

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«__» _____ 2021 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

на тему: «Технологічні параметри отримання поруватих титан-алюмінієвих литих виробів»

Виконав студент 4 курсу, групи ФЛ-71-2

Бойчук Євген Андрійович

(підпис)

Керівник

доц. к.т.н Гурія І. М.

(підпис)

Консультант
з охорони праці

доц. к.т.н. Демчук Г. В.

(підпис)

Консультант
з економічної частини

ст. викл. к.е.н. Нараєвський С. В.

(підпис)

Консультант
з нормоконтролю

доц. к.т.н. Лютий Р. В.

(підпис)

Рецензент

доц. к.т.н Доній О. М.

(підпис)

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

Студент _____

Київ – 2021 року

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

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність 136 Металургія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
“ ___ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Бойчуку Євгену Андрійовичу

1. Тема роботи «Технологічні параметри отримання поруватих титан-алюмінієвих литих виробів», керівник роботи Гурія Ірина Миранівна доцент кафедри, кандидат технічних наук.

затверджені наказом по університету № 1355с від 27 травня 2021р.

2. Термін подання студентом роботи 9 червня 2021р.

3. Вихідні дані до роботи: аналіз літературних джерел та результати переддипломної практики.

4. Зміст роботи провести літературний огляд стану питань та сформулювати задачі дослідження; визначити методику дослідження для вирішення поставлених задач; провести експерименти та обробити отримані дані; оцінити параметри економічної ефективності наукового дослідження; розробити заходи з охорони праці; сформулювати загальні висновки та рекомендації.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: стан питання, мета та задачі дослідження, методика проведення досліджень, результати експериментів, висновки.

6. Консультанти розділів роботи*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович		
Охорона праці	к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович		

7. Дата видачі завдання: 12 квітня 2021 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Переддипломна практика	12.04.2021 – 17.05.2021	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою дослідження	14.04.2021 – 10.05.2021	
3	Розроблення методики дослідження	15.05.2021 – 17.05.2021	
4	Планування та проведення експериментів	20.05.2021 – 23.05.2021	
5	Аналіз результатів експериментів	25.05.2021 – 27.05.2021	
6	Розрахунок економічно-організаційних показників	07.06.2021 – 08.06.2021	
7	Аналіз стану охорони праці	06.06.2021 – 07.06.2021	
8	Підготовка та оформлення ілюстративної/графічної частини роботи	9.06.2021 – 10.06.2021	
9	Оформлення дипломної роботи	11.06.2021 – 12.06.2021	
10	Подання дипломної роботи до захисту	14.06.2021	
11	Рецензування дипломної роботи	14.06.2021	
12	Захист дипломної роботи	16.06.2021	

Студент

Євген БОЙЧУК

Керівник роботи

Ірина ГУРІЯ

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 75 с., 20 рис., 25 табл., 17 джерела.

Мета роботи – дослідити технологічні параметри отримання поруватих титан – алюмінієвих литих виробів.

Об’єкт дослідження – процес виготовлення поруватих литих виробів.

Предмет дослідження: пороутворення вилівка з використанням флюсу та без, взаємодія на межі поділу титан – алюміній, залежність від фракції солі.

Методи дослідження – металографічний.

Проведено експеримент технологічного процесу виготовлення поруватих виробів титан – алюміній методом гравітаційного литва. Досліджено за допомогою металографічного аналізу взаємодію на межі поділу титан – алюміній та пороутворення. Встановити вплив різних температур та покриттів на якість утворення пор.

ПІНОАЛЮМІНІЙ, МЕТАЛЕВА ПІНА, ФЛЮС, ПОРОУТВОРЮВАЧ,
ПІНОМЕТАЛ, ТИТАН, МЕТАЛОГРАФІЯ.

ABSTRACT

Thesis: 75 pages, 20 figures, 25 tables, 17 sources.

The purpose of the work is to investigate the technological parameters of obtaining porous titanium - aluminum cast products.

The object of research is the process of making porous cast products.

Subject of research: pore formation of casting with and without flux use, interaction at the interface of titanium - aluminum, dependence on salt fraction.

Research methods - metallographic.

An experiment of the technological process of manufacturing porous products titanium - aluminum by gravity casting was carried out. The interaction at the interface between titanium and aluminum and pore formation was investigated by means of metallographic analysis. The influence of different temperatures and coatings on the quality of pore formation is determined.

FOAM ALUMINUM, METAL FOAM, FLEX, FORMER, PINOMETAL, TITANIUM, METALLOGRAPHY.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.1 Загальна характеристика алюмінієвої піни	9
1.2 Вимірювання властивостей матеріалу	9
1.3 Виробництво металевих пін з розплавів металів.....	10
1.3.1 Пряме спінювання розплавів	10
1.3.2 Виготовлення піноалюмінію	Ошибка! Закладка не определена.
1.3.3 Осадження металу на поверхні поліуретану.....	12
1.3.4 Синтаксичні піни з використанням зварювальних технологій.....	13
1.4 Виробництво металевих пін з металевих порошків	13
1.5 Отримання піноалюмінію змішуванням газів.....	14
1.6 Процес Фраунгофера	15
1.7 Властивості шаруватих композиційним матеріалів титан-алюміній	17
1.7.1 Приклади пороутворювачів	19
1.7.2 Умови отримання якісного піноалюмінію	21
1.7.3 Оптимізація процесу.....	24
1.7.4 Метод «Вихрового»	27
1.7.5 Можливості застосування піноалюмінію	28
1.7.6 Закритопористий піноалюміній та його властивості	28
1.7.7 Застосування.....	29
1.7.8 Відкритопористий алюміній та його властивості.....	30
1.7.9 Проникність.....	31
1.7.10 Акустичні характеристики.....	31
1.7.11 Можливості застосування	31
1.7.12 Перспективи застосування алюмінієвих сендвіч-панелей	32
1.7.13 Висновки та постановка завдання дослідження	36
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	37
2.1 Підготовка до експерименту.....	37
2.2 Проведення попереднього експерименту.....	38
2.3 Металографічні дослідження.....	40

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	41
3.1 Попередні експерименти.....	41
3.2 Підготовка виливків до металографічного дослідження.....	42
3.3 Результати виливків розплаву алюмінію А0 на стереомікроскопі	42
3.4 Результати виливків розплаву АК12 на стеріомікроскопі.....	45
3.5 Результати отримання пор виливків розплаву АК12 на стереоскопі	47
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	50
4.1. Розрахунок витрат на проведення НДР	50
4.1.1. Витрати на оплату праці	50
4.1.2. Єдиний соціальний внесок.....	52
4.1.3. Матеріали, необхідні для проведення досліджень.....	53
4.1.4. Енергоносії для проведення досліджень	54
4.1.5. Витрати на спеціальне обладнання.....	54
4.1.6. Вартість послуг сторонніх організацій.....	54
4.1.7. Витрати на службові відрядження	54
4.1.8. Інші прямі невраховані витрати	55
4.2.9. Накладні витрати	55
4.1.10. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми	56
4.2. Науково-технічна ефективність НДР.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
5.1. Загальна характеристика умов праці у лабораторії кольорового литва	61
5.2. Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення умов праці у лабораторії кольорового литва	64
5.2.1. Небезпека фізичних пошкоджень працівників у лабораторії кольорового литва.....	64
5.3.2. Вібрація та шум.....	66
5.3.3. Електробезпека.....	67
5.4. Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів у лабораторії кольорового литва	69
5.5. Висновки до розділу	71
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

ВСТУП

Піноалюміній відкрили досить давно, інтерес до цього незвичайного конструкційного матеріалу проявляють компанії які виготовляють техніку для таких галузей як: машинобудування, суднобудування. Піноалюміній також знайшов себе у дизайнерських рішеннях для оформлення промислових виставок та створення мобільних об'єктів.

Над технологією виготовлення недорогого та якісного піноалюмінію працюють різні лабораторії в Північній Америці та Європі. в тому числі один з департаментів «Колтек інтернешнл». У цей проект компанія вклала вже близько \$ 6 млн, і Колеров вважає, що «Колтек» ближче до успіху, ніж конкуренти. При збільшенні обсягів виробництва росіяни цілком можуть випускати продукт з прийнятною собівартістю [1].

Спінений алюміній із закритою пористістю, званий піноалюмінієм, отримують за технологіями ливарної або порошкової металургії. У першому випадку піна утворюється за рахунок введення газу в розплавлений метал за допомогою імпеллера або при додаванні в розплав частинок порофору. За технологією порошкової металургії, спочатку вводиться напівфабрикат, що складається із спресованих між собою порошоків алюмінієвого сплаву і порофору, а потім отримана заготовка спінюється всередині ливарної форми.

В даний час піноалюміній розглядається в якості одного з перспективних матеріалів в енергопоглинаючих системах для захисту від удару і дії вибухових хвиль. Піноалюміній може деформуватися при постійному тиску і тому може поглинати більше енергії, ніж суцільний алюміній. Основна частина поглиненої енергії безповоротно перетворюється в енергію пластичної деформації, і в цьому є велика перевага піноалюмінію [2].

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна характеристика алюмінієвої піни

Алюмінієва піна являє собою легкий пористий матеріал з величезним потенціалом застосування для посилення тонкостінних конструктивних елементів супутників, літаків, кораблів і автомобілів. Розробка алюмінієвої піни для армування тонкостінних елементів конструкції вимагає повної характеристики її механічних властивостей. Загалом, механічні властивості пін регулюються двома основними факторами: морфологією пор (форма, розмір і розподіл пор) і властивостями матеріалу піноалюмінію. Протягом останніх двох десятиліть були проведені дослідження першого з вище згаданих факторів, але властивості матеріалу стін через відмінності (у виробничих процесах) в основному ігнорувалися. Вимірювання механічних властивостей комірок – складне завдання, оскільки традиційні методи не можуть бути застосовані до комірок. Оскільки популярність металевих пін швидко зростає, важливим стає розвиток методу визначення властивостей піноалюмінію.

1.2 Вимірювання властивостей матеріалу

Проблеми, пов'язані з вимірюванням властивостей матеріалу на комірках, полягають у наступному: геометрія тонкої клітинної стінки не підходить для виготовлення звичайних зразків для випробувань на стиск або розтяг, і навіть при дуже низьких навантаженнях спостерігається коміркова схожість, та вигин стін, що ускладнює ситуацію, що розділення пружних і пластичних властивостей стає ускладненим [3].

1.3 Виробництво металевих пін з розплавів металів

Виробництво даного типу починається з розплавлення металу, з якого піноалюміній виходить за допомогою пористого матеріала, або за допомогою полімерної піни або литтям рідкого металу на твердий наповнювач. Існують технології отримання металевих пін прямим спінюванням розплавів металів газами. Щоб виявити переваги та недоліки цих потрібно розглянути ці методи.

1.3.1 Пряме спінювання розплавів

Даний метод заснований на безперервному пропусканні газу через металевий розплав. Метод розроблений одночасно і незалежно Alcan і Norsk Hydro в кінці 1980-х і 1990-х років. Суть даного методу полягає в тому, що металевий розплав може бути спінений при певних умовах шляхом введення газів в рідину. Бульбашки газу, які утворюються в металевому розплаві, прагнуть швидко піднятися на його поверхню, але цьому підйому перешкоджає висока в'язкість розплавленого металу. Це може бути усунути шляхом додавання дрібного керамічного порошку або легуючих елементів, які утворюють частинки в розплаві.

Слід зазначити, що численні спроби спінювання рідких металів були зроблені ще в 60-70-х роках минулого століття, цей процес мало оптимізований, щоб виробляти досить якісну піну. За останні 10 років було проведено ряд нових розробок і зараз доступні кращі методи виробництва.

У теперішній час існує два методи прямого отримання спінених металевих розплавів. Один використовується Канадської технологічною компанією «Sumat» для спінювання алюмінію та алюмінієвих сплавів. Слідуючи цьому механізму, потрібно використовувати карбід кремнію (SiC), оксид алюмінію (Al_2O_3) або оксид магнію (MgO) для посилення в'язкості розплаву. Тому перший крок складається з приготування алюмінієвого

розплаву, що містить одну з цих речовин. Проблема полягає в тому, що необхідно домогтися однорідності розподілу часток. Другий крок – це спінювання рідкого розплаву шляхом вдування газів (повітря, азот, аргон) за допомогою спеціально розроблених трубок. Ця установка повинна випускати дуже маленькі бульбашки газу в розплав і розподіляти їх однорідно. Отримана піна впливає на поверхню рідини і тоді її можна зібрати за допомогою стрічкового конвеєра.

Другий шлях прямого спінювання розплавів – це додавання піноутворювача в розплав замість продувки його газом. Піноутворювач розкладається при нагріванні і виділяє газ, який і здійснює процес спінювання.

Перший крок процесу – збільшення в'язкості розплаву. Для цього додають кальцій (1-2% від загальної маси), який окислюється з утворенням CaO і CaAl_2O_4 (можливе утворення Al_4Ca). Як піноутворювач використовують гідрид титану (TiH_2), який при нагріванні виділяє газ (H_2): Піна, отримана таким методом має найбільш однорідну структуру, в порівнянні з піною, отриманими іншим шляхом.

Другий крок – евтектичне затвердіння (тверда речовина-газ). Цей метод, який був розроблений кілька років тому в Україні, заснований на тому, що деякі рідкі метали утворюють евтектичну систему з газоподібним воднем. Спочатку плавлять метал в автоклаві (автоклав – апарат для проведення різних процесів при нагріванні і під тиском вище атмосферного). Потім розчиняють водень в цьому розплаві при високому тиску (зазвичай 50 атм). Далі температуру роблять нижче евтектичної, і система переходить в двофазний стан, відповідне і в твердому, і газі.

Якщо параметри процесу – швидкість охолодження і профіль тиску будуть вибрані вірні, то газ буде накопичуватися у вигляді маленьких газових бульбашок в розплаві, таким чином, утворюючи піну. Можливість затвердіння рідини в певному напрямку передбачає утворення піни переважно з

подовженими порами. Якщо посудина циліндрична, то можливі радіальні і осьові пори.

Максимальна пористість, яка може бути досягнута, не вище 5 – 75 %, але метали з середніми і високими температурами плавлення, такі як мідь і нікель, можуть бути спінені тільки таким способом [4].

1.3.2 Виготовлення піноалюмінію

Піноалюміній може бути виготовлений безпосереднього спінюванням металу. Для цього відправною точкою є полімерна піна. Полімерну піну перетворюють в структуру з відкритими порами шляхом використання піноутворення або обробкою пористої структури. Потім піну заповнюють суспензією з термостійкого матеріалу, наприклад, суміші муліта, фенольних смол і карбонату кальцію. Після висихання полімер видаляють, і розплавлений метал заливають в отримані відкриті порожнини, які точно представляють первинну структуру піни. Після видалення формувального матеріалу (наприклад, під тиском води) отримують металеву піну, яка має таку ж форму, як первісна полімерна піна.

При даному способі доступні піни з різною пористістю від 2,5 на 1 см³. Це дуже дорога піна. Зазвичай таким способом спінуються алюмінієві сплави, але інші метали теж можуть бути так оброблені.

1.3.3 Осадження металу на поверхні поліуретану

Можна металізувати поліуретан з подальшим його випалюванням. Поліуретан занурюють розчин, поки нікель не вступить у реакцію з поліуретаном (10-20 хв.). Потім металізовану губку поміщають в піч при температурі згоряння поліуретану. Отриману металеву піну охолоджують.

1.3.4 Синтаксичні піни з використанням зварювальних технологій

Легкі пористі метали можуть бути отримані за допомогою розподілу в об'ємі розплаву неорганічних гранул, порожнистих сфер з низькою щільністю.

Гранули вводять в розплав, або розплав заливається в масу наповнювача. Теплоємність і теплопровідність гранул дуже низька, тому вони не порушують плинність металу. Змочування гранул утруднено у зв'язку з високим поверхневим натягом рідкого розплаву і проміжки між гранулами повністю не заповнюються. Створення невеликого вакууму всередині розплаву або зовнішній тиск істотно полегшує переміщення.

Таким способом може бути оброблений широкий спектр металів, включаючи алюміній, магній, цинк, свинець та ін.

1.4 Виробництво металевих пін з металевих порошків

Для виготовлення пористих металевих структур замість розплавленого металу можуть бути використані металеві порошки. Існує кілька різних методів. У деяких з них обробка порошків йде від стисненого вихідного матеріалу до фактичного спінювання, в інших способах порошки використовуються для безпосередньої обробки.

1.5 Отримання піноалюмінію змішуванням газів

Піноалюміній найчастіше отримують змішуванням газів в алюмінієвому розплаві. У якості газів використовують: азот, аргон, повітря, вуглекислий газ [5].

– перевагою даного способу є, високий виробничий процес і не висока вартість обладнання і оснастки.

– недоліком способу є мала і нерегульована дисперсія бульбашок, обумовлена природою процесу термічного розкладання гідриду титану з виділенням газу при перемішуванні, а також висока вартість металевого кальцію і гідриду титану.

Найбільшого поширення набула розроблена Інститутом Фраунгофера порошкова технологія виробництва піноалюмінію. Як вихідний матеріал використовуються порошки алюмінію або алюмінієвих сплавів, які змішуються з порофору (речовина яка при нагріванні виділяє газову складову), наприклад гідрид титану. Частка порофору незначна і становить, як правило, менше 1%. Виріб ззовні не відрізняється від звичайного металу і може в подальшому деформуватися в напівфабрикат прокаткою або пресуванням в залежності від виду кінцевого спіненого виробу. Отриманий напівфабрикат піддається операції спінювання шляхом нагрівання до температури, близької до температури плавлення використовуваного сплаву. У цих умовах виділяється, в результаті термічного розкладання порофору, газ утворює в металі пінну структуру. Після досягнення бажаного збільшення обсягу, процес закінчується охолодженням матеріалу, і пінна структура стабілізується.

Щільність піноалюмінію може становити від 0,4 до 1 г/см³. Перевагою даного способу є можливість отримання фасонних виробів і рециркулюємий матеріал може бути використаний знову, як звичайні литі деталі. Існують наступні недоліки: складність в приготуванні суміші, виникає утруднення в ущільненні суміші, процес досить складний.

Також відомий спосіб, при якому безперервно здійснюють приготування розплавленого композиційного металевго матеріалу, що містить металеву матрицю і тонкоподрібнені зміцнюючі частки, спінюють розплав для утворення пор шляхом подачі в розплав газу і накопичують отриманий пінометал на поверхні розплаву. Розплавлений металевий композиційний матеріал можна отримувати розплавленням композиційного матеріалу з металевою матрицею або добавкою і розподілом зміцнюючих часток в розплавленому металі або сплаві за допомогою активного газу. В якості активного газу можна використувати двоокис вуглецю, а в якості зміцнюючих часток - вогнетривкі частки.

Розплавленим композиційним матеріалом може бути матриця з алюмінію або алюмінієвого сплаву, зміцнена керамічними або інтерметалідними частинками. Недоліком описаного способу також є складність процесу і його трудомісткість. Альтернативою до даної технології є формування пористої структури інфільтрацією рідкого розплаву через засипку розчинних гранул, якими попередньо заповнюють форму, а потім після просочення гранул алюмінієвим розплавом і затвердіння вилівка їх витравлюють. Перевагою даної технології є можливість управління розміром пор, а також досить висока продуктивність [6-7].

1.6 Процес Фраунгофера

Піноалюміній може бути отриманий з порошку металургійним методом, який був розроблений і запатентований в Фраунгоферовському інституті в Німеччині. Виробничий процес починається зі змішування металевих порошоків простого металу, сплавів або порошкоподібних сумішей – з піноутворювачем, після чого суміш спресовують, до отримання щільного напівфабрикату.

Виготовлення напівфабрикату може бути здійснено будь-яким способом, який забезпечує впровадження піноутворювача в металевій матриці. Приклади такого методу ущільнення – одноосновними стисненням, екструзія або плющення порошку. Метод ущільнення вибирається залежно від необхідної форми вихідного матеріалу. Екструзія найбільш економічний спосіб на даний момент і, отже, найкращий. Як правило, таким способом одержують прямокутні профілі з різним перетином, з яких обкаткою отримують листи різної товщини.

Наступний крок – це термічна обробка при температурі плавлення основного металу. Під час цього процесу піноутворювач, який рівномірно розподіляється в об'ємі розплаву, розкладається. Газ змушує вихідний матеріал розширюватися, формуючи високо пористу структуру. Перед спінюванням вихідні матеріали можуть бути перероблені в листи, стрижні, профілі та інші форми звичайними методами, наприклад прокаткою, обтиском, екструзією для того щоб створити кращі умови під час спінювання.

Щільність одержуваного піноалюмінія можна контролювати шляхом регулювання кількості піноутворювача, температури і швидкості нагріву. Якщо в якості піноутворювача використовувати гідрид металу, то його змісту менше 1% більше ніж достатньо. Наприклад, в якості металевого порошку може бути використаний порошок Cu, Fe, Ti, Ni, а в якості піноутворювача K_2CO_3 (так як при розкладанні виділяється CO_2 і температура розкладання вище температури спікання основного металу). Розміри порошкового карбонату повинні бути обрані відповідно до передбачуваного розміром пор, а частки металевого порошку повинні бути значно менше їх.

Порошок Cu і K_2CO_3 змішуються в співвідношенні 1: 6. Під час змішування додають невелику кількість етанолу для зв'язування. Порошкову суміш виливають в м'які сталеві труби, а кінці запечатують шаром залізного порошку для захисту міді від окислення. Потім під гідравлічним пресом при 200 МПа суміш ущільнюють. Температура плавлення карбонату калію $891^\circ C$,

при ній він починає розкладатися, тому була вибрана температура 950°C. Порошкову суміш нагрівають до 950°C і тримають при даній температурі протягом 2-х годин, а потім охолоджують до кімнатної температури. Даним способом можна отримати піну з пористістю від 70% до 85%.

Якщо були зроблені достатні заходи щодо стабілізації, то пористу суспензію висушують, отримуючи таким чином металеву піну. Для отримання алюмо-піни в якості піноутворювача використовують ортофосфорну кислоту з гідроксидом алюмінію або соляну кислоту. Таким чином, отримуємо піну, у якій щільність на 7% нижче, ніж у вихідного металу. Але у цього методу є недолік – утворення тріщин у спіненому металі.

Отже, вивчивши вищевикладені механізми отримання металевої піни, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день розроблено багато різних методів. Кожен процес має як переваги, так і недоліки. І тільки кілька методів можуть бути використані при великого обсязі металевої піни.

1.7 Властивості шаруватих композиційним матеріалів титан-алюміній

Таблиця 1.1 – Властивості титан-алюміній

Найменування матеріалу	Щільність, г/см ³	Міцність при стисканні МПа
Піноалюмінію	1 – 1,2	10 – 12
Композиційний матеріал титан – алюміній з двома шарами титану	1,3 – 1,5	65 – 75
Композиційний матеріал титан – алюміній з трьома шарами титану	1,7 – 1,9	210 – 220

У литті з алюмінію часто бувають проблеми з дефектами виливків, які мають походження газу, однак, саме вони свого часу послужили поштовхом

для створення легких та міцни піноалюмінієвих конструкції із впорядкованою стільниковою структурою. Технічні Al, Mg, Al <11% Si (технічні (нелеговані) сплави, вміст домішок у яких не є більше 1%). Піноалюміній легкий (з щільністю $\gamma = 0,2 - 0,9 \text{ г/см}^3$, менше, ніж вода) – відносно міцний матеріал з комірчастою структурою, введення поро подібних речовин в розплав Al, в основному гідриди Ti, Zr, Ba, Li, а також CaCO_3 , які, розкладаючись, спінюють метал і наповнюють металеві комірки газом (у разі введення гідридів – з воднем, карбонату кальцію – з вуглекислим газом). Від цього матеріал міг закрити або відкрити пори, утворити злитки круглої форми або прямокутний переріз, смуги, а також фігурні заготовки.

Алюмінієва піна із закритою порою використовуються як конструкційний матеріал у суднобудуванні та машинобудуванні, будівництві та інших галузях техніки. Піна є тонкодисперсною, проникненням повітря у тверді речовини або рідини. Її пористість утворюється за допомогою піноутворювача, що сприяє утворення стійкої піни, а також пороутворюючих речовин, що використовуються у виробництві пористих матеріалів для створення в них системи сполучених пор-каналів або ізольовані пори-клітини. Приклади піноутворювачів та піноутворювачів наведені в таблиці нижче [8].

1.7.1 Приклади пороутворювачів

Приклади пороутворювачів які використовують наведено у (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Приклад пороутворювачів

Речовина	Основні характеристики	Механізм формування пор в піноалюмінію
1. Гідрид титана (TiH_2)	Негігроскопічний і стійкий по відношенню до розбавленими кислотам. Розкладання гідриду титану починається при температурі $300^{\circ}C$, але дегідрування навіть при температурі $1100^{\circ}C$ не призводить до повного видалення водню з титану. Використовується як пороутворювач для виготовлення пінометалів; як джерело чистого водню; як каталізатор в реакціях гідрування органічних з'єднань.	При перегріві хімічних компонентів вище температури ліквідус, у алюмінієвому сплаві відбувається розклад на водень і вуглекислий газ в різних випадках, після чого алюмінієвий розплав насичується газами.
2. Бікарбонат натрію ($NaHCO_3$)	Кисла натрієва сіль вугільної кислоти виявляє всі властивості солі і слабкої кислоти. У водних розчинах має слабо лужну реакцію. В широкому діапазоні концентрацій у водному розчині рН, розчину змінюється незначно, на цьому засноване застосування розчину речовини в якості буферного розчину	
3. Карбонат кальцію ($CaCO_3$)	Карбонат кальцію в звичайних умовах являє собою речовиною білого кольору, яке при прожарені розкладається, проте плавиться без розкладання (умова - надлишковий тиск CO_2)	
4. Хлорид кальцію ($CaCl_2$)	Тверда речовина білого кольору. Кристали, що мають кубічну форму, мають високу гігроскопічність і швидко поглинають вологу з навколишнього повітря. Добре	Відбувається заливка алюмінієвого розплаву в форму із заповненням

	розчинний у нижчих спиртах та органічних розчинниках	порожнин між гранулами
5. Хлорид барію (BaCl_2)	При нагріванні BaCl_2 розкладається з виділенням хімічну активного хлорводню	водорозчинних солей розплавом, після затвердіння
6. Бромід кальцію (CaBr_2)	Бромід кальцію використовується як дегідратувальний агент, каталізатор	алюмінієвого розплаву. Виріб
7. Йодид кальцію (CaI_2)	Безбарвна гігроскопічна тверда речовина; представляє собою сіль, яка вельми розчинна у воді, реагує з киснем і діоксидом вуглецю в повітрі	виймають з форми і поміщають в воду для розчинення солі і утворення пор.

При виробництві пористих виробів з металів і сплавів та пороутворювачі які найчастіше вводяться в матрицю розплавленого металу як необхідні технологічні добавки, а потім видаляються з монолітної заготовки різними способами, такими як спалювання, плавлення, розчинення. Тож ці добавки поєднуються з умовами охолодження та інші параметри технологічного процесу ливарного виробництва, немає визначити лише розмір сформованих пор, але також мають значний вплив на в'язкість, текучість і відносну щільність металевого розплаву, і в кінцевому рахунку як результат – якість кінцевого продукту з піноалюмінію.

Традиційно основною проблемою у виробництві литих піноалюмінієвих виробів вважається нестабільність їх якості через неоднорідність та нерівномірність. Розподіл пор в тілі вилівка веде до того, що кожний наступний вилівок в серії матиме однакову міцність, масу і щільність. Прийнято розрізняти варіанти виготовлення литих виробів з алюмінієвої піни, передбачаючи введення піни та пороутворювача в розплав алюмінію з подальшим перемішуванням або перед заливанням у ливарному вигляді, або безпосередньо в саму робочу порожнину. Вони обидва мають свої переваги та недоліки.

Перший варіант має перевагу отримання алюмінієвої піни шляхом безперервного лиття і витягування злитка зі швидкістю, як застигає розплав на основі алюміній з введеною в нього хімічної сполуки, яка при нагріванні

розкладається, виділяючи газ CO_2 до початку активного розкладання для виготовлення листів і смуг.

– недолік: що для формування, щільна заготовка з готовою конфігурацією; виріб слід помістити в щільну заготовку у формі і здійснюють високу температуру; термічна обробка піно утворення; є досить енергоємною та багатоступеневою технологічного процесу.

Другий варіант має наступні переваги, як скорочення стадій технологічного процесу; відсутність використання обладнання для змішування газифікуючи речовин ззовні; робоча порожнина форми.

– недолік: в деяких випадках спостерігається неоднорідність пори в готовому виробі з пінопласту алюмінію. У цій статті розглядається технологічна схема виробництва литих алюмінієвих пінопластових виробів за другим варіантом – варіантом інтраформне впорскування піни та пароутворювача в розплав алюмінію.

Відомі способи його здійснення з використанням як піни та пароутворювача полімерні гранули або водорозчинні солі. Наприклад, метод включає змішування у ливарній формі піщано-глинистої суміші та полімерних гранул з наступним спалюванням частинок полімеру та заповненням формований розплавлений метал, що подається до нього під тиском. Очевидно, і це недолік способу, спалювання полімерних гранул з металевій основи вимагає значних енерговитрат [9 –10].

1.7.2 Умови отримання якісного піноалюмінію

Так як імітаційна модель не враховує багато технологічних параметрів (наприклад, обробка в млинах, параметри консолідації та інші), а дає тільки уявлення про проходження процесу спінювання, то в цьому розділі ставилося задача досліджувати структуру і властивості матеріалу на різних стадіях його

отримання, побудувати відповідні закономірності і на їх основі, розробити технологію отримання піноалюмінію.

Спочатку досліджували структуру гранул після проникання матеріалу в ПМ, у вібраційному млині «вихрового» перемішування. В результаті досліджень було встановлено, що процеси які проходять в сплавах АМг6, Д16 і АК12М2 практично ідентичні. При цьому фазовий склад останніх двох сплавів досить складний, тому для спрощення дослідження всі основні закономірності та висновки вистроювали при вивченні піноалюмінію на основі матричного сплаву АМг6.

Під час обробки в ПМ або у вібраційному млині – це частинки матричного сплаву і порофору піддаються подрібненню, перемішуванню і впровадженню останніх в'язку алюмінієву матрицю, при цьому відчуваючи значні деформації. В результаті чергування цих процесів протягом 0,5 до 2 год в ПМ гранули подрібнилися з 500 до 40 мкм.

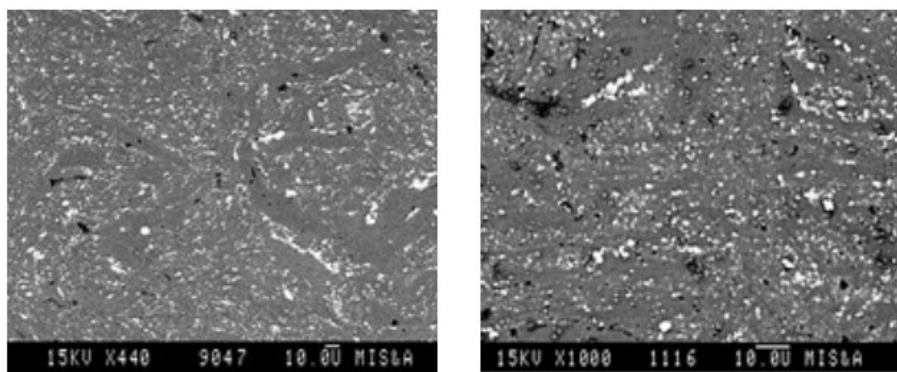
У свою чергу, після обробки в вібраційному млині розмір гранул досягає такого ж розміру тільки до 5 – 10 год, а в установці «вихрового» перемішування, подрібнення і взаємного проникнення частинок в матричний сплав взагалі не відбувається, тому після закінчення процесу розмір гранул матричного сплаву і частки TiH_2 мають вихідний розмір (500 мкм і 100 мкм, відповідно) і не з'єднані між собою по між фазним кордонах. За структурою гранул важко оцінити рівномірність розподілення фаз, в тому числі TiH_2 , тому основні висновки робили по структурі консолідованих зразків – прекурсорів.

Вона складається з алюмінієвого твердого розчину сірого кольору, частинок TiH_2 і залізо місткої фази (швидше за все $FeAl_3$), які на тлі алюмінієвого твердого розчину виглядають світлими. Дослідивши зразки в характеристичному випромінюванні Fe і Ti, визначили, що відмінності в розмірах цих фаз можна помітити після невеликої обробки в ПМ (0,5 год). Руйнування частинок TiH_2 при МЛ виходить швидше частинок залізовмісних фаз. Після проникнення протягом 0,5 год розмір часток TiH_2 досягає 3 мкм, а

частинки залізовмісних фаз в цей проміжок часу подрібнюються незначно і виглядають більшими (близько 3 – 5 мкм).

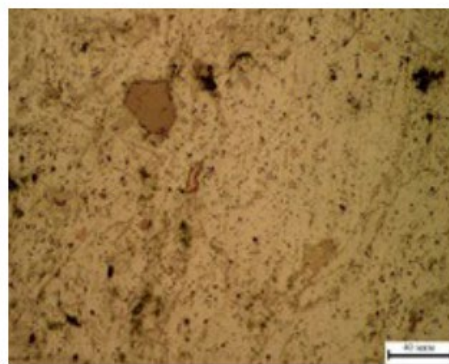
Зі збільшенням часу обробки відмінності в розмірах частинок фаз зникають, і відрізнити їх мікроскопічним методом практично неможливо. Після 0,5 год обробки в ПМ в структурі присутні області, в яких майже повністю відсутні частинки TiH_2 . Така структура несприятлива, оскільки призводить до нерівномірності спінювання. Після 1 год обробки таких областей в структурі вже не спостерігали, а подальше збільшення часу обробки до 2 год не вносило істотних змін в структуру зразків.

Завершальною операцією отримання готового продукту є процес спінювання. Попередні результати по спінюванню показали, що для отримання кінцевої структури і щільністю піноалюмінію, необхідна оптимізація технологічних параметрів спінювання (рис. 1.1).



а)

б)



в)

Рисунок 1.1 – Мікроструктура прекурсорів матеріалу АМг6 + 1,5% ТiН₂ отриманого: а) обробкою в ПМ 1 год; б) у вібраційному млині 5 год) і в установці «вихрового» перемішування 10 хв [8].

1.7.3 Оптимізація процесу

Оптимізувати такі найважливіші технологічні параметри як: склад матричного сплаву і, його агрегатний стан при температурі дегідрування, час витримки при високій температурі, вміст ТiН₂, час обробки в апаратах, температура консолідації.

Процес спінювання, як правило, проводять в широкому інтервалі температур. Щоб оцінити оптимальний температурний інтервал спінювання, проводили експерименти, в яких, для матриці використовували сплави АМг6, Д16, АК20 і АК12М2. По відношенню до температури самого інтенсивного розкладання ТiН₂ за даними ДТА (~ 650°C) ці сплави знаходяться в рідкому (АМг6, АК12М2) і рідко-твердому (АК20) станах. Для сплаву Д16 температура дегідрування розташована в районі температури його ліквідуса. Експеримент показав, що при всіх рівних умовах пориста структура вийшла у зразків, матрицями в яких були сплави АМг6, АК12М2, які перебували повністю в рідкому стані і Д16, що знаходиться на кордоні рідко-твердого та рідкого станів.

У той час як пінолюміній зі сплаву АК20, що знаходиться в рідко-твердому стані практично не має пор, і розмір зразка залишився без змін. Отже, спінювання в рідкому стані забезпечує отримання пористої структури, в той час як в рідко-твердому (нижче ліквідусу) спінювання утруднено через високу в'язкість матричного розплаву. Проведені дослідження дозволили визначити ефективну температуру спінювання для матричних сплавів, яка повинна знаходитися вище $T_{лік}$, ще одним важливим параметром є ширина інтервалу кристалізації матричного сплаву.

Скорочення його дозволяє зменшити процеси об'єднання і спаювання пор при подальшій кристалізації. Оцінку впливу ширини інтервалу кристалізації проводили на сплавах Д16 і АМг6, інтервали кристалізації у яких ~ 142 і ~ 75 ° С, відповідно. У піноалюмінію зі сплаву Д16 пори виявилися більшими, ніж у АМг6, що говорить про інтенсивне проходження процесу об'єднання пор. Отже, для отримання дрібної пористості необхідно вибирати сплав з якомога меншим інтервалом кристалізації.

Сплав АК12М2, що має інтервал кристалізації ~ 55 °С, має схожі морфологічні особливості пористості, що і у сплаву АМг6. Визнано, що час витримки прекурсора в печі – дуже важливий параметр, оскільки безпосередньо впливає на структуру і властивості піноалюмінію. Прекурсор складу АМг6 + 1 мас.% ТiН₂, отримані «вихровим» перемішуванням і консолідацією при 350°С, нагрівали зі швидкістю 140°С/хв і витримували 5 – 9 хв, щоб уникнути змін у структурі. Експерименти показали, що процес дегідрування ТiН₂ починається через 5 хв витримки в печі, з появою пор в формі «лінзочок». При збільшенні часу витримки до 7 – 7,5 хв кількість пор в них зростає, і пори набувають форми близьку до сферичної. Подальше збільшення часу витримки призводить до поступового спливання бульбашок газу на поверхню, наслідком чого є осідання зразка.

З літературних даних і імітаційної моделі слідує, що для отримання піноалюмінію з ізольованими порами необхідно вводити близько 0,6 мас% порофору. Для вибору оптимального змісту порофору, в порошковій суміші вводили 0,5; 1 і 1,5 мас.% ТiН₂. Для даного дослідження використовували прекурсор, одержані шляхом оброблення в ПМ і «вихровим» перемішуванням, консолідовані при 350°С. Нагрівання прекурсора у час спінювання проводили зі швидкістю 140°С/хв і видержкою в печі протягом 7 хв.

Експеримент показав, що щільність піноалюмінію, отриманим методом «вихрового» перемішування при утриманні ТiН₂ близько 1 мас. % Приблизно

на 1 г/см^3 нижче, ніж після обробки в ПМ. Висока щільність піноалюмінію, отриманого в ПМ, пов'язана з нездатністю сильно подрібнених частинок TiH_2 при швидкості нагріву 140°C/хв створити досить високий тиск для сферичної пори. Дослідження технологічного процесу отримання піноалюмінію почали з розгляду впливу обробки сумішей в апаратах для перемішування на його кінцеву густина.

Незважаючи на масштабність і безперервність процесу обробки у вібраційному млині, цей метод обробки сумішей досить тривалий і вимагає високих витрат. Тому побудова залежності проводили при використанні ПМ і установки «вихрового» перемішування. На рисунку нижче представлені результати спінювання зразків, отриманих обробкою в ПМ різний час, швидкістю нагріву 140°C/хв після консолідації при 400°C і витримкою під час спінювання 7 хв (рис 1.2).

Початковий стан на графіку відповідає обробці суміші в установці «вихрового» перемішування. З графіка видно, що зі збільшенням часу обробки в ПМ спостерігається деяке падіння щільності (1 год), що пов'язано (як зазначалося вище) з більш рівномірним розподілом часток TiH_2 в прекурсорів. Подальша обробка в ПМ настільки сильно подрібнює пороформу, ймовірно, що виділяється водень не встигає сформувати сферичну пору, а розчиняється в рідкому алюмінії з наступною його дифузією з зразка.

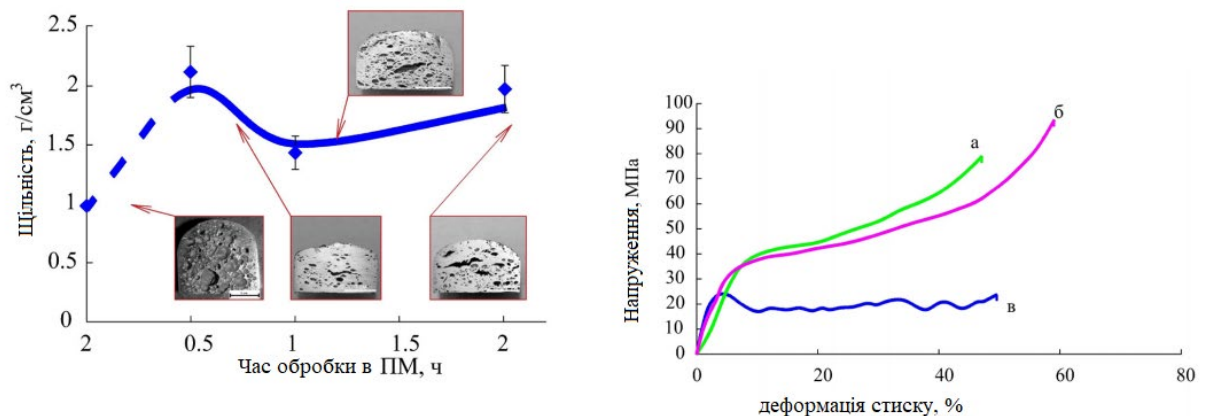


Рисунок 1.2 – Час обробки та деформації стиску

1.7.4 Метод «Вихрового»

Низька щільність піноалюмінію, отриманого методом «Вихрового» перемішування пояснюється наявністю більших частинок TiH_2 , з яких моментально утворюється більша кількість газу. При цьому виділений водень не встигає весь розчинитися в матриці, і в результаті пори виходять великими і сферичними. Отже, для отримання піноалюмінію при швидкостях нагрівання під спінювання менш $200^\circ C/xв$ необхідно використовувати або цей метод, або обробляти в ПМ 1 год. Наступним важливим параметром в технологічному циклі визнана температура консолідації.

Для оцінки впливу цього параметра оброблені суміші порошків піддавали холодному (при $25^\circ C$) і гарячому (при 300, 350, 400 і $450^\circ C$) пресуванню, після чого, отримані прекурсори спінювали. Вибрані температури консолідації входять в інтервал найбільш часто використовуваних температур гарячої деформації алюмо-сплавів. Дослідження показало, що в обраному інтервалі температур консолідації піноалюмінію має практично однакову щільність.

Однак, при зниженні температури консолідації до $200^\circ C$ щільність піноалюмінію зростала. Таким чином, для економії електроенергії була рекомендована температура консолідації в інтервалі 300 – $350^\circ C$. Оскільки в роботі ставилося завдання – створити конструкційний піноалюміній, провести оцінку механічних властивостей при випробуванні на стиснення на зразках, отриманих різними способами:

- 1) з різною масовою часткою TiH_2 (0,1; 0,3 і 0,6% TiH_2), отримані методом «вихрового» перемішування;

- 2) з різним розміром частинок TiH_2 (57 і 82 мкм), але однаковою масовою часткою (0,6%), отримані методом «Віхревого» перемішування;

3) з однаковою щільністю зразків, але різним розміром пор (0,9; 1,2 і 1,7мм), отриманих в ПМ. Вид діаграм напруга – деформація стиснення всіх серій зразків повністю відповідає представленням про деформації піноалюмінію. З діаграм слід, що зі збільшенням об'ємної частки TiH_2 і збільшенням його розміру пор пористість в зразку збільшується, що призводить до зменшення товщини стінок між порами. В результаті знижується величина напруги, при якому починається руйнування. На відміну від піноалюмінію, пів-печеного «вихровим» перемішуванням, деформація піноалюмінію, отриманого МЛ, йде рівномірно, що пов'язано з більш однорідною структурою. При цьому, міцність таких матеріалів на 10-20 МПа вище [11,13].

1.7.5 Можливості застосування піноалюмінію

В останні роки проявляється підвищений інтерес до двох пористих матеріалів на основі алюмінію, що володіє багатьма привабливими властивостями. Матеріал з закритими порами, що отримується методом спінювання розплавленого або пів-розплавленому алюмінію, називають закритопористим піноалюмінієм. Інший матеріал з відкритими порами, іменованій відкрито пористим алюмінієм, отримують методом ливарного виробництва з використанням видаляється наповнювача або шляхом гальванічного покриття на заміняємом потім пінополіуретані.

1.7.6 Закритопористий піноалюміній та його властивості

В ході досліджень піноалюмінію в Інституті перспективних матеріалів ім. Фраунгофера (Німеччина) встановлено, що поряд з теплоізоляційними і звукопоглинальними властивостям, піноалюміній показує при деформації

сильно нелінійну поведінку, характерне для пористих структур. Ця властивість може бути використана для демпфірування удару. Електрична і термічна провідності значно менше, ніж у суцільного металу, але лежать в області властивостей звичайних металевих матеріалів.

Металеві піни мають відмінні енергозберігаючі властивості, але на більш високому рівні міцності. Широка температурна область застосування та негорючість матеріалу є іншими його перевагами. Піноалюміній являє собою не менш цінний параметр. Матеріал добре обробляється пилянням, свердлінням, фрезеруванням, обточуванням. Як способи з'єднання можуть бути використані склеювання, пайка або спеціальне зварювання.

На відміну від пористих бетонів і деревостружкових плит у піноалюмінію низька гігроскопічність (1 – 3%), що обумовлює морозостійкість і відсутність тріщин при перепаді температур. Його не потрібно просочувати антисептиками. На його поверхню вільно наклеюються різні декоративні матеріали, він добре сприймає фарбу.

1.7.7 Застосування

Алюмінієві піни використовуються:

- для захисту від удару
- для підвищення жорсткості порожнистих профілів
- для виготовлення негорючих фасадних елементів будівель і легких і вогнестійких кабін ліфтів, у виробництві теплостійких демпфуючих матеріалів,
- для зміцнення анкерів в бетонних стінах.

Найбільший інтерес до піноалюмінію виявляють іноземні автомобілебудівники. У 1998 році на автошоу в Детройті, Вільгельм Кишені представив новинку, в якій при виготовленні кузова використовувалися тришарові алюмінієві листи з алюмінієвої піною (Afs - aluminium foam

sandwich). Такий матеріал має високу питому жорсткість, малу термічну і електричну провідність, не горить і добре підходить для поглинання або демпфірування енергії. Низька маса подібної конструкції зменшує витрату бензину. Кузов на 50% легше відповідного від сталевого, але в 10 разів стабільніше. Тривимірні багат шарові структури посилюють жорсткість рами, з них можна виготовляти також задню стінку кузова і сидіння. Кишені пропонує ідею безпечного автомобіля XXI століття, в якому будуть використовуватися не плоскі алюмінієві елементи, а тривимірні багат шарові деталі з піноалюмінію – від дверцят до складної групи днища. Такі деталі дуже легкі і мають в 15 разів вищу жорсткість, ніж звичайні листові конструкції. Помітні переваги піноалюмінію по шумоглушені при підвищених частотах (більше 800 Гц).

Піноалюмінію застосовують в будівництві у вигляді вогнетривких перегородок і облицювальний матеріал.

1.7.8 Відкритопористий алюміній та його властивості

Щільність пористого алюмінію лежить зазвичай в діапазоні від 0,9 до 1,2 г/см³, що відповідає пористості від 55 до 67%. Механічні властивості цього матеріалу вивчалися до останнього часу не так інтенсивно, як піноалюмінію. Механічну поведінку має дуже близьку до того, яку мають піни із закритою пористістю: початковий, майже лінійний підйом напруги змінюється областю значною пластичної деформації і потім при дуже великій деформації переходить в ущільнення всієї структури при відповідних високих зусиллях. Вони потрібні, щоб деформувати пористу структуру. Таким чином, матеріал володіє високою жорсткістю. Міцність на стиск відповідає майже тим самим значенням, що й у піноалюмінію.

1.7.9 Проникність

Для багатьох сфер застосування бажана контрольована і керована проникність матеріалу газами або рідинами. Пористий алюміній має високу розвинену внутрішню поверхню, складову при щільності $1,1 \text{ г/см}^3$ від 1 до $2 \text{ м}^2/\text{г}$. Це властивість може бути використано в компактних теплообмінниках.

1.7.10 Акустичні характеристики

Ці показники дещо гірше, ніж у спеціальних шумогасильних матеріалів, проте пористий алюміній має багато інших корисних властивостей (негорючість, висока стійкість до температурних змін, негігроскопічна і ін.), які роблять вигідним його застосування для шумопоглинання.

1.7.11 Можливості застосування

Шумоглушники, пористий алюміній використовується в конструкціях шумоглушників, в яких шляхом декомпресії шум, що виникає від виходу газу, зменшується (наприклад, в пневматичних установках і компресорах).

- шумогасильні елементи, виготовлені з нещільно спечених порошків бронзи або сталі, досить дорогі. Пористий алюміній, отриманий ливарним способом, може бути при виготовленні із суцільним металом з різьбленням, і з'єднання з виходом газу при цьому стає простим. Перші технічні випробування показали, що таким чином досягаються принаймні ті ж результати, що і у спеченої бронзи.

- фільтри: область застосування пористого алюмінію в якості фільтрів досить широка. Ними можна відокремлювати тверді частинки, наприклад сажі, від рідин або газів.

- носії каталізаторів: внаслідок розвиненою внутрішньої поверхні в комбінації з хорошою проникністю пористий алюміній може

використовуватися в якості несучої решітки для каталізаторів. Висока теплопровідність матеріалу має значення при сильних екзотермічних реакціях, наприклад, при окисненні етилену в етиленоксид.

- теплообмінники: висока теплопровідність алюмінію передбачає використання пористих конструкцій з цього металу з розвиненою поверхнею для теплообміну між рідинами, газами або між рідиною і газом.

- інші області застосування: пористі матеріали, в тому числі алюміній, можуть використовуватися в якості накопичувачів рідини для подальшої її дозованої подачі, наприклад, в пористих валках, в деталях підшипників ковзання (пори заповнюють мастилом). При подачі газу через пористі матеріали його можна в розподіленому вигляді барабанів в рідину або за допомогою повітряної подушки створити поверхню ковзання (повітряний підшипник). Нарешті, пористий алюміній завдяки своїй теплопровідності використовується в конструкціях вогнегасників [14,16].

1.7.12 Перспективи застосування алюмінієвих сендвіч-панелей

Панелі AFS можуть використовуватися в конструкції літаків як компоненти фюзеляжу, що дозволить створювати літаки з кращі показники витрат палива, вантажопідйомності і безпеки. Суднобудівники також зацікавлені в таких матеріалах, особливо для структур на високоефективних військово-морських судах. Економія ваги збільшить швидкість судна, а більш легкі конструкції палуби зроблять його більш стабільним - тому що чим менше вага над ватерлінією, тим менше схильність плавального кошти до перекидання.

Завдяки унікальній несучої здатності сендвіч-панелей, в поєднанні з їх ізоляційні властивості, з них можна виробляти внутрішні і зовнішні перегородки і підлоги в пасажирських вагонах і вагонах метро. У поєднанні з

новими принципами проектування AFS може замінити стандартні штамповані сталеві деталі в автомобілі і привести до значного зниження його ваги.

У той же час вони можуть зменшити кількість деталей в рамі автомобіля, спростити складання і, отже, знизити вартість з істотним поліпшенням продуктивності, оскільки сендвіч-панелі на додаток до своєму низькій вазі, також поглинають вібрацію. Панелі AFS можуть бути з'єднані один з одним алюмінієвими частинами (профілями) різними способами зварювання, що полегшить їх використання в корпусі автомобіля.

Щоб продемонструвати це, німецька компанія Karmanн спроектувала прототип кузова AFB (Body Foam Body) і представила автомобіль в 1998 році на автосалоні в Детройті. Зовнішні панелі корпусу AFB виконані сендвіч-технологією, а силовий елемент являє собою просторову алюмінієву раму. Жорсткість кузова була збільшена на 30%. Керівник проекту Вольфганг Туров зазначає, що таким чином можна створити кузов будь-якої машини від кабриолета до мікроавтобуса.

Експерти вважають, що в найближчі роки алюмінієві сендвіч-панелі зможуть витіснити до 20% елементів кузова. Автомобіль, кузовні панелі якого виконані з сендвіч-панелей з спіненого алюмінію (власність Karmanн). Нещодавно Advanced Light-Weight Materials (ALM), дочірня компанія компанії Karmanн з виробництва спієних металів, розробила оригінальний кран з ремонтної платформою, встановленої на невеликій вантажівці. Мета роботи полягала в тому, щоб збільшити максимальну висоту транспортного засобу з 20 до 25 метрів при збереженні ваги вантажівки до 3,5 тонн, тому що інакше він потрапить в іншу категорію.

Це спричинить за собою необхідність отримання персоналом спеціальної водійської ліцензії і призведе до високої вартості роботи, що виконується цією вантажівкою. Розрахунок елеваторів показав, що зварні конструкції на основі алюмінієвих деталей не витримують ваги платформи, а сталева конструкція буде важити не менше, ніж на 80 кг більше, ніж це

допускається технічною специфікацією. Для вирішення цієї проблеми успішно використовувалися панелі AFS.

Рішення полягало в використанні плоских панелей AFS, зварених методом зварювання MIG. Загальна маса конструкції становила 105 кг, що було цілком прийнятно. Вертикальна сила в точці повороту крана становила 65 кН, момент біля основи крана становив 85 кНм. Елементи конструкції випробовувалися при постійному і циклічному навантаженні (до 8000 циклів), і ніяких пошкоджень не було виявлено. На даний момент дрібносерійне виробництво деталей для аналогічної підйомної системи здійснюється фірмою Teupen Gmbh Gronau (Німеччина).

На додаток до всіх перерахованих вище застосуванням в області транспортних коштів сендвіч-панелі зі спіненого алюмінію також можуть використовуватися в стандартній для всіх сендвіч-панелей області в будівництві. Несуча здатність описаних панелей набагато вище стандартних складових, і тому їх можна використовувати не тільки як облицювання, а й безпосередньо як простий будівельний матеріал. Вони можуть використовуватися для будівництва магазинів, кіосків, виставкових стендів, внутрішніх і зовнішніх фасадів, перегородок, стель і стін будівель. В тому числі, для споруд підвищеної безпеки, наприклад пішохідних галерей. Сендвіч-панелі можуть використовуватися як електромагнітні екрани у вигляді настінних пластин, захищаючи від проникнення випромінювання від електромагнітних хвиль з частотою від 0,1 до 1000 МГц, а також у вигляді відбивача в спорудах, що створюють електромагнітні поля (трансформатори, лінії електропередач, радар).

Такий матеріал можна використовувати в якості шумозахисних екранів, наприклад, на КАД. Подібні панелі вже використовуються в Японії для облицювання внутрішніх поверхонь тунелів. Спінений алюміній заглушає звук всередині тунелів.

Завдяки здатності алюмінію витримувати корозію, панелі дуже міцні. Також сендвіч-панелі піноалюмінію використовуються в якості теплових екранів в різних магазинах або на транспорті [17].

1.7.13 Висновки та постановка завдання дослідження

З аналізу інформаційних джерел можна зробити такі висновки:

1. Завдяки наявності в «сендвічі» піноалюмінію, який утворює замкнені пори, характеризується не звичайними поєднаннями фізико-механічних властивостей.

2. Приклади отримання піноалюмінію, з використанням різних хімічних речовин таких як: (Гідрид титана (TiH_2), бікарбонат натрію ($NaHCO_3$), карбонат кальцію ($CaCO_3$), хлорид кальцію ($CaCl_2$), хлорид барію ($BaCl_2$), бромід кальцію ($CaBr_2$), йодид кальцію (CaI_2)). Основні характеристики отриманих даного біметалу. Технологічні параметри процесу: температура, використання флюсу, отримання фракцій, отримання сплаву [17].

З проведених досліджень випливає, що для отримання якісного піноалюмінію необхідно використовувати матричні сплави з мінімальним інтервалом кристалізації. При цьому сплави повинні знаходитися в рідкому стані при температурі $650^\circ C$. гідрид титану повинен мати розміри близько 1 – 2 мкм при максимальному вмісті водню в частинках. При швидкості нагріву не менше ніж $200^\circ C/xв$ слід отримувати прекурсори, при $300-350^\circ C$ після обробки сумішей за методом «вихрового» перемішування, т. к. саме в цьому випадку виходить однорідна по розміром і рівномірно розподілена велика пористість. Для отримання дрібної пористості (менше 1 мм) слід використовувати МЛ в планетарної або вібраційного млина.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Підготовка до експерименту

Для проведення досліджень використовували сплави марок А0 (ДСТУ ГОСТ 11069-2003) та АК12 (ДСТУ 2839-94) [1, 2], хімічний склад яких наведено у (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад алюмінієвих сплавів марок А0 (ДСТУ ГОСТ 11069-2003) та АК12 (ДСТУ 2839-94) [1-2]

Сплав	Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Zr	Mg	Zn	Домішки
А0	-	< 0,95	< 0,05	< 0,02	> 99	< 0,05	-	< 0,05	< 0,1	0,03
АК12	< 1,5	10-13	< 0,5	< 0.1	84,3-90	< 0,6	< 0.1	< 0,1	< 0,3	2,7

Алюмінієвий розплав для експериментів готували у печі опору об'ємом 10 кг. Контроль температури розплаву алюмінію відбувався за допомогою термопари.

Як пороутворювач використовували сіль NaCl, яку попередньо ділили на фракції 1,0, 1,6 та 2,5 мм за допомогою комплекту сит. Перед використанням пороутворювач просували у печі для видалення вологи та нагрівали його до температури 350°C. Контроль температури пороутворювача відбувався за допомогою пірометра.

Для досліджень також використовували пластини титану технічної чистоти розмірами 30×60×0,5 мм, які попередньо шліфували для видалення окисної плівки. У пластинах виконували технічні отвори для забезпечення сталої відстані 1 см між ними у ході експерименту. Шістнадцять з тридцяти двох пластин покривали водним розчином флюсу Nocolok (на основі евтектичної системи KF-AlF₃) та просували до повного випаровування

вологи із флюсового покриття. Після підготовки пластин їх збирали у титанові «сендвічі» з відстанню 1 см між ними (рис. 2.1).

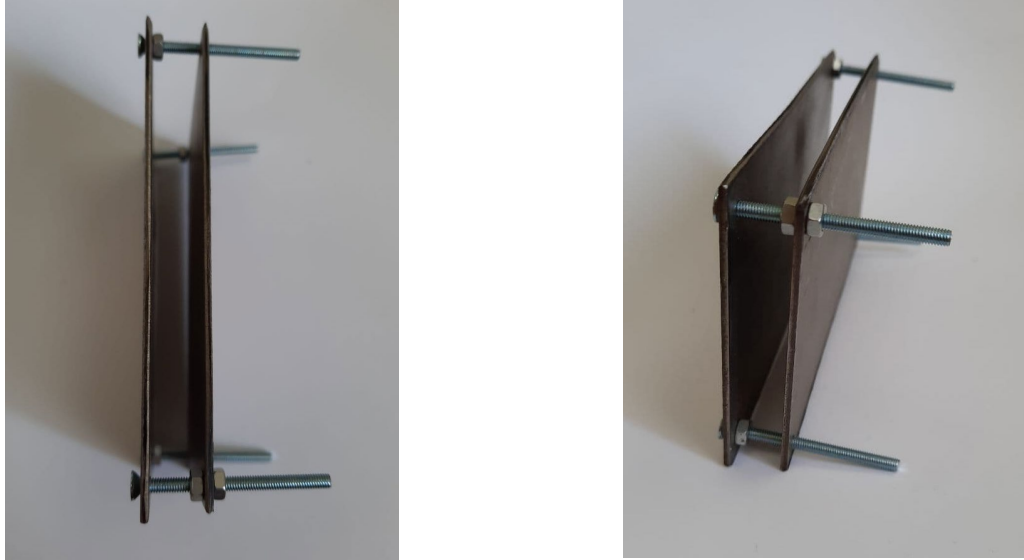


Рисунок 2.1 – «Сендвічі» з пластин титану

Процес пороутворення проводили у металевих виливницях, які попередньо покривали протипригарною фарбою.

2.2 Проведення попереднього експерименту

Для проведення попереднього експерименту використовували циліндричну виливницю, розплав алюмінію марки А0 температурою 750 °С. Заливання розплаву проводили у пороутворювач фракцій 1,0, 1,6 та 2,5 мм.

Пороутворення з титановими «сендвічами» з флюсовим покриттям та без нього проводили з використанням пороутворювача фракції 1,6 мм.

Після охолодження отримані виливки ретельно промивали у воді для видалення залишків пороутворювача.

Для основного експерименту використовували металеву виливницю розміром 6,5×10×24 см, розплав алюмінію марки А0 температурами 750°С і

780°C та пороутворювач фракцій 1,6 і 2,5 мм. Пару «сендвічів» з титанових пластин (один покритий флюсом, другий – без флюсового покриття) встановлювали до попередньо підігрітої до 200°C виливниці, засипали пороутворювачем та заливали розплавом алюмінію (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Положення пластин у виливниці

Для наступних експериментів використовували аналогічну виливницю, розплав алюмінію марки АК12 температурою 780°C та пороутворювач фракцій 1,0, 1,6 і 2,5 мм. Встановлення та заливання титанових «сендвічів» проводилося аналогічно.

2.3 Металографічні дослідження

Для проведення металографічних досліджень отримані виливки розрізали, а досліджувану поверхню шліфували та обезжирювали.

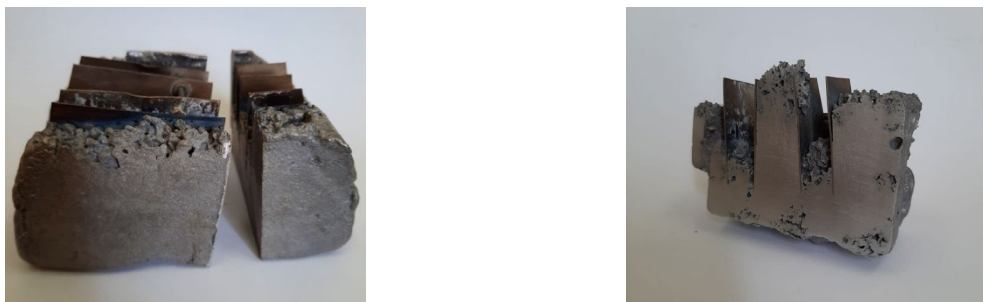


Рисунок 2.3 – Технічний розріз виливків

Металографічні дослідження проводили на бінокулярному стереомікроскопі MEIJI Techno RZ (рис. 2.4, а) та бінокулярному інвертованому оптичному мікроскопі MEIJI Techno IM7500 (рис. 2.4, б), що дозволяють проводити фотозйомку при збільшеннях від 7,5 до 1600 разів.



а



б

Рисунок 2.4 – Бінокулярному стереомікроскоп MEIJI Techno RZ (а); бінокулярний інвертований оптичний мікроскоп MEIJI Techno IM7500 (б)

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Попередні експерименти

Значний вплив на утворення пор у алюмінію грає температура, у випадку даної роботи також грає фракція солі. Для вибору оптимальних параметрів було проведено дослідження, де були по чергово змінені такі параметри як температура та фракція солі, також використання титанових пластин поверхня яких покрита флюсом та без покриття.

Сіль поділену на фракції 2,5 мм, 1,6 мм, 1 мм поставили до сушильної камери підігріту до 400°C, для видалення вологи сіль залишили на годину, розплав алюмінію підігріли до температури 750 – 780°C. У виливницю діаметром 4 см та глибиною 6 см та по черзі засипали сіль трьох фракцій. (рис. 3.1).



а)



б)

Рисунок 3.1 – Виливки отримані zalиванням у виливницю а) використання солі фракції 1,6 мм та пластин титана без покриття флюсом б) сіль фракції 1 мм у підігріту виливницю

3.2 Підготовка виливків до металографічного дослідження

На виливках які отримали після заливання були зроблені технологічні розрізи. Всі частини які були отримані шліфувались на шліфувальній машині з поступовими змінами наждачного паперу (рис. 3.2).

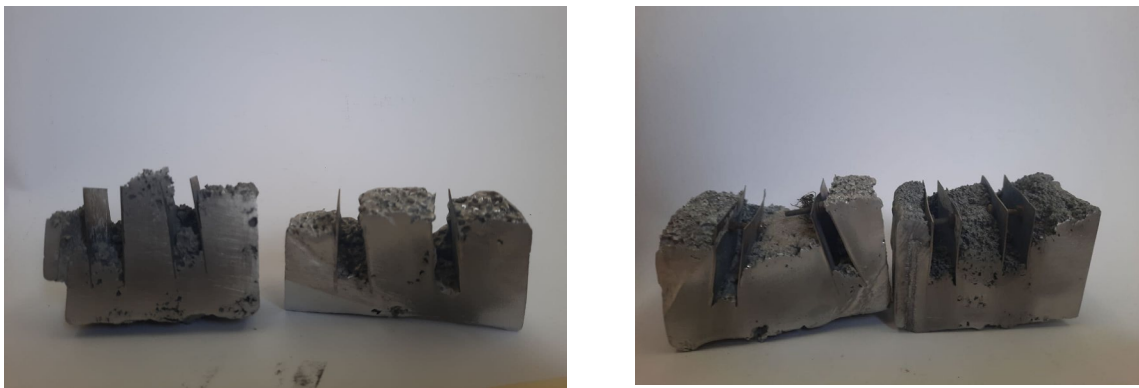


Рисунок 3.2 – Зразки після шліфування

3.3 Результати виливків розплаву алюмінію А0 на стереомікроскопі

Фотографії зроблені на стереомікроскопі, розплав алюмінію при температурі 750-780°C (рис. 10). Зі збільшенням 7,5. Розглянули як на межі пластин титан реагує з розплавом алюмінію з флюсом та без, та пористість виливку.

Фотографії пластин розплаву алюмінію при температурі 750°C (рис. 3.3), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 2,5 мм.

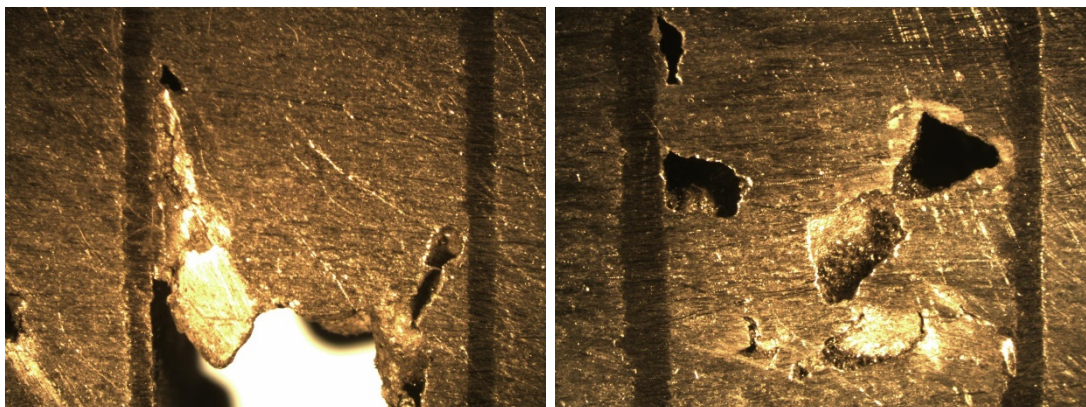


Рисунок 3.3 – Пластини титану при збільшенні 7,5

Фотографії пластин розплаву алюмінію при температурі 750°C (рис. 3.4), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 1,6 мм.

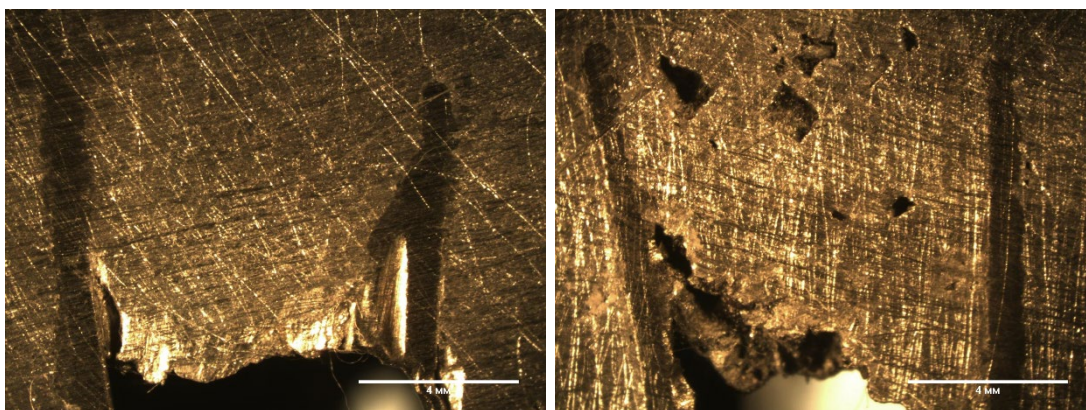


Рисунок 3.4 – Пластини титану при збільшенні 7,5

Фотографії пластин розплаву алюмінію при температурі 780°C (рис. 3.5), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 1,6 мм.

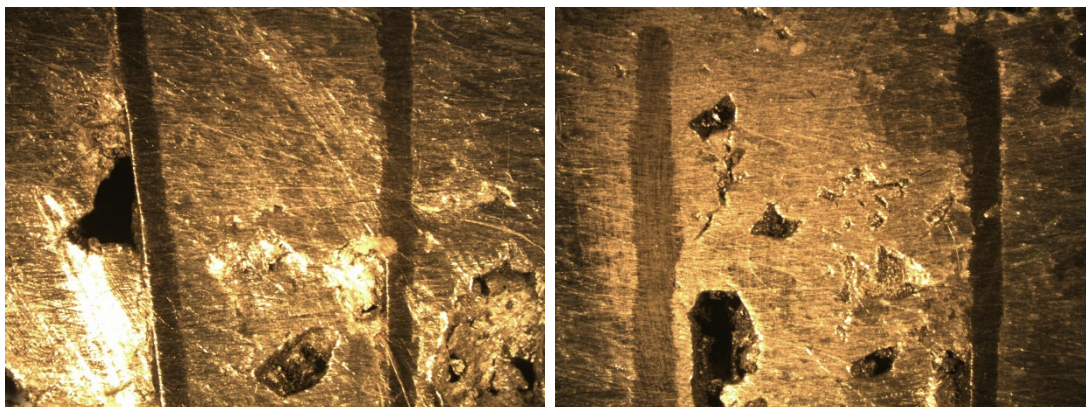


Рисунок 3.5 – Пластини титану при збільшенні 7,5

Фотографії пластин розплаву алюмінію при температурі 780°C (рис. 3.6), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 2,5.

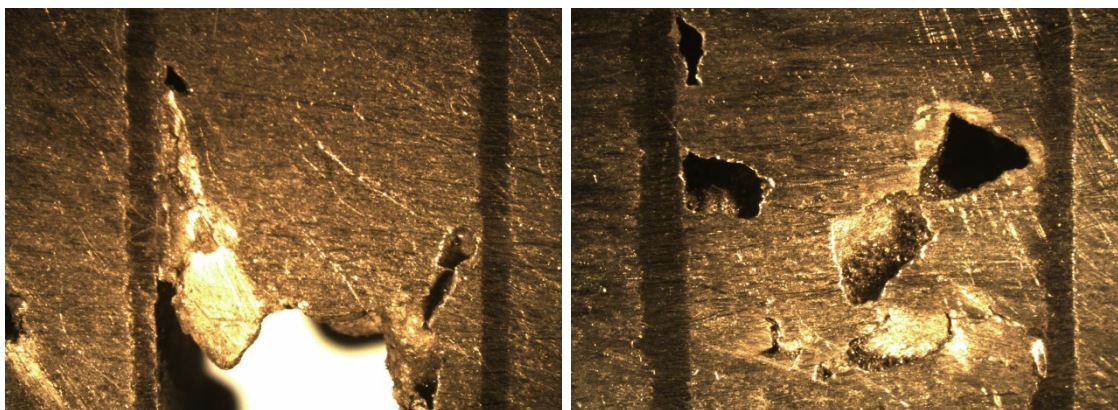


Рисунок 3.6 – Пластини титану при збільшенні 7,5

3.4 Результати виливків розплаву АК12 на стереомікроскопі

Провівши дослідження з алюмінієм марки А0 (ГОСТ 11069-2001), був взят алюміній марки АК12 (ГОСТ 1583-93). Алюміній АК12 містить високий відсоток кремнію 12 – 13% це забезпечує сплав гарну рідкотекучість особливо за умов перегріву. Для дослідження було взято три фракції солі 1 мм, 1,6 мм, 2,5 мм, та підігріт розплав алюмінію до температур 780°C.

Фотографії пластин розплаву алюмінію при температурі 780°C (рис. 3.7), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 2,5 мм.

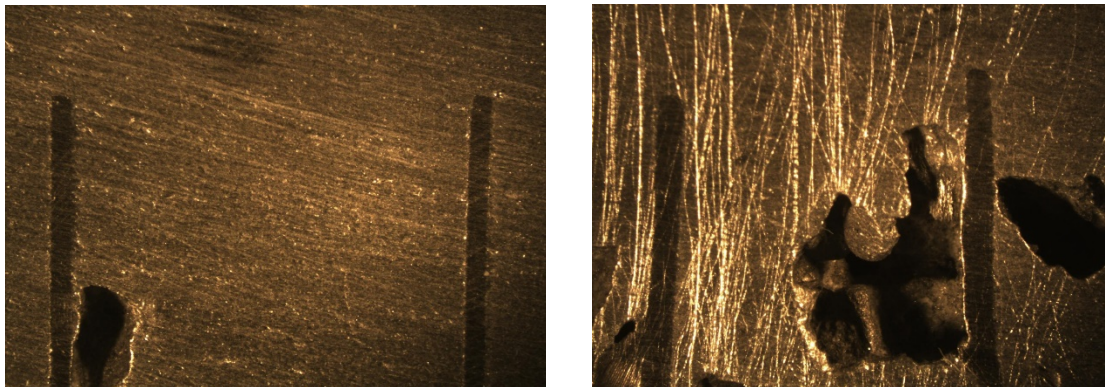


Рисунок 3.7 – Пластини титану при збільшенні 7,5

Фотографії пластин та пор розплаву алюмінію при температурі 780°C (рис. 3.8), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 1,6 мм, пори після вимивання солі (рис. 3.9).

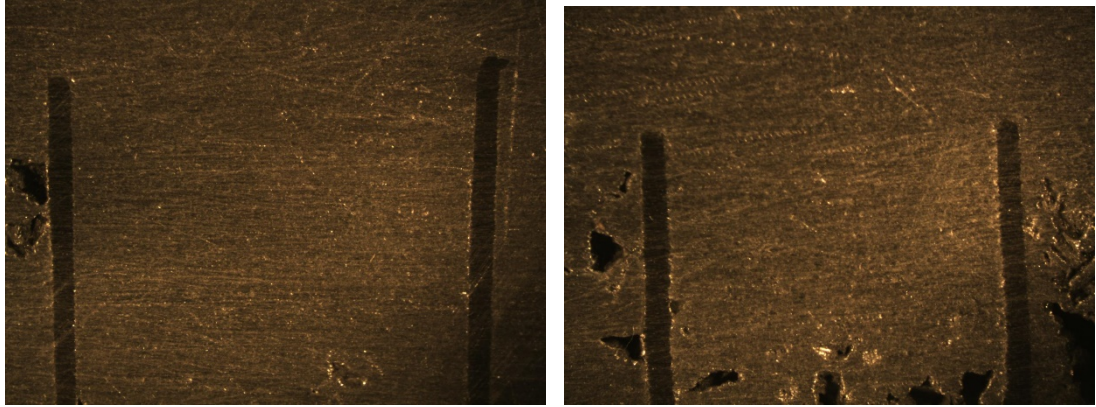


Рисунок 3.8 – Пластини титану при збільшенні 7,5

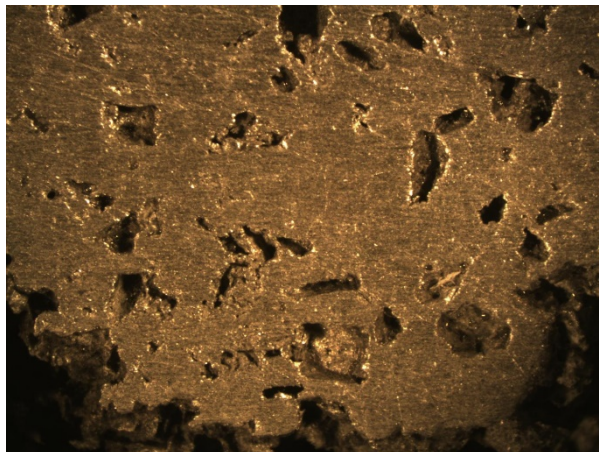


Рисунок 3.9 – Пори після вимивання солі фракції 1,6 мм на збільшенні 7,5

Фотографії пластин та пор розплаву алюмінію при температурі 780°C (рис. 3.10), зліва пара пластин з флюсом – справа без, з фракцією солі 1 мм, пори після вимивання солі (рис. 3.11).

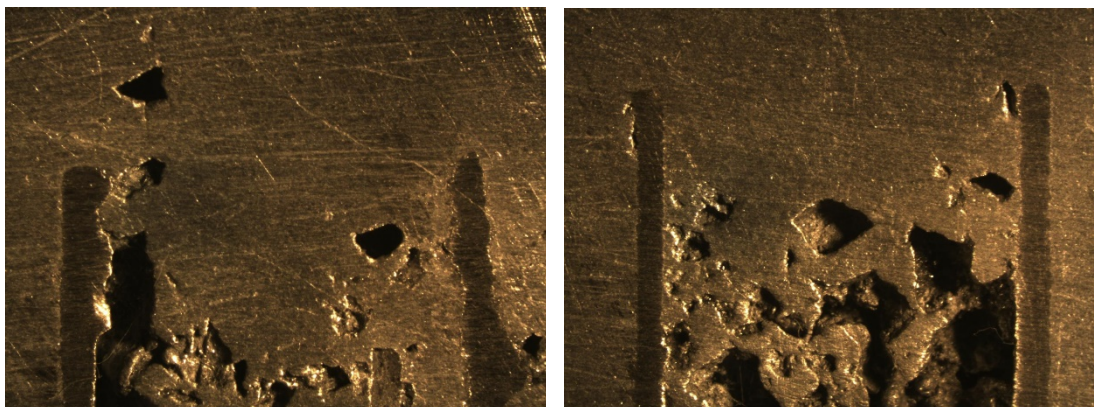


Рисунок 3.10 – Пластини титану при збільшенні 7,5

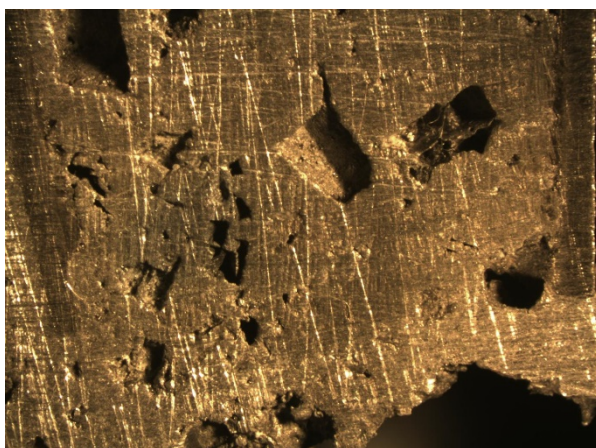


Рисунок 3.11 – Пори після вимивання солі фракції 1 мм на збільшенні
7,5

3.5 Результати отримання пор виливків розплаву АК12 на стереоскопі

Фотографії пор отриманих на стереоскопі виливку алюмінію марки АК12 та температури 780°C залитих у сіль фракції 1 мм при збільшеннях 7,5 та 20 разів (рис. 3.12).

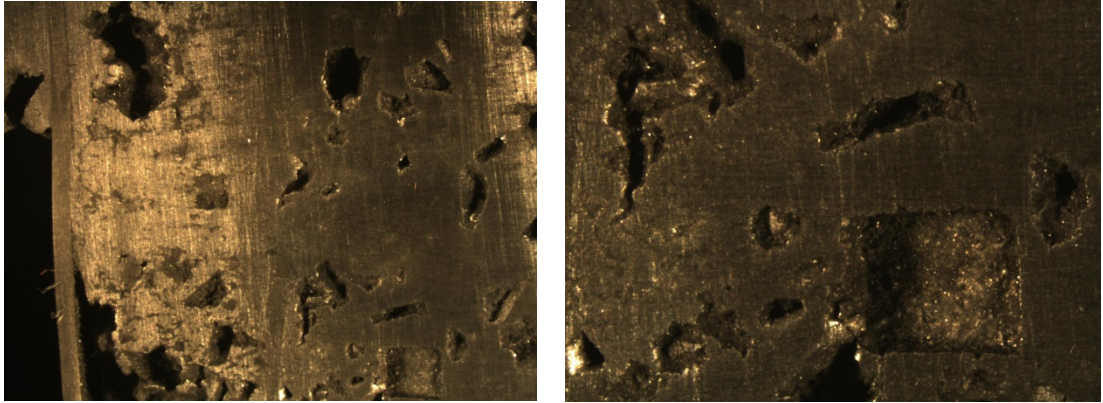


Рисунок 3.12 – Зображення пор збільшене в 7,5 та 20 разів

Фотографії пор отриманих на стереоскопі вилівку алюмінію марки АК12 та температури 780°C залитих у сіль фракції 1 мм при збільшеннях в 10 разів(рис. 3.13).

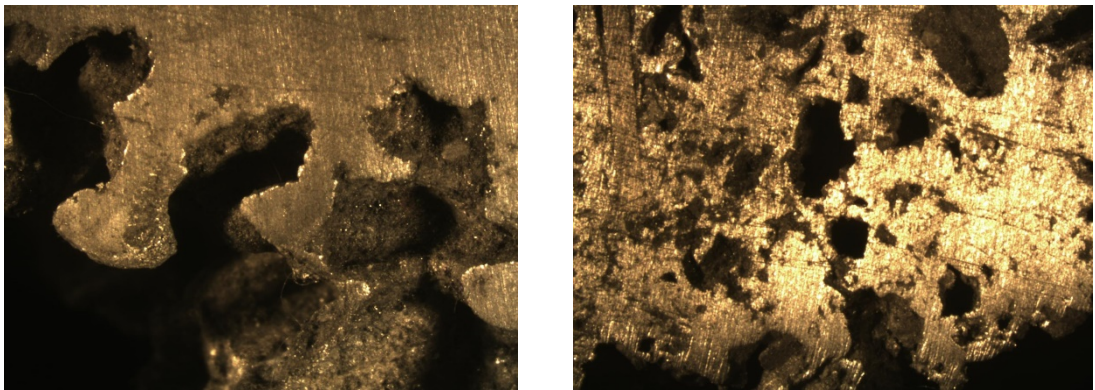


Рисунок 3.13 - Зображення пор збільшене в 10 разів

Піноалюміній завдяки своїй будові великої кількості утворенню закритих пор відокремленими між собою алюмінієвими стінками, та

вставленням у ці виливки титанових пластин, судячи з мікроскопічного аналізу, характеризується високими механічними властивостями.

За даними мікроскопічного аналізу можна побачити що розплав алюмінію марки А0 на межі з титаном утворює міцний зв'язок. Додавання у такий вилівок пор алюмінію може покращити механічні властивості.

Розглянувши такі способи лиття як: лиття у гарячу виливницю, лиття у холодну виливницю, використання різних фракцій солі, використання різних марок алюмінію, використання флюсу відзначається різною структурою пор алюмінію та різним зв'язком з пластинами титану.

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

При виробництві сучасних літаків, машин, суден та навіть арт-об'єктів люди використовують частіше за все матеріали які вже досить відомі, але кожен день у світі виникає потреба у нових. Один із найвідоміших способів винайдення нових матеріалів є синтез композиційних матеріалів. Зустріти такі матеріали у природі не можливо, для їх отримання потрібно два або більше компонентів та різних за хімічних складом.

Самим розповсюдженим, для композитних матеріалів, є алюміній та титан. Якщо правильно поєднати два ці матеріали то можна отримати композитний матеріал з низькою питомою вагою та отримати високу міцність.

4.1. Розрахунок витрат на проведення НДР

Розрахунок витрат науково-дослідного персоналу розраховують по даних пов'язаних з виконанням теми. Визначення планової собівартості проведення НДР.

Під час виконання НДР було задіяно такі виконавці як: доцент, кандидат технічних наук, інженер дослідник (бакалавр) та технік 1 категорії.

Планування дипломної роботи забезпечує зниження трудових затрат та матеріальних. Результати експертної оцінки трудомісткості бакалаврської роботи наведені у (табл. 4.1).

4.1.1. Витрати на оплату праці

На виконання наукових експериментів для бакалаврської роботи вимагає витрат, які потрібно розглянути.

Втрати на оплату труда розраховують беручи за основу таблицю трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 4.1) та посадових окладів згідно табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Трудомісткість робіт по темі

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість, людино-днів		
	доцент, кандидат технічних наук	інженер-дослідник (бакалавр)	технік 1 категорії
1. Аналіз літератури з теми	4	25	–
2. Обґрунтування мети дослідження	3	8	–
3. Розробка методики проведення дослідів	3	5	3
4. Проведення дослідів	4	9	14
5. Дослідження зразків	2	16	-
6. Обговорення отриманих результатів	11	23	-
Разом за виконавцями теми	27	86	17

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводяться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 4.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на оплату праці¹

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, людино-днів	Заробітна плата, грн		
		посадовий місячний оклад	середньоденна зарплата	усього за виконавцями
Доцент, кандидат технічних наук	27	19266,41	963,32	26009,64
інженер-дослідник (бакалавр)	86	-	-	-
технік 1 категорії	17	7895,00	394,75	6710,75
Разом оплата праці науково-дослідної роботи				32720,39

4.1.2. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугують загальні витрати на оплату праці по темі (підсумок по табл. 4.2).

$$\text{ЄСВ} = \text{ЗП} \cdot 0,22 ,$$

де ЗП – загальні витрати на оплату праці по темі.

Наразі ЄСВ буде становити:

$$\text{ЄСВ} = 32720,39 \cdot 0,22 = 7198,50 \text{ грн.}$$

¹ У разі виконання роботи на науково-технічній базі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» розмір заробітних плат можна взяти за цим посиланням.

Штатний розпис Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» [Електронний ресурс] : Сайт КПІ ім. Ігоря Сікорського». Доступ до ресурсу : <https://kpi.ua/stafflist>.

4.1.3. Матеріали, необхідні для проведення досліджень

Витрати на матеріали (B_M), які взяті для проведення дипломної роботи вираховуються виходячи із ціни одиниці і загальної кількості використання цих всіх матеріалів. Результати які я отримав занесені у табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Розрахунки витрат на матеріали

Найменування матеріалу	Стандарт, технічні умови	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1. Алюмінієвий сплав А0	ГОСТ 11069	кг	5	180,00	900,00
2. Пластини титану	ГОСТ 19807-91	кг	4	450,00	1 800,00
3. Сіль	NaCl	4	4	50,00	20,00
4. Флюс	«Nocolok»	250 гр.	1	4 000,00	4 000,00
Загальні витрати на матеріали					6 720,00

Транспортно-заготівельні витрати приймаємо на рівні 10 % від планової вартості загальних витрат на матеріали:

$$T_B = 6720,00 \cdot 0,1 = 672 \text{ грн.}$$

У такому разі загальна сума витрат на закупівлю матеріалів та їх транспортування буде становити:

$$B_M = 6720,00 + 672 = 7392 \text{ грн.}$$

4.1.4. Енергоносії для проведення досліджень

В процесі виконання науково-дослідної роботи, для забезпечення розплавлення алюмінію у тигельній печі було використано 231 кВт електроенергії, вартість якої становить 204,137 коп./кВт год.

$$V_{EH} = 204,137 \cdot 231 = 47155,647 \text{ коп.} = 471,56 \text{ грн.}$$

4.1.5. Витрати на спеціальне обладнання

Для даної роботи проводили усі роботи виключно з обладнанням яке наявне на кафедрі ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського.

4.1.6. Вартість послуг сторонніх організацій

У виконання даної бакалаврської роботи інші сторонні організації участі не приймали.

4.1.7. Витрати на службові відрядження

Усі роботи були проведені на кафедрі ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського. Відрядження в межах виконання НДР не заплановано.

4.1.8. Інші прямі невраховані витрати

У цій статті поєднуються всі витрати на проведення НДР, що не увійшли до попередніх статей. При проведенні роботи інші прямі витрати приймаємо на рівні 10 % від суми врахованих витрати на виконання НДР.

$$I_B = (ЗП + ЄСВ + V_M) \cdot 0,1 ,$$

Наразі I_B буде становити

$$I_B = (32720,39 + 7198,50 + 7392 + 451,56) \cdot 0,1 = 4736,25 \text{ грн.}$$

4.2.9. Накладні витрати

Накладні витрати включаються до калькуляції кошторисної вартості теми пропорційно обсягам витрат на оплату праці основних виконавців або пропорційно сумі прямих витрат на виконання теми досліджень по нормативам організації-виконавця цього дослідження.

Ця стаття включає витрати, пов'язані з управлінням організацією-виконавцем теми, витрати на винахідництво і раціоналізацію; витрати на амортизацію основних засобів; витрати на науково-технічну інформацію; витрати на забезпечення нормальних умов праці і техніки безпеки; витрати на оплату послуг банків; податки, збори та інші обов'язкові платежі і витрати тощо.

Розглянемо варіант розрахунку накладних витрат пропорційно сумі прямих витрат на рівні 20 %.

$$H_B = (ЗП + ЄСВ + V_M + I_B) \cdot 0,2 ,$$

Наразі H_B буде становити:

$$H_B = (32720,39 + 7198,50 + 7392 + 451,56 + 4736,25) \cdot 0,2 = 10419,74 \text{ грн.}$$

4.1.10. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	32720,39	Відповідно до розрахунків
2.Єдиний соціальний внесок	7198,50	22,0 % від загальних витрат на оплату праці
3.Матеріали для проведення досліджень	7 392	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	471,56	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
5.Спецобладнання для наукових цілей	–	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
6.Вартість послуг сторонніх організацій	–	За договором із сторонніми організаціями (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
7.Витрати на службові відрядження	–	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку не передбачено)
8.Інші невраховані прямі витрати по темі	4736,25	10 % від суми прямих розрахованих витрат по темі
9.Накладні витрати	10419,74	Відповідно до нормативів організації-виконавця теми (у нашому випадку 20 % від суми прямих витрат)
10.Усього витрат по темі	62938,44	Сума попередніх статей

4.2. Науково-технічна ефективність НДР

Розрахунок очікуваного економічного ефекту НДР необхідно для визначення доцільності проведення даної роботи. Проте він може бути розрахований лише по НДР, які безпосередньо спрямовані на створення нових матеріалів, покращення параметрів якості продукції, а також створення нових конструкцій.

Для визначення річного економічного ефекту скористаємося бальною системою оцінювання економічної ефективності за наступними показниками:

- важливість розробки (K_1);
- можливість використання результатів розробки (K_2);
- теоретичне значення та рівень новизни (K_3);
- складність дослідження (K_4).

Коефіцієнт K_1 може приймати наступні значення:

- а) ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів – 1 бал;
- б) робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво – 3 бали;
- в) робота являє собою частину відомчої програми – 5 балів;
- г) робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів – 7 балів;
- д) робота є частиною міжнародної комплексної програми – 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

- а) результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі – 1 бал;
- б) результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією – 3 бали;
- в) результати розробки можуть бути використані декількома організаціями – 5 балів.
- г) результатами розробки можуть користуватися в масштабах однієї галузі – 8 балів;
- д) результатами розробки можуть користуватися у різних галузях – 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

- а) робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі – 2 бали;
- б) під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів – 3 бали;
- в) внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів;
- г) внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики тощо – 6 балів;
- д) отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше – 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

- а) роботу виконує один підрозділ, витрати до 10 000 гривень – 1 бал;
- б) роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень – 3 бали;

в) роботу виконує один підрозділ, витрати від 50 000 до 100 000 гривень – 5 балів;

г) робота виконується декількома підрозділами, витрати від 100 000 до 200 000 гривень – 7 балів;

д) робота виконується декількома організаціями, витрати понад 200 000 гривень – 9 балів.

Загальна бальна оцінка (Б) вираховується перемноженням коефіцієнтів.

$$Б = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

В нашому випадку бальна оцінка ефективності згідно табл. 1.5 становить:

$$Б = 1 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 3 = 143$$

Таблиця 4.5 – Бальна оцінка ефективності НДР

Показник оцінки ефективності НДР	Умовне позначення показника	Характеристики даної роботи	Кількість балів
1. Важливість розробки	K ₁	Ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів.	1
2. Можливість використання результатів розробки	K ₂	Результатами розробки можуть користуватися в масштабах однієї галузі.	8
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K ₃	Під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів.	6
4. Складність дослідження	K ₄	Роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень.	3

Умовний ефект НДР розраховується за формулою:

$$E_{\text{НДР}}^y = 500 \cdot Б - E_n \cdot V_{\text{НДР}},$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (може бути в межах 0,1 – 0,3);

$V_{\text{НДР}}$ – сумарні витрати на виконання НДР (підсумок табл. 4.4);

У нашому прикладі умовний ефект виконання НДР буде становити:

$$E_{\text{НДР}} = 500 \cdot 143 - 0,25 \cdot 62938,44 = 55765,39 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність НДР визначається коефіцієнтом умовної економічної ефективності E_e . Він є відношенням умовного ефекту виконання НДР до сумарних витрат на виконання НДР та розраховується за формулою:

$$E_e = \frac{E_{\text{НДР}}}{V_{\text{НДР}}}.$$

У нашому прикладі E_e буде становити:

$$E_e = \frac{62938,44}{55765,39} = 1,128$$

Коефіцієнт умовної економічної ефективності науково-дослідної роботи становить 1,128 (перевищує одиницю), що свідчить про доцільність її виконання

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою даного розділу є виявлення та оцінка потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, розробка заходів та засобів їх усунення на у лабораторії кольорового литва.

5.1. Загальна характеристика умов праці у лабораторії кольорового литва

Параметри приміщення наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри приміщення лабораторії кольорового литва

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	8000мм×6000мм мм; S=48 м ² ;	-
2	Кількість працівників	Працівники відділення	3
3	Природне освітлення	Вікна металопластикові вікна з профілю Mega line 500 1000мм×1400мм	2
4	Штучне освітлення	Світильник підвісний промисловий righthausen led 150w 6500K IP65	15

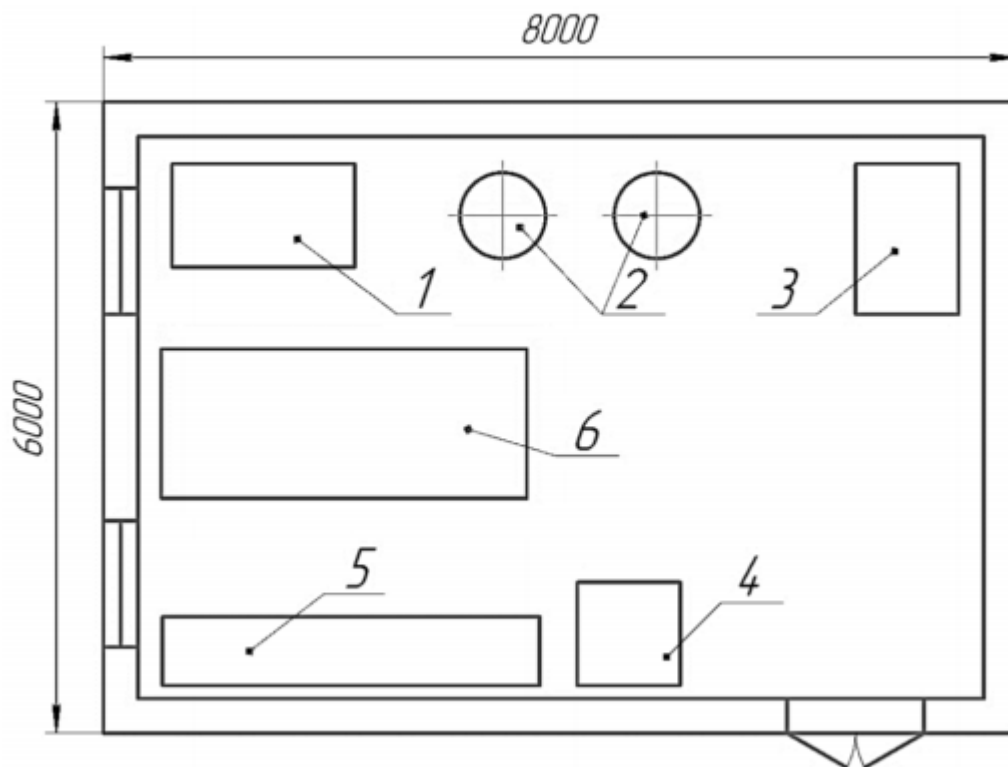
Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Обладнання і оснащення у лабораторії кольорового

ЛИТВА

№ п/п	Назва	Розміри	Основні характеристики	Кіл.	Поз на рис.
Основні					
1	Сушарка	2700×2020×3530 мм;	-матеріал: сталь -вага: 1000 кг -температура: до 400 °С	1	1
2	Печі опору	2170×2060×900 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В -вага: 2360 кг -температура: до 1000°С	2	2
Допоміжні					
3	Автоклав	1500×30000 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В	1	1
4	Вакуумна установка	1500×20000 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В -тиск: 10 ⁵ Па	1	1
5	Шафи	3000×1000×400 мм;	-матеріал: метал	1	1
6	Лабораторний стіл	3000×1000×1500 мм;	-матеріал: дерево	1	1

План та розміри обладнання зображено на рисунку 5.1.



1 – сушарка; 2 – печі опору; 3 – автоклав; 4 – вакуумна установка;
5 – шафи; 6 – лабораторний стіл

Рисунок 5.1 – План відділення

Порівняння реальні та нормативних (СНиП 2.09.04-87) характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання проведено в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	16 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	48 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	2,5 м	1,5 м

Таблиця 5.4 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при електродугових, плазмових і споріднених процесах

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Вібрація	Шум	Запилення	Статичне навантаження на	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і виробки, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском,
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Електрошлакове переплавлення	xx	x	x	xx	-	-	x	x	-	x	xx	xx	x	-
Електробезпека	-	x	xx	-	xx	x	-	x	-	-	xx	-	xx	-
Заливання форм	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xx	x	x	-
Системи які працюють під тиском	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	-	x	xx

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

5.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення умов праці у лабораторії кольорового литва

5.2.1 Небезпека фізичних пошкоджень працівників у лабораторії кольорового литва

Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі при експериментальних роботах занесено в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піч опору	Відкрита верхня робоча частина.	Не закрита частина куди можуть потрапити предмети одягу.	Загоряння робочого одягу, отримання опіків.
2	Сушарка	Острі кути приладу, не закриті кабелі високої напруги.	Гаряча ззовні та близька до руху працівників лабораторії.	Отримання травм.
3	Вакуумна установка	Ураження електричним струмом.	Вільні у доступі високовольтні кабелі.	Отримання електроопіку.
4	Компресор	Рухомі частини приладу, гострі кути.	Вільні у доступі гострі кути приладу.	Отримання гострих ран.

Як видно з таблиці 5.5. існує потенційна небезпека отримання фізичних пошкоджень . Для мінімізації ризику отримання фізичних пошкоджень, у таблиці 5.6 наведені заходи з забезпечення охорони праці від приладів які перебувають під високою напругою.

Таблиця 5.6 – Заходи забезпечення охорони праці від ураженням електричним струмом

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	Встановлення захисних кожухів на кабелях які знаходяться під високою напругою. Сховати кабелі від вільного доступу. Закрити гострі частини приладів захисним кожухом.	Уникнення прямого контакту з кабелями високої напруги. Уникнення гострих ран на тілі.
2	Організаційні заходи	Проведення перевірок та інструктажів.	Доступність знань щодо безпеки експлуатації.
3	Експлуатаційні	Своєчасна заміна протертих кабелів високої напруги.	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом.

5.3.2 Вібрація та шум

Основні небезпеки пов'язані з вібрацією та шумом, які створюються в технологічному процесі при формувальних роботах занесено в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Основні небезпеки пов'язані з шумом

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Вакуумна установка	При роботі виникає шум.	Виникнення великого шуму при роботі.	Глухота, погане самопочуття.

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 5.8. Нормативні значення було взято з ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації», ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Таблиця 5.8 – Реальні та нормативні фактори небезпеки які створюються у технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Рівень загальної вібрації	90 – 95 дБ	< 90 дБ
2	Рівень шуму	80 – 85 дБА	< 80 дБА

Як видно з таблиці 5.8. існує потенційна небезпека негативного впливу вібрації і шуму на організм працюючого. Для мінімізації ризику отримання професійного захворювання у таблиці 5.9 наведені засоби та заходи захисту від шуму та вібрації,

Таблиця 5.9 – Засоби та заходи захисту від шуму та вібрації

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Встановлення компресора в короб в стіни якого вшили поролон. Поставити установку подалі від гарячих поверхностей.	Уникнення розповсюдження шуму та вібрації відділенням.
2	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані, печей опору, сушильних камер та вакуумних установок.	Уникнення контакту з елементами під напругою.
3	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна пошкоджених елементів приладів.	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом.
4	Засоби індивідуального захисту	Використання навушників ЗМ МТ17Н682.	Забезпечити захисту органів слуху.

5.3.3. Електронезбезпека

Електричні фактори небезпеки та засоби захисту від електроураження. Лабораторія відноситься до типу приміщень з підвищеною небезпекою

ураження струмом. Причинами можуть стати багато факторів: неізолюваний струменевий кабель, ізолюваний але пошкоджена ізоляція, металеві конструкції які пов'язані з електроустановками. Ураженням струму також може бути електроустановки які не відповідають вимогам безпеки та технічним заходам в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10 –Електричні джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піч опору	Високовольтний кабель	Пошкодження ізоляції кабелю живлення, недотримання правил експлуатації обладнання	Ураження струмом
2	Сушарка	Високовольтний кабель	Пошкодження ізоляції кабелю живлення.	Ураження струмом

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 5.11. Нормативні значення було взято з НПАОП 40.1-1.21-98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Таблиця 5.11 – Реальні та нормативні фактори небезпеки ураження електричним струмом

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

Для зниження ймовірності настання небезпечної ситуації, необхідно дотримуватись заходів безпеки, які наведені в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Засоби захисту від електротравм

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Електричне з'єднання обладнання з заземлюючим пристроєм.	Уникнення пробую, витоків струму уникнення контакту з частинами що під напругою.
2	Організаційні	Проведенню планових заходів з інструктажу по електробезпеці. Забезпечення засобами індивідуального захисту.	Доступність знань щодо безпеки експлуатації.

5.4. Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів у лабораторії кольорового литва

Основні небезпеки пов'язані з впливом шкідливих речовин, які створюються в технологічному процесі при формувальних роботах занесено в таблицю 5.13.

Таблиця 5.13 – Хімічні джерела небезпек

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піч опору	Утворені гази	Гази що проникають в організм людини через органи дихання	Ризик виникнення ряду хвороби та алергій
2	Залиті форми	Утворені гази при заливанні	Вдихання газів	Ризик виникнення ряду хвороб

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх нормативно допустимими рівнями, складена таблиця 5.11. Нормативні значення було взято з (ГОСТ 12.1.005-88, СН 245-71)

Таблиця 5.14 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Виділення парів від розплаву металу.	2 мг/м ³	1 мг/м ³

Як видно з таблиці 5.14. існує потенційна небезпека негативного впливу шкідливих речовин на організм працюючого. Для мінімізації ризику отримання професійного захворювання у таблиці 5.15 наведені засоби та заходи захисту.

Таблиця 5.15 – Засоби захисту

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Застосовують витяжну вентиляцію приміщення та інші засоби захисту органів дихання	Усунення утворених парів під час тех. процесу
2	Організаційні	Інструктаж з правил безпеки	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів вентиляційної системи та фільтрів	Забезпечення постійної роботи вентиляції
4	Засоби індивідуального захисту	Респиратори та маски БУК 1К, захисний одяг ТК-400	Запобігання отруєнню та опіків

5.5 Висновки до розділу

У розділі з охорони праці розглянуті небезпеки фізичного та хімічного характеру, описані та розробленні заходи для їх усунення або зменшення.

1. Встановлено, що у лабораторії кольорового організація робочих місць відповідає санітарним нормам.

2. Проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які передбачають умови, при яких може виникнути небезпека ураження організму.

3. Запропоновано заходи для уникнення травмування.

ВИСНОВКИ

Виливки з пористого алюмінію мають здатність конкурувати з іншими конструкційними матеріалами, так як поєднання в одному виробі пористої та монолітної частини значно покращує механічні властивості. Найбільшою перевагою цього матеріалу є собівартість та можливість виготовлення виробів різних форм та конфігурацій. Піноалюміній популярний у промисловій галузі завдяки тому що він має високу питому міцність та корозійну стійкість.

Завдяки тому що пористий алюміній дуже легкий він може стати важливим матеріалом для аерокосмічної та автомобільної промисловості.

Не менш важливим є те що це ізотропним сплавом, він не потребує ніякого клейового з'єднання, в майбутньому це може зберегти різні конструкції від пожежі.

З піноалюмінію можуть виготовляти в будівництві будівель, її здатність протидіяти вогню та теплоізоляційна здатність. Звукоізоляційні характеристики можуть знадобитись для будівництва залізничних тунелів.

CONCLUSIONS

Porous aluminum castings have the ability to compete with other structural materials, as the combination in one product of the porous and monolithic part significantly improves the mechanical properties. The biggest advantage of this material is the cost and ability to manufacture products of different shapes and configurations. Aluminum foam is popular in the industry due to its high specific strength and corrosion resistance.

Due to the fact that porous aluminum is very light, it can become an important material for the aerospace and automotive industries.

Equally important is that it is an isotropic alloy, it does not require any adhesive bonding, in the future it can save various structures from fire.

Foam aluminum can be made in the construction of buildings, its ability to resist fire and thermal insulation ability. Sound insulation characteristics may be required for the construction of railway tunnels.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник стали и сплавы [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1221
2. Марочник стали и сплавы [Электроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1375
3. Измерение клеточных стенок механическими свойствами пены Аль-сплава с использованием метода наноиндентации [Электроний ресурс] - ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822307001158>
4. Пеноалюминий как энергопоглощающий материал и его механические свойства /Д.О. Бутарович, А.А. Смирнов, Д.М. Рябов., 1996. – 176с.
5. Пінобетон і газобетон [Электроний ресурс] – Матеріали для будівництва та ремонту – Режим доступу: <http://m-building.ru/art/penobeton-igazobeton>.
6. Інформаційно-пошукова система [Электроний ресурс] – Режим доступу: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/
7. Рязанцева М.А., Михайловская А.В., Бычков А.С. и др. // Исследование процессов разупрочнения при нагреве холоднодеформированных листов малолегированных алюминиевых сплавов // МиТОМ. 2012. № 5. С. 46–50.
8. И. О. Леушин, А. Н. Грачев, В. Н. Назаров, П. А. Горохов / (Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева) [Электроний ресурс] – Режим доступу: <https://ukrbukva.net/page,4,80887-Metallicheskie-peny.html>
9. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. / Металлургия, 1974. – 274с.

10. Технічні Науки Агравал П. Г., Абдулов О. Р., Древаль Л. О., Турчанін М. А. / Термодинамічне моделювання стабільних та метастабільних фазових перетворень у системі Ni–Ti Вісник ДДМА. – 2011. – № 4
11. Вернер В.Д. / О природе пика внутреннего трения в твердых растворах внедрения с ГЦК решеткой ФТТ. 1965. Т. 7. № 8. С. 2318–2326.
12. Ковтунов А. И. Технология формирования слоистых композиционных материалов системы титан-пеноалюминий / Metallurg. 2014. № 4. С. 60–61.
13. База знаній [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://ecocatalysis.com/foam-materials/baza-znaniy/penometallyi/vozmozhnosti-primeneniya-penoalyuminiya/>
14. Ковтунов А. И. // Технология формирования слоистых композиционных материалов системы титан-пеноалюминий Metallurg. 2014. № 4. С. 60–61
15. Шестаков Н. А. Исследование уплотнения при деформации пористых материалов // Известия ТулГУ «Технические науки». 2011. №1. С. 440–448.
16. Елкронний архів КНУТД [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/1684>
17. Shiomi M. Fabrication of aluminum foams from powder by hot extrusion and foaming // Journal of Materials Processing Technology. 2010. № 210. P. 1203–1208