89,6

Матеріал	Вартість (грн/кг)	Кількість (кг)	Всього (грн)
Срібло (відходи СрА-1)	5000	138	690 000
Хром (Х99)	150	23	3450
Загалом	-	-	696 899,6

Джерело: [складено автором]

Загальна вартість матеріалів складає:

$$3360 + 89,6 + 690\,000 + 3450 = 696\,899,6 \text{ грн.}$$

Річний фонд часу 2012 годин. Посади та їх заробітна платня вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Заробітна платня основним робочим

Персонал	Кількість працівників	Часові тарифні ставки	З/П, Рік, грн	Нарахуван ня ЄСВ (36,3%), грн	Фонд З/П за рік (З/П + ЄСВ), грн
Оператор пресу	1	6,548	13 174,6	4782,38	17956,98
Терміст	1	6,548	13 174,6	4782,38	17956,98
Оператор установки просочуванн я	1	6,548	13 174,6	4782,38	17956,98
Майстер	1	8,929	17 965,4	6521,44	2448684
Шліфувальн ик	1	5,952	11 975,4	4347,07	16322,47

Персонал	Кількість працівників	Часові тарифні ставки	З/П, Рік, грн	Нарахування ЄСВ (36,3%), грн	Фонд З/П за рік (З/П + ЄСВ), грн
Загалом	-	-	69 464,6	-	94 680,25

Джерело: [складено автором]

Тож, заробітна платня робітникам складає:

$$13\,174,6 + 13\,174,6 + 13\,174,6 + 17\,965,4 + 11\,975,4 = 69\,464,6 \text{ грн/рік.}$$

З урахуванням Єдиного Соціального Внеску, передбачуваного законодавством України, та що складає 36,3 % для державних підприємств, фонд заробітної платні робітникам складе:

$$17956,98 + 17956,98 + 17956,98 + 24486,84 + 16322,47 = 94680,25 \text{ грн/рік}$$

Кількість витрат на силову електроенергію вказано у таблиці 4.4. Для промислових підприємств ставка ціни одиниці електроенергії складає 0,485 грн/кВт. Робочий фонд праці складає 251 зміну.

Таблиця 4.4.

Кількість витрат на силову електроенергію

Обладнання	Одиниця виміру	Потужність приводу	Тривалість включення в зміну, год	Витрати в добу, кВт	Ціна одиниці, грн	Витрати на електроенергію в зміну	Витрати на річну програму (251 зміна)
Змішувач	кВт	5.5	3	13,5		6,548	1643,42
Автоматичний ваговий дозатор	кВт	0.63	2	1.26		0,577	144,83
Прест для	кВт	22	8	176		85,36	21425,38

Обладнання	Одиниця виміру	Потужність приводу	Тривалість включення в змiну, год	Витрати в добу, кВт	Ціна одиниці, грн	Витрати на електроенергію в змiну	Витрати на річну програму (251 зміна)
пресування					0.485		
Установка для просочення	кВт	40	8	320		155,2	38 955,20
Електропіч	кВт	20	8	160		73,28	18 393,28
Загалом	-	-	-	-		-	69849,41

Джерело: [складено автором]

Всього на силову електроенергію витрачається:

$$1643,42+144,83+21425,38+38\,955,20+18\,393,28 = 69849,41 \text{ грн.}$$

Норма на амортизацію складає 15% від вартості обладнання.

$$306\,980 \times 0,15 = 46\,047 \text{ грн} - \text{витрати на амортизацію.}$$

Поточний ремонт обладнання складає 5% від вартості обладнання

$$306\,980 \times 0.05 = 15\,349 \text{ грн} - \text{витрати на ремонт.}$$

Собівартість електроконтактного виробу включає вартість:

Обладнання для виробництва (306 980 грн), витрати на амортизацію обладнання (46 047 грн), витрати на ремонт (15 349 грн),

Вихідні матеріали (696 899,6грн),

Заробітна платня робітників (94 680,25 грн),

Електроенергія, що витрачається на виробництво (69849,41 грн).

Тож, загальна ціна складових собівартості складає:

$$\Sigma = 306\,980 + 696\,899,6 + 94\,680,25 + 69\,849,41 + 46\,047 + 15\,349 = 1\,229\,805,26 \text{ (грн.)}$$

Річна програма складає 15 000 шт.

Отже, один електричний контакт буде мати вартість 82 грн.

Нарахуємо НДС (20 %), тож, ціна контакту для продажу складе 94 грн.

Визначаємо річний економічний ефект

$$E_p = (C_2 - C_1) \times A,$$

де C_1 – собівартість виробу при використанні модернізованого технологічного процесу, грн.;

C_2 – собівартість виробу при використанні існуючого технологічного процесу (пресування-спікання), грн., 283 грн.

A - обсяг випуску продукції в натуральному вираженні при новому варіанті техніки.

$$E_p = (80-82) \times 15\,000 = -3\,000 \text{ (грн.)}$$

Вартість відомих аналогів складає 340...500 грн.

Узагальнення результатів розрахунків наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Собівартість виготовлення виробу

Найменування статей та витрат	Витрати на одиницю виробу, ГРН	Витрати на річну програму, грн
		РІЧНА ПРОГРАМА 15 000 шт.
1. Використовувані матеріали	46,5	696 899,6
2. Обладнання	20,4	306 980
3. Електроенергія	46	69 849,41
4. Загальний фонд заробітної платні	93	94 680,25
5. Витрати на амортизацію обладнання	31	46 047
6. Витрати на поточний ремонт	41	15 349
СОБІВАРТІСТЬ	283 грн	1 229 805,26

Економічний ефект у порівнянні з відомими аналогами -20 %

Джерело: [складено автором]

Висновки до розділу 4

Отримані за розробленою технологією електричні контакти мають високу собівартість, адже порівнянно однакову з контактами, що виробляються методом пресування–спікання. Адже показники властивостей контактів, що виготовленні методом просочення, вище властивостей аналогів. До того ж, розрахунок собівартості проводився для малого об'єма виробництва. Собівартість виробу можна знизити якщо зробити автоматизовані виробничі лінії та збільшити об'єм виробництва.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ НА ВИРОБНИЧІЙ ДІЛЬНИЦІ З ВИГОТОВЛЕННЯ СРІБЛО-ГРАФІТОВИХ ЕЛЕТРОКОНТАКТІВ

Навколишнє середовище (довкілля), в якому існують живі організми, включаючи повітря, воду, ґрунт, природні ресурси, флору і фауну, а також взаємозв'язки між ними. Екологічні фактори (фактори середовища) – елементи середовища, що здійснюють той або інший вплив на певні організми.

Запобіганням забрудненню є використання процесів, методів, досвіду, матеріалів або продукції, що не спричиняють забруднення або зменшують чи регулюють його, до яких можуть належать рециркуляція, перероблення, знищення чи очищення відходів, зміна технологій, засоби та механізми контролю та регулювання, ефективне використання ресурсів і зміна матеріалів. Потенційні вигоди від запобігання забрудненню включають зменшення шкідливого впливу на довкілля, підвищення ефективності діяльності та зниження витрат. Завдання контролю у галузі охорони довкілля полягає у забезпеченні додержання вимог законодавства про охорону довкілля та встановлених нормативів забруднення всіма державними органами, підприємствами, установами та організаціями, незалежно від форм власності і підпорядкування, а також громадянами. Питаннями розвитку довкілля займається екологія – наука про взаємодію живих організмів та середовища їхнього мешкання. Отже раціональне вирішення екологічних проблем можливо тільки при оптимальній взаємодії середовища та суспільства, яке забезпечує, з одного боку, подальший розвиток суспільства, з іншого – збереження та підтримання відновлюючи сил природи, що можна досягти лише при проведенні широкого комплексу практичних заходів та наукових досліджень по охороні навколишнього середовища.

Природоохоронною є будь-яка діяльність, спрямована на збереження якості навколишнього середовища на рівні, що забезпечує стійкість біосфери. До неї належить як великомасштабна, здійснювана на загальнодержавному

рівні, діяльність щодо збереження еталонних взірців незайманої природи та збереження різноманітності видів на Землі, з організації наукових досліджень, підготовки фахівців-екологів та виховання населення, так і діяльність окремих підприємств з очищення від шкідливих речовин стічних вод і газів, що викидаються в атмосферу, зниження норм використання природних ресурсів тощо. Така діяльність здійснюється переважно інженерними методами. Існує два напрямки природоохоронної діяльності підприємств. Перший очищення шкідливих викидів, однак цей шлях недостатньо ефективний, оскільки за його допомогою не завжди вдається повністю припинити надходження шкідливих речовин в біосферу. До того ж, скорочення рівня забруднення одного компонента навколишнього середовища призводить до посилення забруднення другого. Наприклад, встановлення вологих фільтрів для газоочищення дозволяє скоротити забруднення повітря, але призводить до збільшення ступеня забруднення води. Використання очисних споруд, навіть найефективніших, різко скорочує рівень забруднення навколишнього середовища, однак не розв'язує цієї проблеми повністю, оскільки в процесі функціонування цих установок також утворюються відходи, хоча і в меншому обсязі, але з підвищеною концентрацією шкідливих речовин. Поряд з цим робота переважної більшості очисних споруд вимагає значних енергетичних затрат, що, в свою чергу, також є небезпечним для довкілля. Крім того, забруднювачі, на зневаження котрих витрачаються значні кошти, є речовинами, в котрі вже вкладено працю і котрі, за незначним винятком, можна було б використати.

Для досягнення високих еколого-економічних результатів необхідно процес очищення шкідливих викидів поєднати з процесом утилізації вловлених речовин, що зробить можливим об'єднання першого напрямку з другим – усунення причин забруднення. Реалізація цього напрямку вимагає розробки маловідходних, а в перспективі й безвідходних технологій виробництва, котрі дозволяли б комплексно використовувати вихідну сировину та утилізувати максимум шкідливих для біосфери речовин. Однак для всіх виробництв існують прийнятні техніко-економічні рішення щодо різкого скорочення

кількості відходів та їхньої утилізації, тому в реальних умовах доводиться працювати за двома вказаними напрямками. Разом з цим, ніякі очищуючі споруди та безвідходні технології не зможуть відновити стійкість біосфери, якщо будуть перевищені допустимі (порогові) значення скорочення природних, не перетворених людиною, систем. Саме тут виявляється дія закону незамінності біосфери. Таким порогом може стати використання більше 1% природних територій. Тому технічні досягнення не звільняють від необхідності вирішення проблем зміни пріоритетів суспільного розвитку, стабілізації народонаселення, створення достатньої кількості заповідних територій тощо.

Для різних технологічних процесів, технологічного та іншого обладнання, споруд і об'єктів залежно від часу розробки та введення в дію технологій і обладнання, наявності наукових технічних розробок, економічної доцільності встановлюється: нормативи граничних обсягів утворення забруднюючих речовин для окремих типів технологічного та іншого обладнання. Вимоги щодо впровадження технологічних процесів в частині впливу на утворення забруднюючих речовин, регламенти використання та втрат сировини. Вказані нормативи розробляються підприємствами, установами та організаціями і затверджуються Мінекоресурсів.

Нормативи екологічної безпеки: гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин у навколишньому середовищі; гранично допустимі рівні (ГДР) акустичного, електромагнітного, радіаційного та іншого шкідливого фізичного впливу на довкілля; гранично допустимий вміст (ГДВ) шкідливих речовин у продуктах харчування; гранично допустимі викиди та скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин; рівні шкідливого впливу (РШВ) фізичних та біологічних факторів. Забруднення навколишнього середовища при ремонті дефектів пайкою в вакуумі. Забруднення навколишнього середовища полягає у забрудненні атмосфери, гідросфери, а також простору навколо ділянки.

Так як під час ремонту використовується обладнання для розсверловки дефектів, можна сказати, що найбільш впливовим є забруднення атмосфери.

Атмосфера завжди містить певну кількість домішок, котрі зумовлюються природними та антропогенними джерелами. Основними джерелами забруднення атмосфери є природні, промислові та побутові процеси. Їх об'єднують у такі групи: забруднювачі природного походження (мінеральні, рослинні, тваринні, мікробіологічні); забруднювачі, які утворюються при згорянні палива для потреб промисловості, опалення житлових будинків, при роботі всіх видів транспорту; забруднювачі, які утворюються в результаті промислових викидів; забруднювачі, зумовлені згорянням і переробкою побутових і промислових відходів.

Вплив середовища на організм має оцінку за окремими факторами. Найчастіше фактори поділяють на три групи:

а) фактор не живої природи. До них відносяться кліматичні, атмосферні та інші;

б) фактори живої природи – вплив живої природи одних організмів чи їх суспільств на інші. Ці впливи можуть бути з боку рослин, тварин, мікроорганізмів, грибів та інших.

в) фактори людської діяльності (антропогенні). Серед них розрізняють: прямий вплив (наприклад промисел); непрямий – вплив на місце мешкання (забруднення середовища, будівництва плотин на річках тощо).

В цьому розділі дипломної роботи розглянемо вплив антропогенних факторів на навколишнє середовище. Атмосферне повітря забруднюється шляхом привнесення в нього чи утворення в ньому забруднюючих речовин в концентраціях, які перевищують нормативні якості чи рівні природного захисту. Забруднююча речовина – домішка в атмосферному повітрі, яке виявляється при певних концентраціях несприятливою дією на здоров'я людини, об'єкти рослинного та тваринного світу та інші компоненти навколишнього природного середовища чи надати шкоду матеріальним цінностям. Методи очистки атмосферного повітря можна умовно розподілити: каталітичні, некаталітичні. Принципова різниця між цими двома методами складається у тому, що при некаталітичних методах домішки виводяться з газової суміші шляхом

конденсації та поглинання рідким, чи твердим поглиначем. При каталітичних методах видалені суміші не виводяться з системи, а перетворюються в інші речовини, які залишаються в газовій суміші чи легко відділяються. При каталітичних методах видалені суміші не виводяться з системи, а перетворюються в інші речовини, які залишаються в газовій суміші чи легко відділяються. До некаталітичних методів відноситься: метод адсорбції, метод абсорбції, метод хімічного зв'язування, низько-температурний метод.

Каталітичні методи розрізняють за типами каталізаторів. Частіше використовують хромо-нікелеві каталізатори. Для очищення викидів необхідно використовувати комбінацію каталітичних та некаталітичних методів. Це забезпечує максимальну ефективність очищення. При виготовленні електричного контакту, намагаються уникнути забруднення навколишнього середовища наступними методами: використовують герметичні бункери для зберігання, що дозволяє уникнути викиду шкідливих речовин до атмосфери; обов'язково використовується централізована витяжна вентиляція; дотримуються допустимої концентрації речовин у повітрі; слідкувати за умовами зберігання небезпечної речовини, яка використовується в технологічному процесі. Використовуючи ці засоби переслідують дві мети: охорона навколишнього середовища; дбайливе відношення до природних багатств.

Насамперед необхідно проводити інструкції по охороні праці, тобто виконувати всі роботи в засобах захисту дихальних шляхів. Також рекомендується застосовувати витяжну вентиляцію. При роботі зі спиртами та кислотами, що приймають участь у процесі ремонту, потрібно захищати руки та очі від можливих опіків. Забезпечити необхідні заходи для зменшення шкідливих наслідків під час аварійної ситуації на ділянці.

Для захисту атмосфери від забруднення на підприємствах даної промисловості необхідно застосовувати встаткування, що очищає від пилу, що залежно від принципу дії можна розділити на чотири групи: сухі й мокрі пиловловлювачі, електрофільтри й механічні (пасивні) фільтри. Для очищення

повітря від туманів кислот, лугів, масл і інших рідин необхідно використовувати волокнисті фільтри типу УИФ-2. Джерелом забруднення гідросфери, в основному, є стічні води з механічними й шкідливими хімічними домішками. Для очищення стічних вод від механічних домішок можна використовувати проціджування, відстоювання, відділення механічних часток у поле дії відцентрових сил і фільтрування. Для очищення стічних вод від металів і їхніх солей потрібно застосовувати реагенти, іонообміни, сорбційні, електрохімічні методи, біохімічне очищення, а для видалення кислотно-лужних включень - хімічні методи нейтралізації. Для локального очищення стічних промислових вод можливе застосування наступних установок: УР-1, АП-500, ВВН-250 і інших. Після локального очищення необхідно провести доочищення стічних вод на очисних спорудженнях.

Висновки до розділу

Були розглянуті забруднення навколишнього середовища при технологічних процесах виготовлення електричних контактів з срібло-графітових композиційних матеріалів методом просочення. Розроблені заходи по запобіганню забруднення атмосферного повітря при виробництві електричних контактів. Для очищення повітря від туманів кислот, лугів, масел і інших рідин прийнято використовувати волокнисті фільтри типу УИФ-2. Для локального очищення стічних промислових вод прийнято застосування наступних установок: УР-1, АП-500, ВВН-250.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасний стан і проблемні питання вибору і виготовлення електроконтактних матеріалів, на основі якого в роботі пропонується використовувати просочення пресованої пористої заготовки розплавленим сріблом.

2. Для виготовлення матеріалів обрано порошок графіту марки ЕУЗ-М, срібло марки СрА-1 у вигляді уламків ювелірних виробів, хром марки Х99 (зливки); проаналізовано їх структурні особливості. За правилом адитивності розраховано щільність матеріалу, границю його міцності і питомий електричний опір.

3. Розроблено технологічну схему виготовлення сріблографітового електроконтактного виробу, обрано обладнання для технологічних операцій та розглянуто організаційні заходи на виробничій дільниці. Особливості технології полягатимуть у можливості застосування відходів виробів зі срібла замість коштовних порошкових срібляних матеріалів

4. Виконано техніко-економічне обґрунтування проекту, за яким визначено середню технологічну собівартість електричного контакту, яка при річній програмі 15 000 шт становить 283 грн. що на 20 % вище виготовлених за методом пресування–спікання. Адже показники властивостей контактів, що виготовлені методом просочення, вище властивостей аналогів.

5. Розглянуто заходи щодо охорони праці і навколишнього середовища.

Результати роботи були представлені на III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій в умовах кризових ситуацій» (24-26 вересня 2024 р.) у Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паржницький О. В., Аушева С. В., Шулепіна Г. Ю. Електроматеріалознавство: навчальний посібник. Київ : Грамота, 2023. 224 с.
2. Тетерко О. А., Баб'як М. О., Костін М. О. Експлуатаційна надійність контактних з'єднань електропневматичних контакторів та контакторів ЕКГ-8Ж електровозів змінного струму. *Електроніка та електромеханіка*. 2007 № 2. С. 41-45.
3. Тетерко О. А. Результати експлуатаційних випробувань відновлених електричних контактів контакторів ЕКГ-8Ж електровозів змінного струму. *Електроніка та електромеханіка*. 2007. № 4. С. 53-56.
4. Бутенко О. О., Черниш О. В., Кубай Ю. О., Хоменко В. Г., Брасуков В. З., Криптя Я. А. Застосування графітів в електропровідних полімерних композитах. *Технології та інжиніринг*. 2022. № 6 (11). С. 72-81.
5. Швець Р. Я., Григорчак І. І., Кулик Ю. О., Покладок Н. Т. Модифіковані вуглеграфітові матеріали для пристроїв генерування і накопичення енергії. *Прикладна фізика і матеріалознавство*. 2012. № 4. С. 4-8.
6. Куцова В. З., Носко О. А., Ковзель М. А. Спеціальні сплави, рідкоземельні та благородні метали : навчальний посібник. Дніпропетровськ. НМет АУ, 2007. 163 с.
7. Лисенков Е. А., Стрюцький О. В., Клименко Л. П. Антимікробні срібловмісні полімерні наноматеріали : синтез, властивості та застосування : монографія. Миколаїв
8. Яворський В. Т., Перекупко Т. В., Мудрий О. О. Фізико-хімічні властивості порошків срібла, одержаних контактних осадженням магнію. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2013. № 1. С. 72-77.
9. Піркович К. А., Черняк Л. В. Хімічний склад предметів серверування столу зі срібла. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2015. № 2. С. 136-140.

10. Колич І. І. Плазмонні спектри наночастинок срібла у діелектричних матрицях : дисертація канд. фіз-мат наук. Львівський національний університет імені Івана Франка. 2015. 170 с.
11. Композиційні та порошкові матеріали: навчальний посібник / П. П. Савчук, В. П. Кошицькій, М. Д. Мельничук, О. Л. Садова : за заг. Ред. П. П. Савчука. – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О. В., 2017. – 368 с.
12. Методичні вказівки до виконання курсової і лабораторних робіт з дисципліни «Дисперсні матеріали та композити» / Казимиренко Ю. О., Карпеченко А. А. – Миколаїв: НУК, 2019. – 100 с.
13. Фізичні методи вивчення властивостей матеріалів: підручник / Е. К. Посвятенко, Р. В. Будяк, О. В. Мельник, В. Г. Нікітін В. : НТУ, 2019. – підручник. – 184 с.
14. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів: навчальний посібник / Т. П. Говорун, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. – Суми: СумДУ, 2014. – 255 с.
15. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів: навчальний посібник / В. В. Халявко, І. А. Владимирський, О. О. Жабинська. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 156 с.
16. Постановка експерименту та обробка результатів: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів / А. В. Дегтярьов, М. Г. Колодій, В. О. Маслов, В. О. Тіманюк. – Х : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 176 с.
17. Фізика твердого тіла: підручник / Ю. М. Поплавко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 415 с.
18. Нові матеріали та технології їх отримання: підручник / Е. С. Геворкян , Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофєєва, В. П. Нерубецький. – Харків: Укр ДУЗТ, 2015. – 345 с.
19. Постпроцеси адитивних технологій: навчальний посібник / Л. І. Пупань – Харків : НТУ, «ХП», 2023. – 91 с.

20. Теорія і технологія порошкової металургії: навчально-методичний посібник / Нестеренко Т. М., Скачков В. О., Воденнікова О. С. Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. – 192 с.

21. Організація виробництва: підручник / за ред. А. І. Яковлеап, С. П. Сударкіна, М. І. Ларки. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – 436 с.

22. Організація і технологія матеріально-технічного забезпечення підприємства: навчальний посібник Гордійчук А. С., Стохів О. А., Кузнєцова Т. В., Збагурська Н. В. – Рівне: НУВГП, 2012. – 256 с.

23. Інтегровані технології обробки матеріалів / Е. С. Геворкян, Л. А. имофєєва, В. В. Нерубацькій, О. М. Мельник. – Харків : УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.

24. Бредихін В.М., Маняк М.О., Смирнов В.О., Пожуєв В.І., Червоний І.Ф., Грицай В.П. Металургія кольорових металів. Підручник. Ч.7. Вторинна металургія кольорових металів / Під ред. докт. техн. наук, професора Червоного І.Ф. – ЗДІА, Запоріжжя, 2009. – 452 с.

25. Бойчик, І. М. Економіка підприємства : підручник / І. М. Бойчик. – К. : Кондор, 2016. 378 с.

26. Марченко І. Л., Бакланов О. М. Охорона праці в ковальсько-пресовому виробництві : навч. посібник. Краматорськ. ДДМА. 2009. 208 с.

ДОДАТКИ

[illegible]