

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

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних та кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК 621.74

До захисту допущено
Завідувач кафедри
М.М. Ямшинський
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 136 Металургія

на тему: «Вплив технологічних факторів та методів введення цинку на структуру сплавів системи Al-Mg-Cu»

Виконав: студент II курсу, групи ФЛ-81мп

Восколович Валерій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

д.т.н. Верховлюк А.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з економічно-
організаційної частини

к.е.н., ст. викл. Нараєвський С.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант
з нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

д.т.н. Шинський О.Й.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 р.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет інженерно-фізичний
Кафедра ливарного виробництва чорних та кольорових металів
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність 136 Металургія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ М.М. Ямшинський
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2019_р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Восколовичу Валерію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема дисертації: «Вплив технологічних факторів та методів введення цинку на структуру сплавів системи Al-Mg-Cu»
науковий керівник д.т.н., Верховлюк Анатолій Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь та звання)

затверджені наказом по університету від “12” листопада 2019_ року №3890-с

1. Термін подання студентом дисертації: “8” листопада 2019_ року
2. Об'єкт дослідження: високоміцні алюмінієві сплави леговані цинком та цирконієм.
3. Предмет дослідження: структура та фазовий склад фізико-хімічні властивості високоміцних алюмінієвих сплавів.
4. Перелік питань, які потрібно розробити:
 - 4.1 Виконати літературний аналіз;
 - 4.2 Засвоїти методи введення цинку;
 - 4.3 Освоїти особливості індукційної плавки.
 - 4.4 Визначити основний вплив цинку та технологічних факторів на структуру сплаву Al-Mg-Cu.
 - 4.5 Дослідити методи вводу цинку в систему Al-Mg-Cu.
5. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:
 - 5.1 Технологічні фазові діаграми.
 - 5.2 Схема установки для вводу цинку в атомарному вигляді.
6. Орієнтовний перелік публікацій: _____

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічно-організаційна частина	к.е.н., ст. викл. Нараєвський С.В.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Федоров Г.Є		

8. Дата видачі завдання: “27” листопада_2019_ року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Переддипломна практика	02.09...27.10.2019р.	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою дослідження	02.09...15.11.2019р.	
3	Розроблення методики дослідження	02.09...27.10.2019р.	
4	Планування та проведення експериментів	02.09...27.10.2019р.	
5	Аналіз результатів експериментів	16.11...25.11.2019р.	
6	Розрахунок економічно-організаційних показників	26.11...30.11.2019р.	
7	Аналіз стану охорони праці на робочому місці	01.12...02.12.2019р.	
8	Підготовка та оформлення ілюстративної частини магістерської дисертації	03.12...04.12.2019р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	05.12...06.12.2019р.	
10	Подання магістерської дисертації до захисту	07.12.2019р.	
11	Рецензування магістерської дисертації	07.12...09.12.2019р.	
12	Захист магістерської дисертації	18.12.2019р.	

Студент

(підпис)

Науковий керівник

(підпис)

Восколович В.С.

(прізвище та ініціали)

д.т.н. Верховлюк А.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 95 с., 19 рис., 8 табл., 54 посилань.

Об'єкт дослідження – технологія вводу цинку у високоміцний алюмінієвий сплав, в атомарному вигляді.

Предмет дослідження – структура та фазовий склад високоміцних алюмінієвих сплавів легованих цинком.

Мета роботи – дослідити вплив технологічних факторів та методів вводу цинку на структуру високоміцних алюмінієвих сплавів.

Методи дослідження – за допомогою оптичної металографії та методу вводу цинку в атомарному вигляді, досліджено структуру та фазовий склад високоміцних алюмінієвих сплавів.

Актуальність роботи – в даний час для подрібнення зерна в злитках алюмінієвих сплавів, одержуваних методом напівбезперервного лиття, застосовують в основному пруткові модифікують лігатури на основі систем Al-Ti-B і Al-Ti-C іноземного виробництва. Однак, як показує виробничий досвід, не завжди вдається отримати дрібнозернисту і однорідну структуру по всьому об'єму злитка при використанні зазначених лігатур. Причини криються як у якості самих лігатур, так і в технології введення їх в розплав.

ВИСОКОМІЦНІ АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ, ЦИНК, АЛЮМІНІЙ,
ІНТЕРМЕТАЛІДИ, СТРУКТУРА, ФАЗОВИЙ СКЛАД.

ABSTRACT

Master's Thesis: 95 pp., 19 Figs., 8 Tables, 54 Links.

The object of study is the technology of the introduction of zinc into high-strength aluminum alloy, in atomic form.

The subject of the study is the structure and phase composition of high-strength zinc-doped aluminum alloys.

The purpose of this work is to investigate the influence of technological factors and methods of zinc introduction on the structure of high strength aluminum alloys.

Methods of investigation - using optical metallography and atomic input method of zinc, the structure and phase composition of high-strength aluminum alloys were investigated.

The urgency of the work - at present, for the grinding of grain in ingots of aluminum alloys obtained by the method of continuous casting, mainly used rod modifying ligatures on the basis of Al-Ti-B and Al-Ti-C systems of foreign production. However, as experience shows, it is not always possible to obtain a fine-grained and homogeneous structure throughout the volume of the ingot when using these ligatures. The reasons lie in the quality of the ligatures themselves and in the technology of introducing them into the melt.

HIGH-STRUCTURAL ALUMINUM ALLOYS, ZINC, ALUMINUM, INTERMETALIDES, STRUCTURE, PHASE COMPOSITION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПИТАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Високоміцні алюмінієві сплави системи Al-Zn-Mg-Cu	11
1.2 Фактори які впливають на утворення гарячих тріщин	13
1.3 Властивості цинку	16
1.4 Сплави на основі системи Al-Cu	17
1.5 Сплави системи Al-Cu-Mg	18
1.6 Сплави на основі системи Al-Zn-Mg-Cu.....	18
1.7 Сплав В96ц на основі системи Al-Mg-Cu-Zn.....	19
1.8 Висновки та постановка задач досліджень.....	23
2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1 Оптична металографія	24
2.2. Метод дослідження твердості по Брінелю	25
2.3 Методика та установка для введення цинку в атомарному вигляді	26
2.4. Методика визначення швидкості охолодження за дендритним параметром	28
2.5 Висновки до 2 розділу	29
3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	30
3.1 Вплив вмісту домішок і температури на структуру сплаву В96.....	30
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	46
4.1 Техніко-економічне обґрунтування НДР	46
4.1.1 Науково – технічна актуальність теми дослідження.....	46
4.1.2 Мета і завдання НДР.....	47
4.2 Розрахунок планової собівартості проведення дослідів	47
4.2.1 Витрати на основні матеріали, необхідні для проведення НДР	48
4.2.2 Витрати на спеціальне обладнання та прилади	49
4.2.3 Зарплата виконавців по темі, основна та додаткова	50
4.2.4 Єдиний соціальний внесок.....	51

	7
4.2.5 Витрати на службові відрядження	51
4.2.6 Витрати на послуги сторонніх організацій	51
4.2.7 Накладні витрати.....	52
4.2.8 Планова кошторисна вартість НДР	52
4.3 Економічна ефективність НДР	53
5 Охорона праці	55
5.1 Мета розділу	55
5.2 Організація охорони праці на підприємстві	55
5.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні НДР	57
5.4 Організація робочого місця.....	58
5.5 Мікроклімат	59
5.6 Розрахунки природного і штучного освітлення	60
5.6.1 Природне освітлення	61
5.6.2 Штучне освітлення.....	63
5.7 Шум, вібрація	65
5.8 Виробничі випромінювання.....	67
5.9 Електробезпека	67
5.10 Пожежна безпека.....	69
5.11 Безпека в надзвичайній ситуації.....	71
6 РОЗРОБЛЕННЯ БІЗНЕС-ПРОЕКТУ	75
6.1 Опис ідеї проекту	75
6.2 Бізнес-модель.....	75
6.2.1 Продукт	75
6.2.2 Сегмент споживачів	75
6.2.3 Канали збуту	75
6.2.4 Взаємодія зі споживачами.....	76
6.2.5 Прибуток (монетизація)	76
6.2.6 Ключові види діяльності	76

	8
6.2.7 Ключові ресурси.....	77
6.2.8 Ключові партнери	77
6.2.9 Витрати.....	77
6.3 Споживчі властивості товару.....	78
6.4 Дослідження ринку	78
6.5 Маркетингова стратегія просування	79
6.6 Елементи фінансового плану	79
6.6.1 Опис бізнес - проекту	79
6.6.2 Опис товару/ послуги/ технології.....	80
6.6.3 Маркетинг та продаж.....	80
6.6.4 Фінансовий план	80
6.6.5 Резюме.....	81
6.7 Висновки до розділу 6	82
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84

ВСТУП

Напівфабрикати з алюмінієвих сплавів на основі систем Al-Cu-Mg і Al-Zn-Mg-Cu знайшли широке застосування в сучасному авіабудуванні і аерокосмічній техніці завдяки гарному поєднанню механічних, корозійних і конструкційних властивостей. У зв'язку з цим стабільне отримання великогабаритних напівфабрикатів з цих сплавів з необхідним нормативною документацією комплексом властивостей є одним із актуальних завдань.

В даний час для подрібнення зерна в злитках алюмінієвих сплавів, одержуваних методом напівбезперервного лиття, застосовують в основному пруткові модифікують лігатури на основі систем Al-Ti-B і Al-Ti-C іноземного виробництва. Однак, як показує виробничий досвід, не завжди вдається отримати дрібнозернисту і однорідну структуру по всьому об'єму злитка при використанні зазначених лігатур. Причини криються як у якості самих лігатур, так і в технології введення їх в розплав.

Ситуація, що склалася свідчить про необхідність подальшого вдосконалення процесу модифікування алюмінієвих сплавів. Найважливішу роль у формуванні структури і властивостей злитків і, як наслідок, деформованих напівфабрикатів грає хімічний склад сплаву. Згідно з нормативними документами вміст хімічних елементів в складі кожного сплаву може змінюватися в досить широких межах. На практиці конкретні значення змісту легуючих елементів в сплаві часто підбираються дослідним шляхом методом «спроб і помилок».

При цьому не завжди враховується співвідношення легуючих елементів в сплаві з точки зору формування стехіометричного складу зміцнюючих фаз. У багатьох випадках вміст окремих легуючих елементів в сплаві виявляється завищеним.

В результаті властивості напівфабрикатів з термічно оброблюваних сплавів виходять нестабільними і істотно нижче необхідних значень через утворення в

мікроструктурі значною об'ємної частки надлишкових фаз, що не розчиняються ні при гомогенізації, ні при нагріванні напівфабрикату під загартування.

У зв'язку з цим потрібна розробка підходу до вибору хімічного складу сплаву, що враховує як зміст, так і співвідношення легуючих елементів, але в концентраційних межах допустимих нормативною документацією.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПИТАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Високоміцні алюмінієві сплави системи Al-Zn-Mg-Cu

Самий розповсюджений серед цих сплавів і універсальний у відношенні полуфабрикатів, що випускають сплав В95 був розроблений у 1940-х роках на основі загальних дослідів ролі основних компонентів, малих добавок марганця і хрому, режимів термічної обробки. Тимчасовий опір при розриванні сплаву В95 на 20%, а межа текучості на 40% вище ніж у сплаві Д16. Вперше цей сплав був застосований в стані максимально міцності Т1 в літаку Ту-16, створений КБ А.Н Туполев, а потім в першому реактивному пасажирському Ту-104 та в інших літаках.

У 1956 році для виробів атомної промисловості був розроблений сплав В96Ц, який перевершив сплав В95 по (σ_B) і ($\sigma_{0.2}$) на 20% і 30% відповідно. В сплав В96Ц вперше в світовій практиці введена ефективна мала домішка цирконію, що забезпечило його підвищенні пластичності і в'язкість руйнування (як і в інших високоміцних сплавах). Сплав В96Ц зіграв видатну роль в атомній техніці, його застосування для центрифуг дозволило виробляти збагачений уран 225 самим дешевим методом.

В 1970-х роках відбулась істотна еволюція високоміцних сплавів на основі системи Al-Zn-Mg-Cu в напрямку підвищення їх чистоти по домішках Fe і Si. Це було обумовлено збільшенням ресурсу і зміною принципів конструювання літаків і, відповідно, потребою поряд з високою міцністю забезпечити новий комплекс властивостей – підвищення характеристик в'язкості руйнування, тріщиностійкості і корозійної стійкості. Ці завдання були вирішені двома шляхами. Радикальним методом підвищення пластичності, в'язкості руйнування, опір утворенню тріщин втоми явилось жорстке обмеження домішок заліза і кремнію і розробка сплавів підвищеної чистоти (В95пч, В95оч, В93пч).

Кардинальним методом підвищення стійкості до небезпечних видів корозії (корозійному розтріскуванню під напругою, розшарованої корозії) з'явилась розробка і впровадження ступінчатих режимів старіння (Т2, Т3). Це відкрило можливість широкого використання високоміцних сплавів в літаках Іл-86, Іл-96, Ту-154, Ту204 та інших, що розширило область їх використання (наприклад, у вигляді неплакованих листів).

Значним етапом в розвитку високоміцних сплавів з'явилась розробка в 1970 році особливо міцного сплаву В96Ц-3, який відрізняється підвищеною технологічною пластичністю і високою міцністю. Сплав широко застосовується у вигляді штамповок складних форм в ракетній техніці. На сьогоднішній день, оптимізована композиція сплаву В96Ц-3 (1965-1), для термічної обробки якого розроблені нові варіанти багатоступінчатого старіння (Т12), освоюється для застосування в літакових конструкціях (верх крила і тд.). Для пресованих напівфабрикатів створений самий міцний сплав В96Ц-1 з тимчасовим опором розриву до 730МПа.

Підвищення рівня надійності і експлуатаційних характеристик магнієвих сплавів досягається оптимізацією існуючої ливарної технології і розробкою нових методів обробки розплаву, що забезпечують рівномірність хімічного і фазового складу, мілкозернисту будову литої структури, відсутність лікваційних явищ, підвищеної чистоти по металевим домішкам і неметалевими включеннями.

З метою максимального використання можливостей сплавів, розроблений ресурсозберігаючий процес плавки і лиття магнієвих сплавів без застосування флюсів в захисних газових середовищах. Процес дозволяє підвищити якість лиття, покращити умови праці, знизити забруднення навколишнього середовища.

1.2 Фактори які впливають на утворення гарячих тріщин

Одним із факторів, який суттєво впливає на властивості високоміцних алюмінієвих сплавів, що містять цинк, є утворення гарячих тріщин. Розвиток теорії щодо їх виникнення при литті призвів до розуміння впливу деяких факторів на механізми їх зародження та росту [1-12].

Утворення тріщин при литті сплавів пов'язують із наступними головними причинами: великий інтервал кристалізації, напруження в інтервалі кристалізації та охолодження, фази або сполук із низькою температурою плавлення на границях зерен, груба зеренна структура, низька в'язкість матриці при підвищених температурах, груба будова дендриту, низька рухливість зерен в інтервалі твердіння, низька рухливість рідкої фази в інтервалі кристалізації.

Вони з'являються тоді, коли під час кристалізації та подальшого охолодження виливка напруження у ньому більші, ніж його межа міцності.

Особливу схильність до утворення гарячих тріщин мають сплави, до складу яких входять евтектики з низькою температурою плавлення. Це призводить до утворення тонких рідких проміжків між зернами, які значно знижують характеристики міцності виливка. У такому випадку навіть незначні напруження можуть призводити до руйнування [1].

Автори [2] у 1952 році опублікували теорію утворення гарячих тріщин, згідно з якою наприкінці кристалізації залишкова рідка фаза знаходиться у вигляді тонких плівок між кристалами, так що при накладанні напружень, які пов'язані із зміною об'єму при кристалізації, це призводить до утворення та росту гарячих тріщин.

Вона набула подальшого розвитку в роботі [3], автор якої відмічає велику важливість ліквідаційних процесів при утворенні тонких плівок між кристалами. Залежність схильності до утворення гарячих тріщин від особливостей процесу кристалізації та макроструктури було представлено також в роботах [6-12].

Згідно із даними [4], великий інтервал кристалізації у поєднанні із зниженням температури солідусу призводить до зниження швидкості виділення твердої фази, наслідком чого стає утворення зародків росту тріщин, що не підживлюються рідкою фазою.

Утворення грубої структури призводить до зниження рухливості рідкої фази і тому підсилює схильність до утворення гарячих тріщин. Відомо, що майже кожний ливарний сплав має температурний інтервал, у якому межа міцності та відносне видовження значно нижчі, а ніж у твердому стані.

В публікації [5] механізм утворення такого типу тріщин представлено як взаємодію теорій тонких рідких плівок та теорії критичної температурної області. Автор додатково вводить критерій температури когерентності, яка фізично означає температуру, при якій відбувається перше зіткнення дендритного каркасу та утворення так званої дендритної сітки. Борланд вважає, що утворення дендритного каркасу та наявність залишкової рідкої фази є головною причиною утворення гарячих тріщин.

Наявність незначної пластичності матеріалу у місцях де спостерігаються ліквідація достатньо для релаксації напружень. Запропонований механізм мікропластичності матеріалу базується на достатньому підживленні, змочуємості та рухливості зерен, що було підтверджено при використанні спеціальної експериментальної техніки [6,7].

Разом із цим параметри розміру, форми та розподілу зерна, а також параметр змочуємості залишкової рідкої фази відіграють важливу роль для зниження напружень.

Щодо домішок, то їх вплив на підсилення ліквідації, зниження температури залишкової рідкої фази значно нижче рівноважної й утворення шкідливих фаз на границях зерен, які можуть мати форму, що сприяє зародженню та росту гарячих тріщин.

Окрім цього вони можуть змінювати поверхневий натяг міжкристалічної залишкової рідкої фази, наслідком чого може ставати підвищення схильності до утворення такого типу дефектів.

Відомо, що високоміцні сплави системи Al-Zn-Mg-Cu є основою матеріалів, які використовуються в силових елементах авіа- та ракетобудування і вони схильні до утворення гарячих тріщин. Цю здатність намагаються знизити за допомогою модифікування та різного типу термічної обробки.

Наприклад, їхні властивості підвищуються, а саме межі міцності та течіння на розтягування і зжимання на 20 % та 40 % відповідно [13-16].

Зростання цих характеристик автори робіт [13,15] пов'язують з добавками цирконію. Введення його в розплав (в межах від 0,10 % до 0, 13 %) забезпечує структурне зміцнення та підвищує пластичність і прокалюваність за рахунок утворення дисперсної когерентної фази β' (Al₃Zr).

Щоб ще підвищити міцність ($\sigma_v > (615-645)$ МПа) з порівняно високими рівнями корозійної стійкості та в'язкості руйнування до такого типу сплавів використовують триступеневі режими старіння.

Останні потребують регламентування швидкостей нагріву та охолодження на різних стадіях старіння. В результаті проведення такого процесу всередині зерна утворюються нові структурні включення η - фази двох розмірів. Більш тонкі включення утворюються на третій стадії термообробки, що в результаті приводить до підвищення міцності.

Найбільші міцностні характеристики (σ_v до 750-800 МПа) одержано для пресованих напівфабрикатів зі сплаву В96Ц (його склад наступний: (8-9)% Zn; (2,3-3,0)% Mg; (2,0-2,6)% Cu; (0,1-0,2)% Zr). Це обумовлено тим, що після закалювання зберігається нерекристалізована структура, обумовлена присутністю цирконію ($Zr > 0,10$ %), який в свою чергу служить активним тормозом рекристалізації в процесі деформації та послідууючої термічної обробки [17].

В процесі гартування такого типу сплавів одержують стабільний твердий розчин. Основне зміцнення виникає за рахунок утворення Т-фази (Al₂Mg₃Zn₃). Температура нагрівання для гартування ≤ 450 оС, що пов'язано з високим ступенем легування, яке в даному випадку суттєво знижує температуру солідус сплаву.

Для усунення процесу рекристалізації в даний сплав вводять цирконій в кількості від 0,1% до 0,2%. При його вмісті 0,1% зерена структура залишається частково рекристалізованою, а при 0,2% Zr – волокнистою, тобто повністю нерекристалізованою. Результати досліджень на розрив сплаву, який містить 0,2% Zr, після термообробки за режимом Т6 (гартування та старіння на максимальну міцність) складає: $\sigma_b = 530$ МПа, подовження $\delta = 5\%$.

Фрагментація та сфероїдизація інтерметалідних фаз при нагріві для гартування приводить до утворення глобулярних частинок. Вони відносно рівномірно розподіляються в твердому пересиченому розчині та прискорюють його розпад у всередині зерен і тим самим протидіють утворенню грубих зернограничних ланцюгів фази Т. Цей структурний ефект додатково відображається як на механічних властивостях, так і на опорі до корозії під напругою.

1.3 Властивості цинку

Цинк є синювато-білим металом, густина якого складає 7140 кг/м³. Температура плавлення цинку дорівнює 419°C, кипіння – 907°C. Низька температура кипіння затримувала розвиток виробництва цинку.

Звичайні способи виплавки цинку шляхом нагрівання суміші руди з вугіллям не давали результатів через його летючість. Цинк при нагріванні видалявся з плавильних агрегатів у вигляді пари разом із димовими газами.

Пізніше навчилися конденсувати цю пару, що дозволило створити дистиляційний спосіб одержання цинку, який існує до наших часів. Нагрітий до температури 100-150°C, він стає дуже пластичним, а при 200°C – настільки крихким, що його можна змолоти на порошок.

1.4 Сплави на основі системи Al-Cu

Ці ливарні сплави близькі за складом до дуралюміна: вони містять близько 4,5% Cu і 0,8% Mn, але на відміну від дуралюміна в них немає магнію. Для подрібнення зерна в них вводять невелику добавку титану. Головна перевага сплавів цієї групи - висока міцність і жароміцність, а основний недолік - гірші, по зрівнянню з силуміном, ливарні властивості.

За складом ці сплави знаходяться поблизу точки граничної розчинності при температурі евтектики (див. рис. 1.3, в), мають широкий інтервал кристалізації і містять дуже мало евтектики, в основному нерівноважної. Тому вони схильні до утворення усадочної пористості і гарячих тріщин. Сплав АМ4,5 Кд (див. табл. 1.11 і 1.12) - найміцніший з усіх ливарних алюмінієвих сплавів. За рівнем міцності в стані Т6 при литті в кокіль ($\sigma_b \geq 500$ МПа) він перевершує найбільш міцний кувальний сплав АК8.

Сплав піддають двох-ступінчастому нагрівання під загартування: спочатку при 535°C, 5-9 год для розчинення найбільш легкоплавкої нерівноважної евтектики в масивних частинах виливків, а потім при 545 ° С, 5-9 год для більш повного розчинення надлишкових фаз. Виключно важливу роль відіграє добавка 0,07-0,25% Cd, яка при старінні по режиму Т6 (170 ° С, 6-10 год)сприяє виділенню фази-зміцнення θ'' (CuAl₂) в дуже дисперсній формі. []

Сплав без добавки кадмію має σ_b менше приблизно на 100 МПа. Слід зазначити, що високі механічні властивості сплаву досягаються тільки при дуже низькому вмісті домішки заліза (не більше 0,15%).

1.5 Сплави системи Al-Cu-Mg

Сплави на основі цієї системи з добавками марганцю, названі дуралюмін, мають широкий інтервал міцності властивостей від середніх до високих. Дуралюміни марок Д16 і Д19 застосовують в авіації. Марганець введений у дані сплави для підвищення їх корозійної стійкості, а титан (до 0,1 %) в сплав Д19 – для подрібнення зерна. Сплав Д16 при кімнатній температурі відрізняється більш високою міцністю, ніж інші дуралюміни.

У порівнянні з чистим алюмінієм все дуралюміни відрізняються зниженою корозійною стійкістю і потребують спеціальних засобів захисту від корозії. Застосовують в основному два способи захисту: покриття дуралюміна технічним алюмінієм (марок А7 і А8) і електрохімічне оксидування (анодування). При анодуванні (наприклад, в сірчаній кислоті) поверхню виробів покривають більш щільною і товстою, ніж в природних умовах, захисною оксидною плівкою Al_2O_3 .

Дуралюміни на основі системи Al-Cu-Mg характеризуються низькою технологічністю при литті та обробці тиском (необхідне застосування малих швидкостей деформації) і вимагають використання вузького інтервалу температур нагрівання під загартування. Сплави відносяться до категорії незварюваних плавленням через високу схильність до утворення кристалізаційних тріщин.[1]

1.6 Сплави на основі системи Al-Zn-Mg-Cu

Сплави системи Al-Zn-Mg-Cu. Сплави цієї системи є найміцнішими серед алюмінієвих сплавів. Міцність цих сплавів досягає 500 – 700 МПа, але при меншій пластичності ($\delta = 8 - 10\%$), ніж у дуралюміна. На відміну від дуралюміна в високоміцних сплавах (В93, В95, В96) після гарту виходить більш стабільний твердий розчин. Тому сплави застосовують тільки після штучного старіння. Загартування проводять з 460-

470 °C у холодній або підігрітій (до 80-100 °C) воді. Нагріта вода необхідна при загартуванні великогабаритних профілів і штамповок, щоб уникнути їх розтріскування. Сплав В95 є найбільш універсальним конструкційним матеріалом. Він застосовується для виготовлення всіх видів деформованих напівфабрикатів: листів, плит, профілів, труб, поковок і штамповок. Пресовані профілі зі сплаву В95 значно міцніші, ніж листи. По міцності при нормальній температурі сплав В95 значно перевершує дуралюміні. [1]

1.7 Сплав В96ц на основі системи Al-Mg-Cu-Zn

Сплав В96ц – найбільш високолегований і найміцніший з усіх деформівних алюмінієвих сплавів. Однак він поступається сплаву В95 в пластичності і корозійній стійкості, опорі повторним статичним навантаженням, в більшій чутливості до надрізів і інших концентраторів напружень. Низька пластичність сплаву В96ц дозволяє застосовувати його тільки для виробництва горячедеформованих напівфабрикатів (профілів, труб, штамповок). Для виробів із сплавів В96ц і В95 застосовують аналогічні режими термічної обробки. Високоміцні сплави В93, В95, В96 мають ряд суттєвих недоліків у порівнянні з дуралюміном Д16. Вони більш чутливі до концентраторів напружень, мають меншу в'язкість руйнування, і характеризуються різким зниженням міцності при підвищенні температури понад 120 °C.

Сплави системи Al-Zn-Mg-Cu відносяться до найбільш легованих і найбільш міцних алюмінієвих сплавів. З найбільш відомий сплав В95. Хімічний склад і його різновиди наведені в табл. 1.1.

Крім алюмінієвого твердого розчину, сплави В95 (і його модифікації В95пч, В95оч), В96ц і В96ц-3 в рівноважному стані містять інтерметалідні фази η ($MnZn_2$), Т ($Al_2Mn_3Zn_3$), S (Al_2CuMg), а сплав В93 (і В93 пч) - перші дві. Всі три інтерметалідні фази можуть бути упрочнюючими при термообробці. Температурний нагрів до 480 °C

призводить до повного розчинення інтерметалідних фаз в сплаві В93, а в сплавах В95 і В96ц залишається відносно невелика кількість фази S.

Таблиця 1.1 Середній вміст легованих елементів і домішок у промислових сплавах системи Al-Mg-Cu-Zn

Сплав	Содержание компонентов и примесей, %							
	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Zr	Fe	Si
В95	6,0	2,3	1,7	0,4	0,18	—	≤ 0,5	≤ 0,5
В95пч	5,75	2,3	1,7	0,4	0,18	—	≤ 0,25	≤ 0,1
В95оч	5,75	2,3	1,7	0,4	0,18	—	≤ 0,15	≤ 0,1
В96Ц	8,5	2,65	2,3	—	—	0,15	≤ 0,4	≤ 0,3
В96Ц-3	8,1	2,0	1,7	—	—	0,15	≤ 0,2	≤ 0,1
В93	6,9	1,9	1,0	—	—	—	0,2–0,4	≤ 0,2
В93пч	6,9	1,9	1,0	—	—	—	0,2–0,4	≤ 0,1
1933	6,9	1,9	1,0	—	—	0,12	≤ 0,15	≤ 0,1

Добавки марганцю, хрому та особливо цирконію утворюють з алюмінієм при кристалізації пересичений твердий розчин, який розпадається при подальшій обробці злитка (термообробка і т. д.) з виділенням цирконієвих інтерметалідів, причому більш дисперсних, ніж марганцеві та хромові.

Тому, хоча рівноважна розчинність цирконію в алюмінії менше, ніж марганцю і хрому, і його вводять в алюмінієві сплави в менших кількостях (0,1-0,2%), цирконій більш інтенсивно, ніж інші перехідні метали, підвищує температуру рекристалізації алюмінієвих сплавів, призводить до збереження нерекристалізованої структури в пресованих або інших гарячедеформівних виробках після термообробки і тим самим обумовлює значне структурне зміцнення.

У сплавах Al-Zn-Mg-Cu добавки перехідних металів, особливо хрому, крім зазначених вище особливостей впливу на структуру і механічні властивості, ефективно підвищують стійкість сплавів проти корозії під напругою. Такий вплив добавок перехідних металів на корозійну стійкість можна пояснити двома причинами:

1) гетерогенізація структури, обумовлена утворенням включень марганцевих, хромових, цирконієвих фаз, призводить до більш рівномірного (по зерну) розпаду твердого розчину основних компонентів (Zn, Mg, Cu) в алюмінії;

2) частки інтерметалідів перехідних металів викликають зсування форми зерен і характеру їх кордонів, зерна стають витягнутими в напрямку головної деформації з ізвілестими межами, що подовжує шляху корозії, оскільки корозійні поразки поширюються по межах зерен;

Всі сплави системи Al-Zn-Mg-Cu піддають гарту і штучному старінню. Загартування проводять з температури 460-470 ° С в холодній або підігрітою (до 80-100 ° С) воді. Нагрівання води дуже важливий при загартуванні великогабаритних профілів і штамповок щоб уникнути їх розтріскування або сильного викривлення. деяке зменшення швидкості охолодження при загартуванні в гарячій воді на відміну від дуралюмінів не впливає негативно на корозійну стійкість сплавів Al-Zn-Mg-Cu.

Навпаки, зі зменшенням швидкості охолодження при закалці схильність до корозії під напругою сплавів Al-Zn-Mg-Cu (і Al-Zn-Mg) зменшується. Сплави В95, В96ц, В93 зміцнюються при природному старінні, причому швидкість природного старіння значно менше, ніж у дуралюміна, зростання міцності не закінчується через місяць після гарту. На практиці природне старіння високоміцних сплавів системи Al-Zn-Mg-Cu не застосовуються по наступних причинах:

1) після природного старіння не вдається отримати настільки високих характеристик міцності, як після штучного;

2) природно зістарені сплави більш схильні до корозії під напругою, ніж ті сплави, що піддані штучному старінню.

Схильність розглянутих сплавів корозії під напругою зменшується в міру підвищення температури штучного старіння, оскільки при цьому розпад твердого розчину за обсягом зерен стає більш рівномірним.

При старінні, як вже зазначалося вище, зростають також характеристики конструкційної міцності сплавів. Тому для виробів із сплавів В95 і В93, крім старіння на максимальну міцність Т1 (120 ° С, 24 год для плакованих листів сплаву В95; 140 ° С, 16 год - для інших напівфабрикатів із сплаву В95, штамповок і поковок зі сплаву В93), застосовують режими, що зумовлюють ви старіння, - Т2 і Т3.

Для різних видів напівфабрикатів режими старіння, що позначаються шифрами Т2 і Т3, кілька відрізняються, але у всіх випадках стан Т3 відповідає сильнішому старінню, ніж Т2, т. е. при старінні по режиму Т3 використовують більш високу температуру нагрівання або більш тривалу витримку. З розглянутих сплавів В95 - найбільш універсальний конструкційний матеріал, з нього виготовляють всі види деформованих напівфабрикатів: листи, плити, профілі, труби, поковки, штампування. Профілі зі сплаву В95 значно міцніше листів.

Це результат прес-ефекту, який обумовлений присутністю в сплаві В95 добавок марганцю і хрому. Сплав В95 значно перевершує по міцності дуралюміні і широко застосовується в літакобудуванні для обшивки (листи) і внутрішнього набору (профілі).

Сплави системи Al-Zn-Mg-Cu (в основному В95 і В96ц) знайшли широке застосування в авіаційній промисловості, але все ж вони витіснили раніше впроваджені, хоча і менш міцні сплави систем Al-Cu-Mg (Д16) і Al-Cu-Mg-Si (АК6, АК8). Це пояснюється рядом недоліків сплавів системи Al-Zn-Mg-Cu. Наприклад, по порівнянню з дуралюмініом Д16 вони більш чутливі до концентраторів напруги, мають меншу в'язкість руйнування, схильні до корозії під напругою і характеризуються низькою жароміцністю. Так, сплав В95 при температурах вище 125 ° С поступається по міцності сплаву Д16, хоча при 20 ° С він значно міцніше дуралюміна. Через це, сплави системи Al-Zn-Mg-Cu мало перспективні для швидкісних надзвукових літаків, обшивка яких відчуває аеродінамічний нагрів до (125-150 ° С).[1]

1.8 Висновки та постановка задач досліджень

У ході літературного огляду було проведено аналіз характеристик та методів термічної обробки високоміцних алюмінієвих сплавів.

Схильність розглянутих сплавів корозії під напругою зменшується в міру підвищення температури штучного старіння, оскільки при цьому розпад твердого розчину за обсягом зерен стає більш рівномірним.

Всі сплави системи Al-Zn-Mg-Cu піддають гарту і штучному старінню. Загартування проводять з температури 460-470 ° С в холодній або підігрітою (до 80-100 ° С) воді. Нагрівання води дуже важливий при загартуванні великогабаритних профілів і штамповок щоб уникнути їх розтріскування або сильного викривлення. деяке зменшення швидкості охолодження при загартуванні в гарячій воді на відміну від дуралюмінів не впливає негативно на корозійну стійкість сплавів Al-Zn-Mg-Cu.

В даний час для подрібнення зерна в злитках алюмінієвих сплавів, одержуваних методом напівбезперервного лиття, застосовують в основному пруткові модифікують лігатури на основі систем Al-Ti-B і Al-Ti-C іноземного виробництва. Однак, як показує виробничий досвід, не завжди вдається отримати дрібнозернисту і однорідну структуру по всьому об'єму злитка при використанні зазначених лігатур. Причини криються як у якості самих лігатур, так і в технології введення їх в розплав.

У зв'язку з цим потрібна розробка підходу до вибору хімічного складу сплаву, що враховує як зміст, так і співвідношення легуючих елементів, але в концентраційних межах допустимих нормативною документацією.

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Оптична металографія

Для приготування шліфів з металевих заготовок вирізалися зразки діаметром 20 мм і висотою 2.10 мм. Зразки вирізалися з нижньої частини заготовки, щоб виключити наявність пористості. Виготовлення зразків повинно проводитися холодним механічним способом для того, щоб не змінити структуру сплаву чи металу. При випилюванні зразків потрібно отримувати плоску поверхню. Після того, як отримали плоску поверхню, зразок шліфують наждачним папером, а потім полірують, щоб прибрати залишки абразиву та подряпини з поверхні шліфа. Шорсткість поверхні має складати приблизно $Ra < 0,025 \mu\text{m}$. Металографічні дослідження проводяться на структурному мікроаналізаторі “EPIQVANT” фірми Карл Цейс Йена. На підготовленій площині шліфа знаходяться зерна, зрізані по різним кристалографічним площинам, і мають по цим площинам неоднорідні властивості. При травленні шліфа під дією хімічних розчинів (кислот, солей та лугів) ступінь протравлюємості окремих зерен на поверхні шліфа та їх відбиваюча здатність виходить різною. Металографічним методом можна визначити розмір включень, зерен, фазовий склад металічної основи зразків. Оцінку розмірів зерен проводять методом порівняння за типовою шкалою (ГОСТ 210731-75).

Аналізатори зображень, що складаються з мікроскопа, відеокамери (фотоапарата) та персонального комп'ютера автоматично, за рахунок певної програми, дозволяють отримати кількісні характеристики структури – розмір зерен, число різних фаз та їх розподіл за величиною та формою.

2.2. Метод дослідження твердості по Брінелю

Сутність визначення твердості за методом Брінеля полягає у вдавлюванні сталеві кульки у зразок під зусиллям, яке прикладають перпендикулярно до поверхні зразка, на протязі деякого часу, та вимірювання діаметру відтиску після зняття зусилля.

Для проведення випробувань готуються зразки, товщина яких повинна перевищувати глибину відтиску не менш, ніж у 8 разів. Крім того необхідно їх готувати таким чином щоб змінювались властивості металу під час механічної або іншої обробки, наприклад, від нагрівання або наклепу.

Поверхня зразка повинна бути плоскою та гладкою, шорсткість R_a поверхні зразка не більш 2,5 мкм згідно ГОСТ 2789.

Прилад для вимірювання твердості згідно ГОСТ 23677-79, модель ТШ-2М, рік випуску 1982.

Кулька сталева діаметром 5 мм повинна мати твердість не меншу, ніж 850 HV10 і повинна відповідати вимогам ГОСТ 3722-81 для 3 ступеню точності.

Вимірювання твердості проводять при температурі 20^{+15}_{-10} °C.

При вимірюванні твердості прилад повинен бути захищений від ударів та вібрації.

Зразок повинен бути встановлений на стіл стійко для запобігання його зміщення.

Твердість вимірюється при постійному співвідношенні між величинами навантаження P та квадратом діаметру кульки d^2 ($P=25$ кг).

Тривалість витримки наконечника під заданим навантаженням 30 сек.

Відстань між центром відтиску та краєм зразка не менш 2,5 діаметра відтиску; відстань між центрами двох суміжних відтисків повинно бути не менш 4 діаметрів відтиску.

Після вимірювання твердості на зворотній стороні зразка не повинна спостерігатись пластична деформація від відтиску.

Діаметр відтиску вимірюють за допомогою мікроскопу, або лупою, на окулярі якої нанесена шкала з розподілами, які відповідають десятим долям міліметра. Діаметр відтиску вимірюють із точністю до 0,05 мм (при вдавлюванні кульки діаметром 5 і 10 мм) у двох взаємно перпендикулярних напрямках; для визначення твердості слід приймати середнє з отриманих значень.

2.3 Методика та установка для введення цинку в атомарному вигляді

В даній роботі також було досліджено вплив цинку на структуру сплаву системи Al-Mg-Cu, який не містив цирконій. Його вводили в розплав трьома способами: 1) за допомогою лігатури; 2) за допомогою дзвіночка; 3) за допомогою реактора, який було виготовлено з кварцового скла (рис. 4).

Установка складалася із кварцової труби 6, вмонтованої в графітовий блок 4, циліндр та блок нагрівали за допомогою індуктора 3. Пари цинку з потоком аргону вдували в розплав 14 системи Al-Mg-Cu через занурену в нього кварцову трубу 9.

Маса розплавленого металу в печі опору складала ~ 700 грам, температуру алюмінієвого розплаву 14 підтримували 700 ± 10 °C, а температура парів цинку на виході з кварцової труби 9 не перевищувала 920 ± 10 °C. Витрата аргону була ~ 3 л/хв., тиск аргону в кварцовій трубі не перевищував 0,1 МПа і регулювався за допомогою ротаметра 18.

Після введення всього цинку в розплав, його витримували протягом 3-4 хв. і при температурі 650 ± 10 °C заливали в чавунні кокілі циліндричної форми. В першому та другому випадках розплав перегрівали до відповідно температур: 1000 ± 10 °C, 1050 ± 10 °C та 1150 ± 10 °C. Температура заливання розплаву в кокіль була однаковою при різних способах введення цинку.

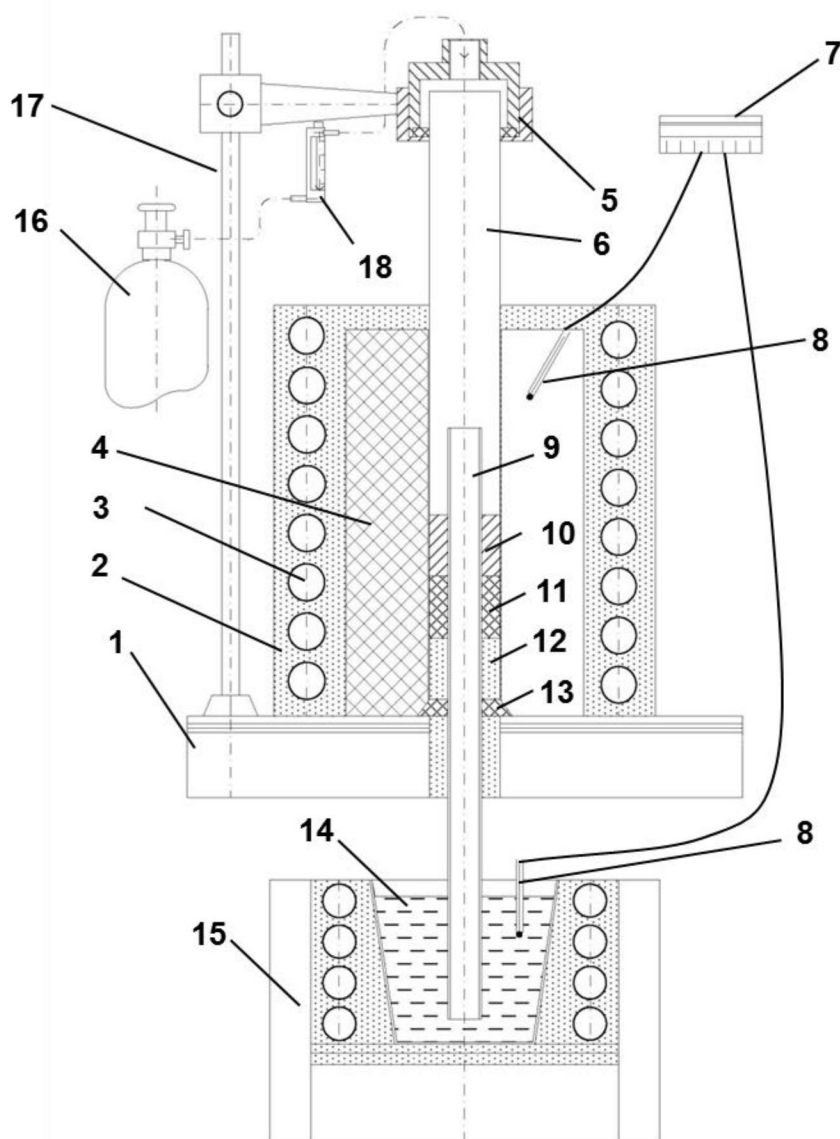


Рис. 1. Схема установки для введення цинку в атомарному вигляді у розплав системи Al-Mg-Cu (1 – стіл монтажний, 2 – індукційна піч, 3 – індуктор, 4 – графітовий блок, 5 – герметичний наконечник, 6 – кварцова труба, 7 – прилад контролю температури, 8 – термопара, 9 – кварцова трубка, 10 – втулка з цинку, 11 – графітова втулка, 12 – каолінова вата, 13 – графітова заглушка, 14 – розплав, 15 – піч опору, 16 – балон з аргоном, 17 – штатив, 18 – ротаметр).

2.4. Методика визначення швидкості охолодження за дендритним параметром

Методика визначення швидкості охолодження металу шляхом запису відповідних кривих охолодження може бути реалізована лише при відносно невисоких швидкостях охолодження (до 10^3 K/c). Отримання матеріалів в аморфному, наноструктурному або мікрокристалічному стані, як правило, пов'язане зі значно більш швидким охолодженням розплаву. У цьому випадку може бути застосовано непрямий метод визначення швидкості охолодження за так званим дендритним параметром сплаву, під яким розуміється відстань між гілками другого порядку, так само як і статистично середній розмір гілок дендрита.

В основу методу покладено кореляційний зв'язок між швидкістю охолодження і дендритним параметром одержуваного сплаву. В даний час вважається встановленим, що ця залежність описується наступним рівнянням [4]:

$$d = \alpha v^{-n}, \quad (2.1)$$

де d – дендритний параметр, мкм
 v – швидкість охолодження, K/c
 α і n – константи

Константа α визначається природою конкретного сплаву. Її значення знижується зі зменшенням коефіцієнта дифузії та підвищенням рівня легування. Константа n мало залежить від властивостей сплаву і знаходиться в діапазоні від $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$. Таким чином, для отримання залежності дендритного параметра певного сплаву від швидкості його охолодження при затвердінні необхідно визначити константи α і n .

Зазначені величини можна розрахувати, побудувавши емпіричну залежність дендритного параметру від швидкості охолодження в діапазоні, де вона може бути заміряна безпосередньо. Для визначення величин α і n потрібне проведення серії експериментів, що включають отримання зразків сплавів, закристалізованих при різних

контрольованій швидкості охолодження, і подальші металографічні дослідження для визначення дендритного параметра.

Визначення дендритного параметру в зразках, одержаних за різної швидкості охолодження, проводили за допомогою оптичного мікроскопу EPIQUANT, та спеціальної цифрової камери DCM820 фірми ORVIN і комп'ютера, що дозволяло фіксувати зображення структури зразків і проводити їх подальшу обробку.

За одержаними даними будували графік у координатах «швидкість охолодження» – «дендритний параметр», який описується зазначеною ступеневою функцією (2.1) та визначали константи α і n . Встановлена таким чином закономірність описувала взаємозв'язок швидкості охолодження і дендритного параметра сплавів в широкому діапазоні швидкостей охолодження, тому отримані дані могли бути екстрапольовані в область швидкостей охолодження, які неможливо визначити шляхом безпосереднього вимірювання. Таким чином, надалі шляхом визначення дендритного параметра в структурі різних зразків з досліджених сплавів можна розрахувати швидкість їх охолодження при одержанні, в тому числі при досить високих швидкостях охолодження.

2.5 Висновки до 2 розділу

У цьому розділі наведено методику виконання експериментів.

1. Методика та установка вводу цинку в атомарному вигляді.
2. Методика визначення температури охолодження за дендритним параметром.
3. Метод визначення твердості за Бринелем.
4. Металографічним методом можна визначити розмір включень, зерен, фазовий склад металічної основи зразків.

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив вмісту домішок і температури на структуру сплаву В96

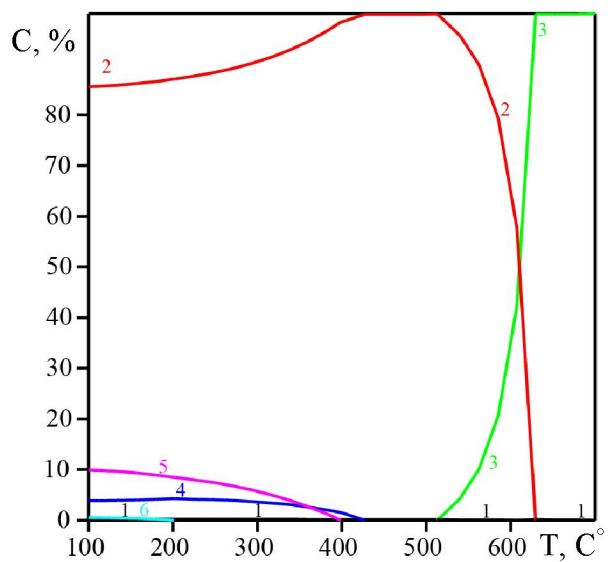
Для одержання загального балансу властивостей високоміцних сплавів необхідно проводити оптимізацію хімічного складу за всіма компонентами, технологічними режимами всього циклу виробництва напівфабрикатів (починаючи з лиття виливка і закінчуючи термообробкою).

Виходячи з того, що високоміцні сплави дуже чуттєві до концентраторів напружень, тому необхідно суттєво зменшувати вміст домішок (Fe, Si та інш.) і відповідно контролювати в структурі об'ємну долю нерозчинних великого розміру інтерметалідів (з типовим розміром 1-5 мкм), які утворюються при кристалізації виливка. Подібну від'ємну дію завдають розчинні надлишкові інтерметаліди (наприклад фаза S), яка містить легуючі елементи (Mg, Cu).

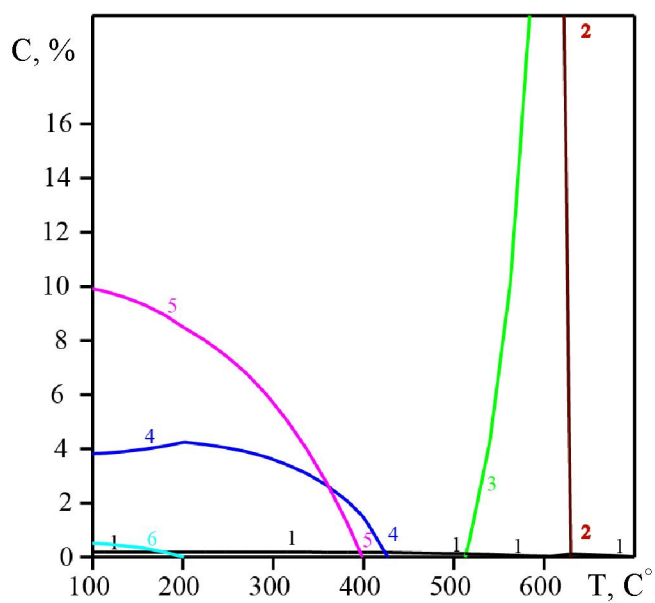
Для вирішення цих проблем можна використовувати термічний аналіз та термодинамічну методику розрахунків, яку розроблено нами раніше. Вона базується на використанні програмного пакета Thermo-Calc для розрахунку розчинності компонентів в алюмінієвій матриці та побудові технологічних фазових діаграм [18].

Результати розрахунків наведено на рисунках 3.2-3.3. На перших двох (рис.3.2-3.3) представлено розраховані технологічні діаграми для сплаву В96Ц з мінімальним (рис. 3.2) та максимальним (рис. 3.3) вмістом легуючих елементів, а на слідуючому (рис. 3.4) – фазові діаграми з максимально можливим вмістом домішок.

Видно, що при максимальному вмісті легуючих елементів в сплаві (рис. 3.3), фаза S (Al_2CuMg) буде виділятися при будь яких режимах термічної обробки, що буде збільшувати вірогідність утворення гарячих тріщин, а наявність домішок приводить до зв'язування легуючих елементів в інтерметалідні сполуки та утворення легкоплавких евтектик.



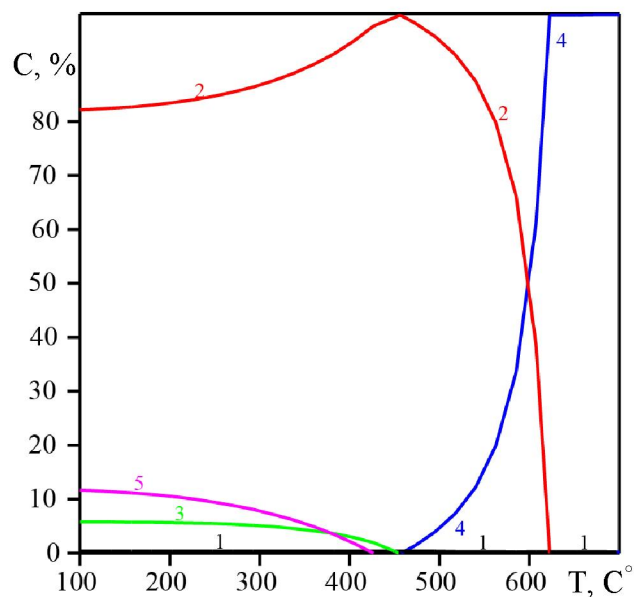
а



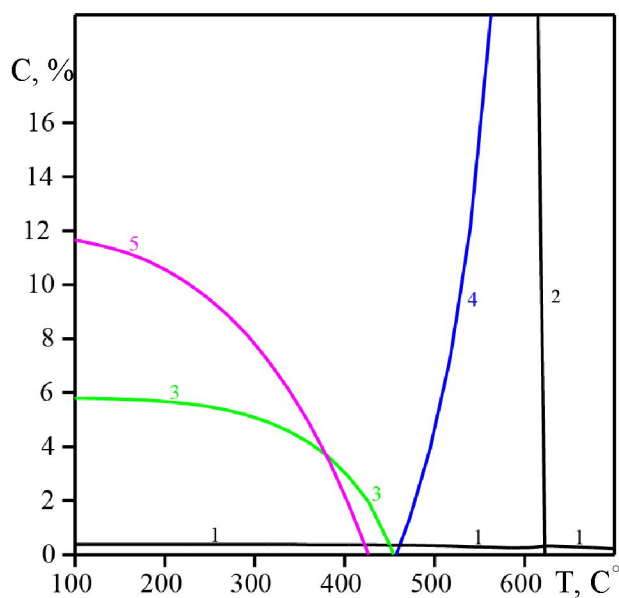
б

1– Al_3Zr ; 2–(Al); 3–розп.; 4–S фаза (Al_2CuMg); 5–T фаза ($\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3$); 6–(Al_2Cu)

Рисунок 3.2 – Технологічна фазова діаграма для сплаву В96Ц з мінімальним вмістом легуючих елементів (а) і збільшений фрагмент діаграми (а).



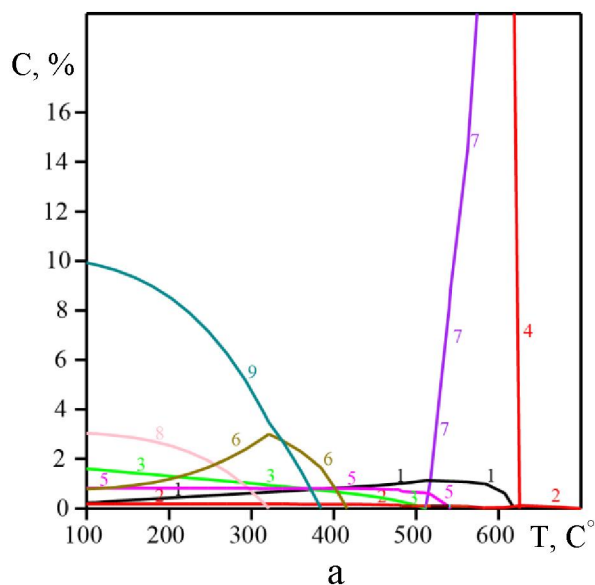
а



б

1— Al_3Zr ; 2—(Al); 4—розп.; 3—S фаза (Al_2CuMg); 5—T фаза ($\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3$); 6—(Al_2Cu)

Рисунок 3.3 – Технологічна фазова діаграма для сплаву В96Ц з максимальним вмістом легуючих елементів (а); збільшений фрагмент діаграми (б).



1– $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$; 2– Al_3Zr ; 3– Al_6Mn ; 4–(Al); 5– Mg_2Si ; 6– ZrSi ; 7–розп.; 8–S фаза (Al_2CuMg); 9– T фаза ($\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3$).

Рисунок 3.4 –Технологічна фазова діаграма для сплаву B96Ц з мінімальним вмістом легуючих елементів і максимально можливим вмістом домішок (0,4%Fe; 0,3%Si; 0,1%Mn) (а); максимальним вмістом легуючих елементів і максимально можливим вмістом домішок (б).

Одержані результати представлено в таблиці 3.2 та на рисунках 3.5-3.12.

Аналіз експериментальних даних показав, що температура перегріву і вміст цинку суттєво впливають на структуру та твердість сплаву системи Al-Mg-Cu.

Чітко просліджуються залежності розміру зерна від температури перегріву (рис. 5, 6, 8). Розмір зерна збільшується приблизно в три рази при перегріванні розплаву до температур 1100 °C або 1150 °C у порівнянні з перегрівом до температури 750 °C.

Наведені експериментальні дані підтверджують той факт, що розмір зерна збільшується при перегріванні розплаву та високих температурах лиття і воно подрібнюється при низькій температурі лиття [19].

В протилежність розміру зерна дендритний параметр (розмір дендритної комірки) зменшується при перегріванні, хоча ця залежність простежується слабо (рис. 7, 8), тому

в майбутньому треба провести додаткові дослідження для з'ясування впливу температури перегрівання на дендритний параметр.

Відомо, якщо на розмір зерна значно впливає температура рідкого металу, то на його внутрішню будову (дендритний параметр) впливає тільки швидкість охолодження [19]; чим вона вища, тим тонше внутрішня будова зерна і тим вище міцність і пластичність сплаву.

При перегріванні розплаву до температури 1150 °C розмір дендритного параметру зменшується в 1,16 та 1,47 рази (рис. 3.5, 3.7) в литих зразках в які цинк вводили за допомогою лігатури та дзвіночком, відповідно.

При введенні цинку в пароподібному стані у неперегрітий розплав при температурі 650 °C за допомогою реактора розмір дендритної комірки литого зразку складає приблизно 25 мкм (табл. 3.1, рис. 3.6), а при перегріванні розплаву до 1100 °C розмір комірки незначно зменшується майже у 1,1 рази до 23 мкм.

Твердість сплаву головним чином залежить від концентрації цинку в литих зразках і вона збільшується при збільшенні концентрації цинку (рис. 3.9). При цьому не замічено суттєвої різниці, як впливає на мікроструктуру та твердість метод введення цинку в розплав системи Al-Mg-Cu (табл. 3.1, рис. 3.10).

Елементне мапування ділянки зразка за допомогою рентгенівського енергодисперсійного мікроаналізу (рис. 3.11) показало, що цинк розподіляється рівномірно по ділянці шліфа і знаходиться в твердому розчині алюмінію.

Елементи магній та мідь згідно проведеним дослідженням входять до складу інтерметалевих сполук Mg_2Si (рис. 3.11) та Al_2Cu (рис. 3.11, 3.12), що узгоджується з попередніми термодінамічними розрахунками та побудованими технологічними фазовими діаграмами (рис. 3)

Таблиця 3.1– Вплив методу введення цинку на розмір зерна, дендритний параметр та твердість.

Метод введення цинку	Номер зразка	Концентрація цинку, мас. %	Температура перегріву, °C	Твердість, НВ	Розмір зерна, мм	Дендритний параметр, мкм
Пара	1	6.53	650	98.1	0.988	25
	2	6.86	750	91.8	±0.231	31
	3	7.76	755	96.1	0.900	22
	4	6.53	930	97.3	±0.124	23
	5	5.43	1000	103	0.333	13.5
	6	5.19	1100	105	±0.036	23
					1.075	
					±0.435	
					0.754	
					±0.345	
					2.814	
					±0.801	
Дзвіночок	1	8.71	1050	123.3	1.796	19
	2	10.12	1000	112.0	±0.445	28
	3	9.44	1150	121.7	1.812	17
					±0.313	
					1.716	
Лігатура					±0.497	
	1	8.22	750	105	1.101	25
	2	11.75	1050	96.1	±0.037	19
	3	6.84	1100	88.4	1.002	20
	4	10.23	1150	109.3	±0.106	21.5
					2.145	
					±0.439	
					3.044	
					±0.313	

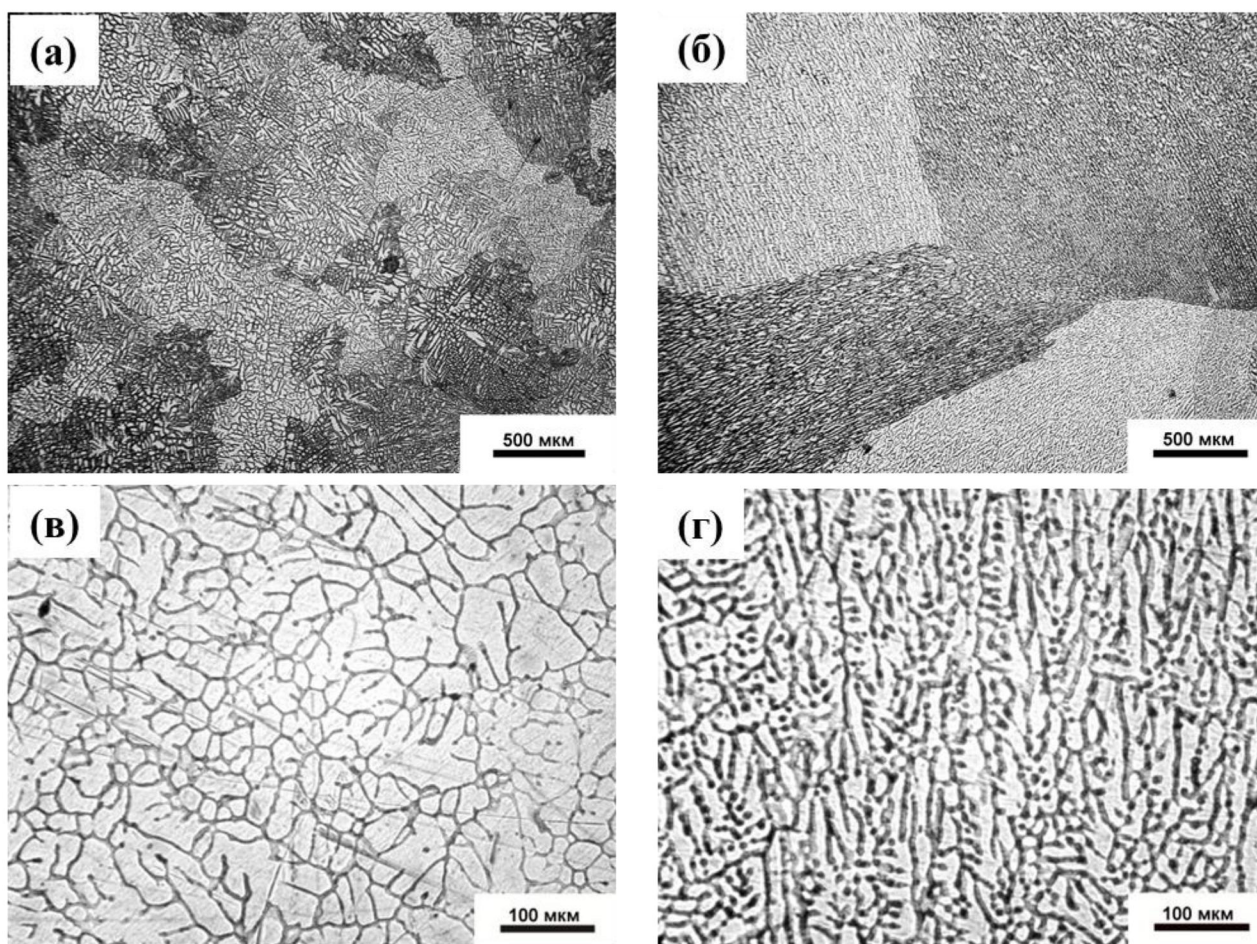


Рис. 3.5– Вплив температури перегріву розплаву системи Al-Zn-Mg-Cu на розмір зерна (р.з.) та дендритний параметр (д.п.) литих зразків: (а), (в) 750 °С, д.п.=25 мкм, р.з.=1,1 мм; (б), (г) 1150 °С, д.п.=21,5 мкм, р.з.=3 мм.

Цинк в рідкий сплав системи Al-Mg-Cu вводили за допомогою лігатури

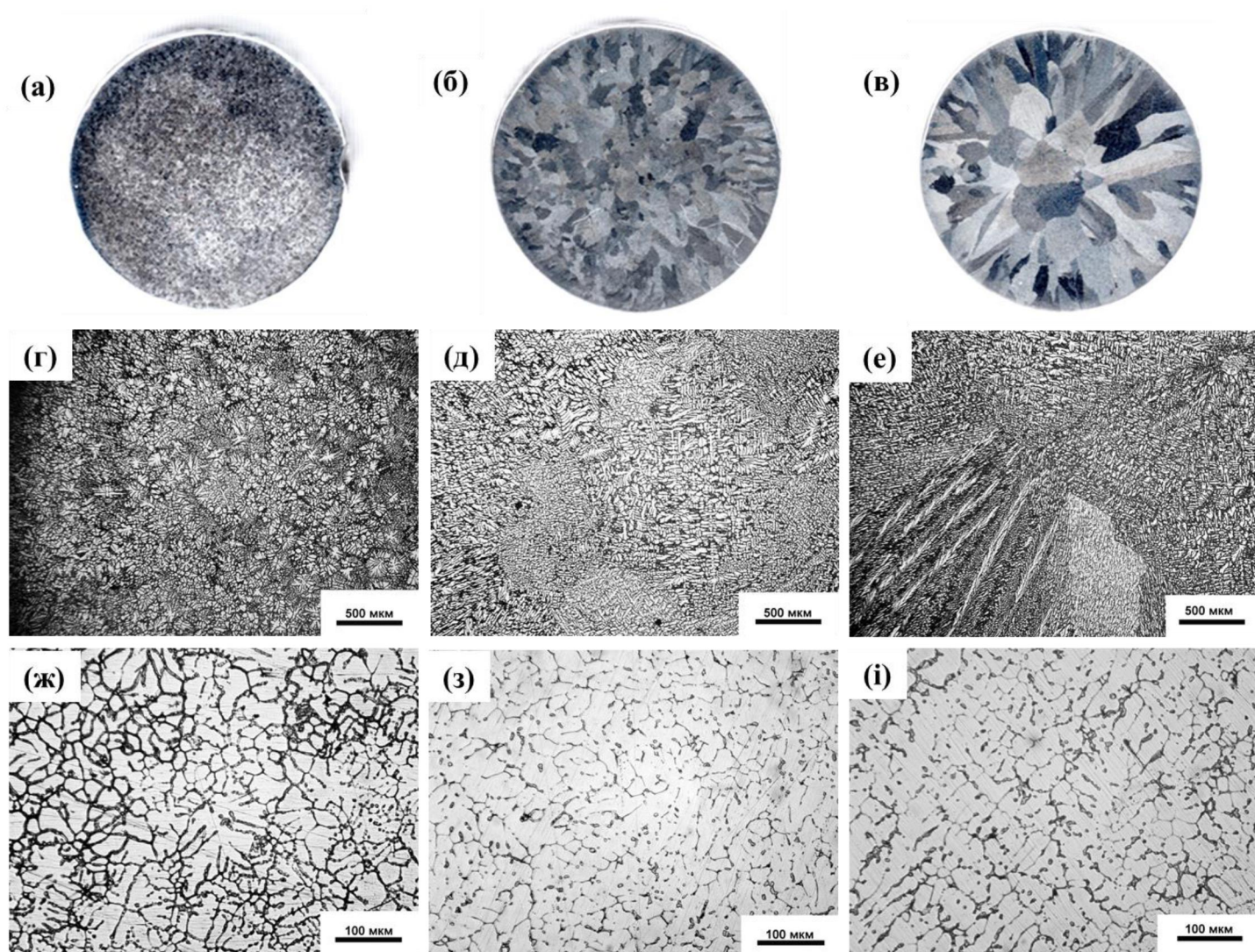


Рис. 3.6 – Вплив температури перегріву розплаву на макро- та мікроструктуру литих зразків із сплаву системи Al-Zn-Mg-Cu: (а), (г), (ж) 750°C; (б), (д), (з) 930°C; (в), (е), (і) 1100°C.

Цинк в рідкий сплав системи Al-Mg-Cu вводили в пароподібному стані за допомогою реактора.

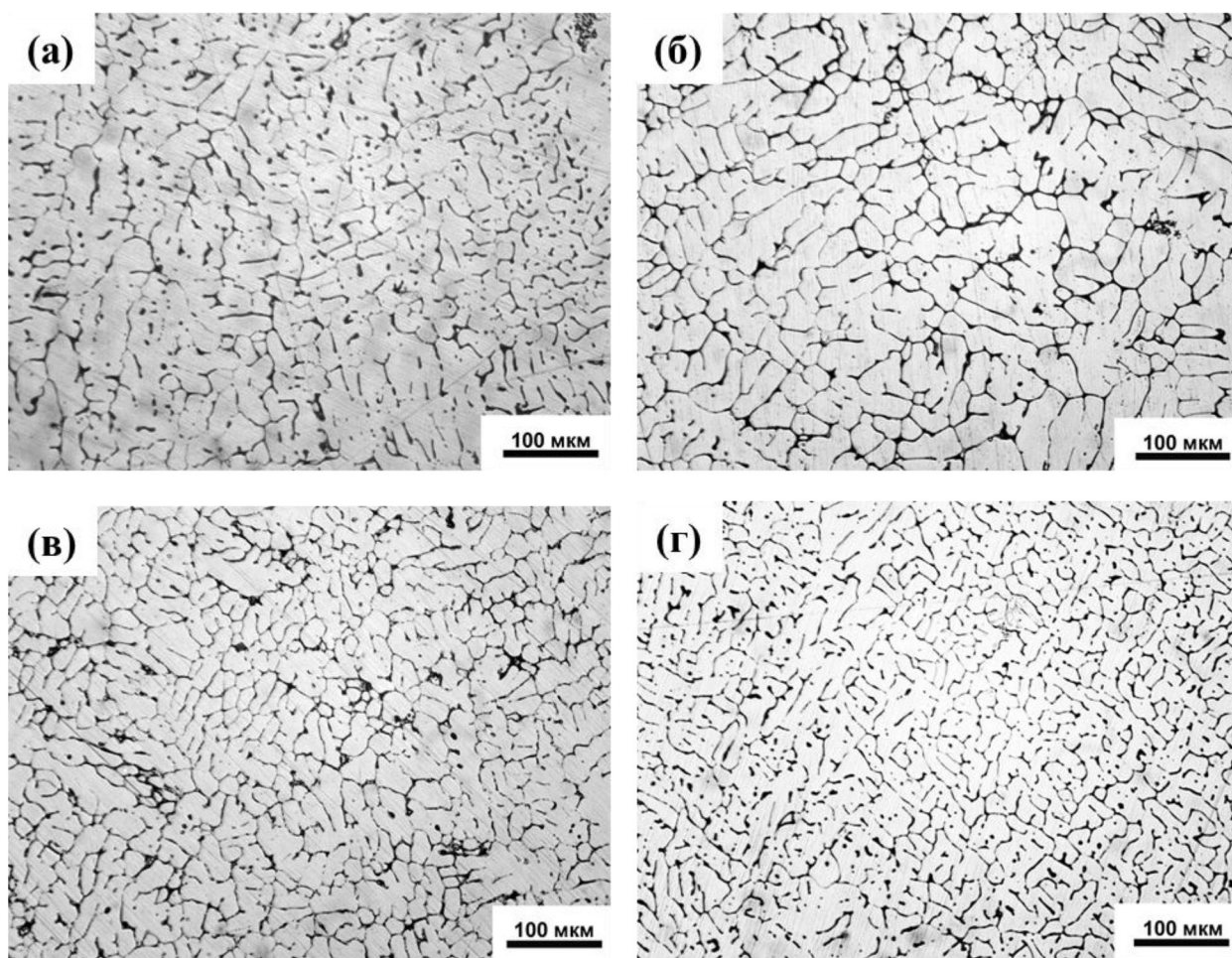


Рис. 3.7 – Вплив температури перегріву розплаву системи Al-Zn-Mg-Cu на дендрітний параметр (д.п.) литих зразків: (а) 750 °С, д.п.=25 мкм; (б) 1000 °С, д.п.=28 мкм; (в) 1050 °С, д.п.=19 мкм; (г) 1150 °С, д.п.=17 мкм. Цинк в рідкий сплав системи Al-Mg-Cu вводили за допомогою дзвіночка.

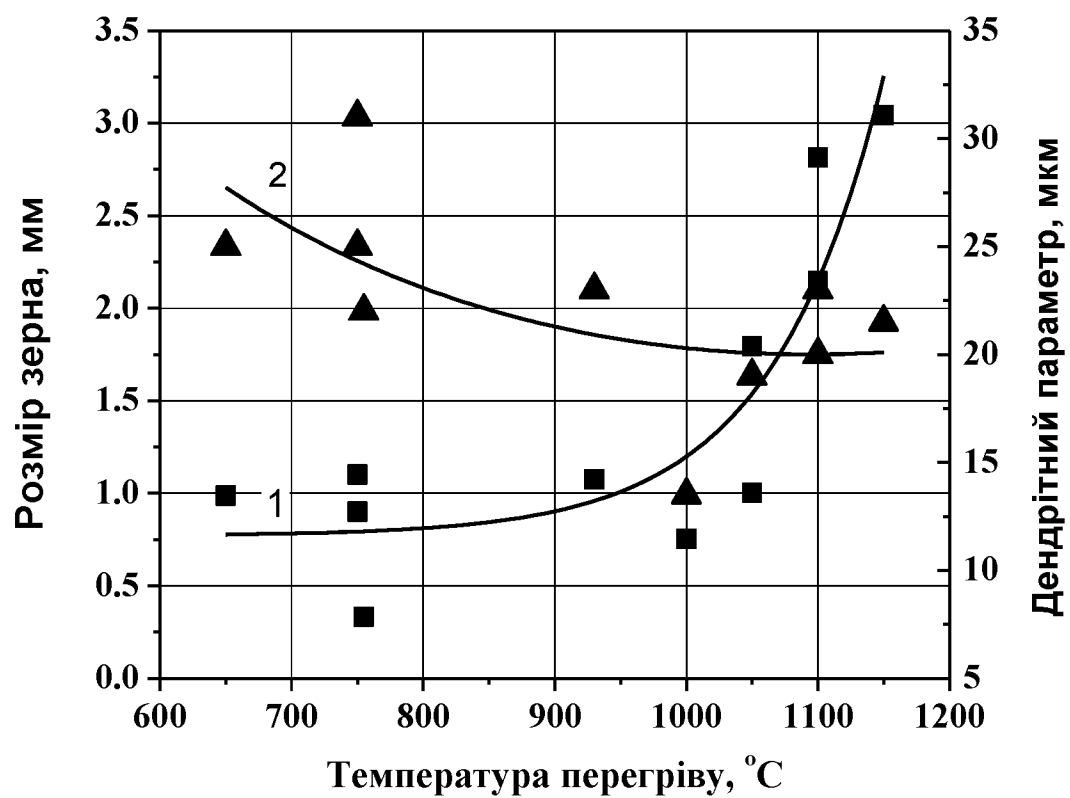


Рис. 3.8 – Вплив температури перегріву рідкого сплаву системи Al-Zn-Mg-Si на розмір зерна (1) та дендритний параметр (2) литих зразків.

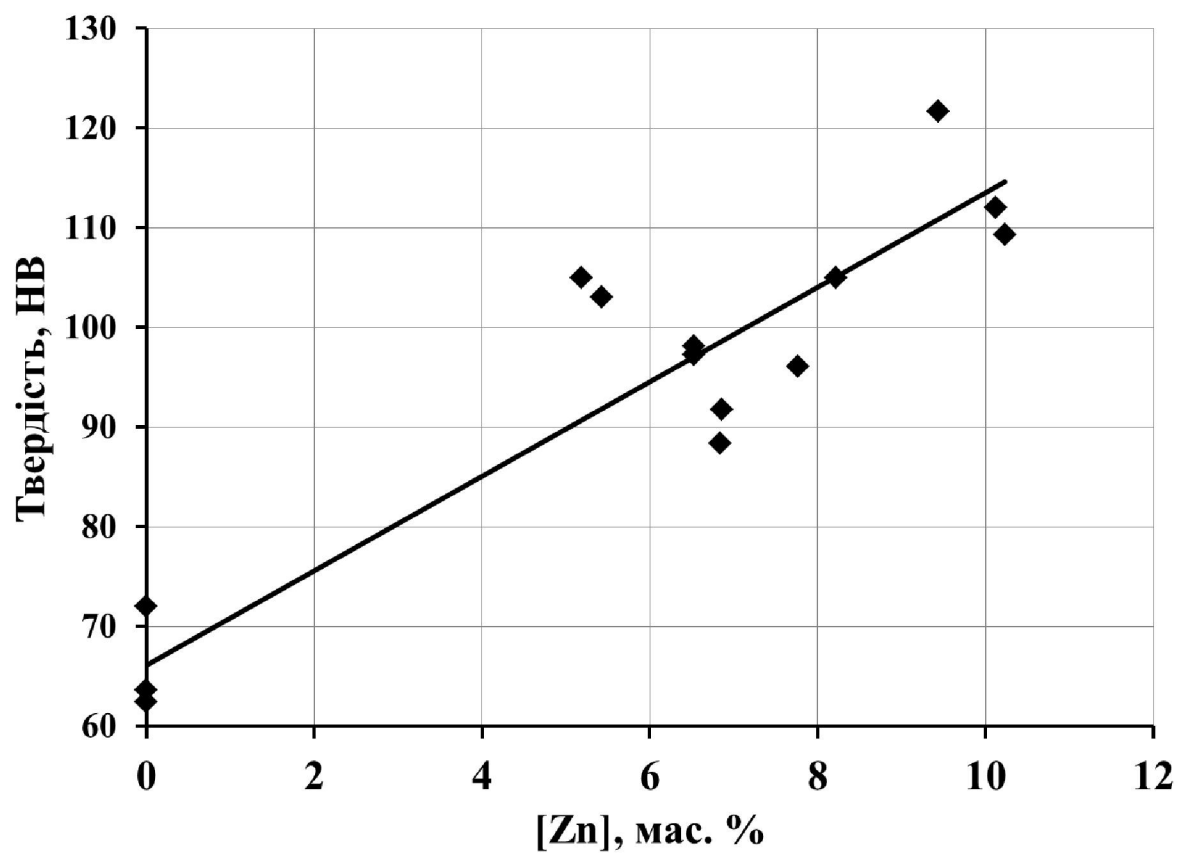


Рис. 3.9 – Залежність твердості від концентрації цинку в литих зразках із сплаву системи Al-Zn-Mg-Cu.

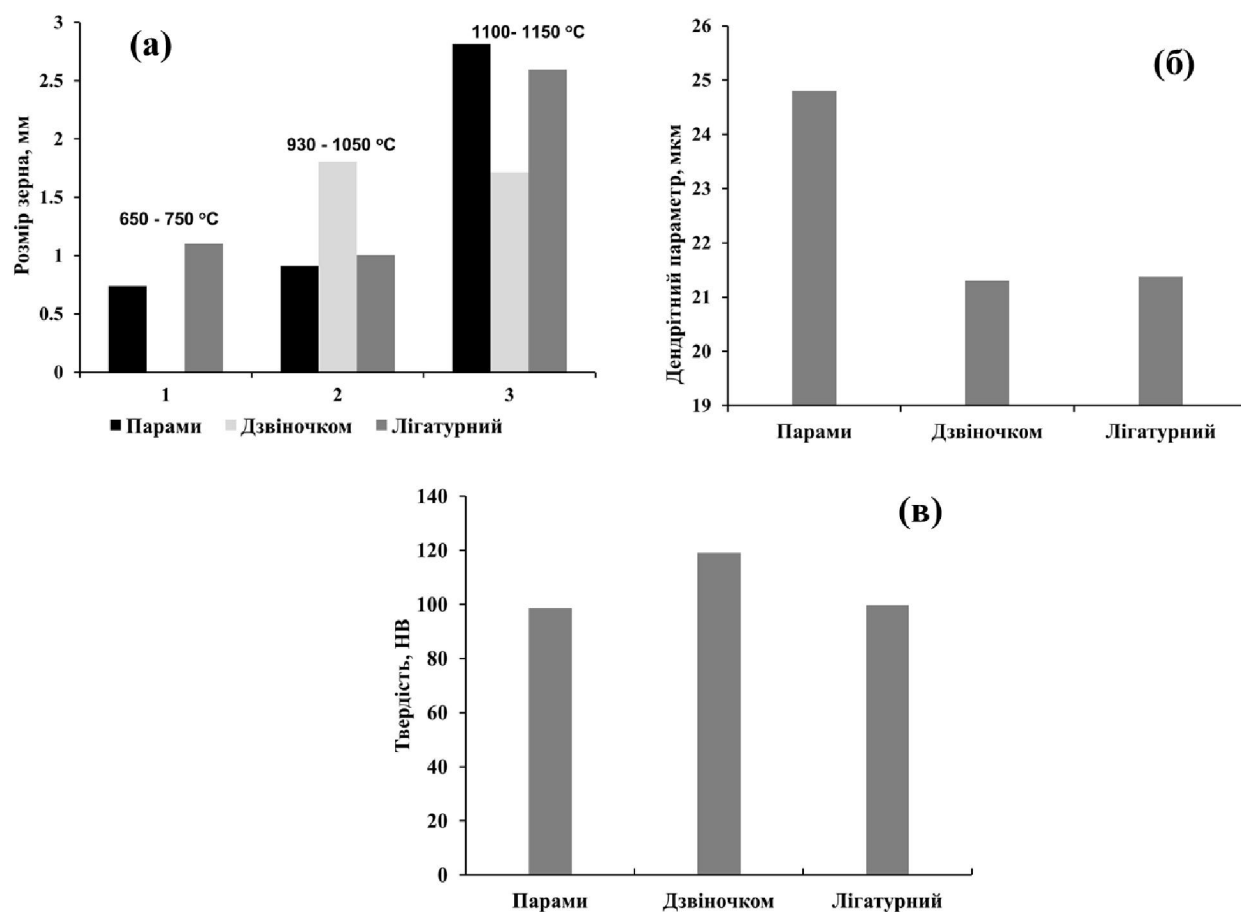


Рис. 3.10 – Вплив метода введення цинку в розплав сплаву системи Al-Mg-Si на розмір зерна (а) дендритний параметр (б), та твердість (в) литих зразків.

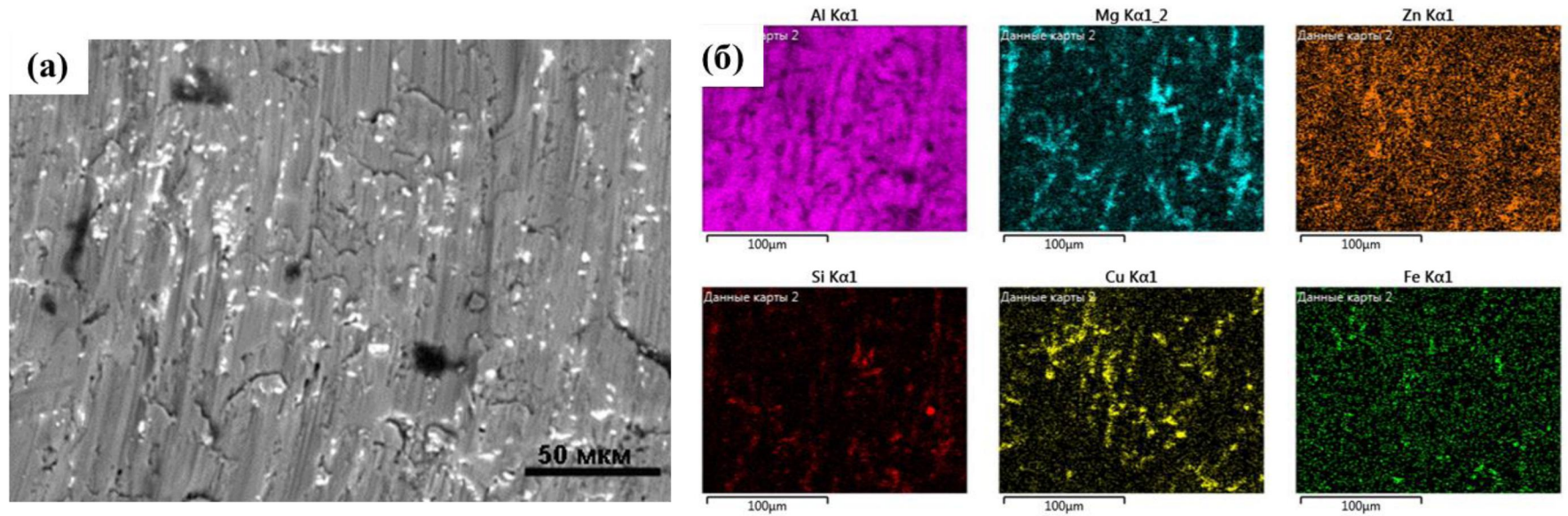


Рис. 3.11 – Цинк в рідкий сплав системи Al-Mg-Cu вводили в пароподібному стані за допомогою реактора;
 (а) електронне зображення зразка №1 у відбитих електронах. (б) мапа розподілу елементів на електронному зображенні (а) (див. табл. 2).

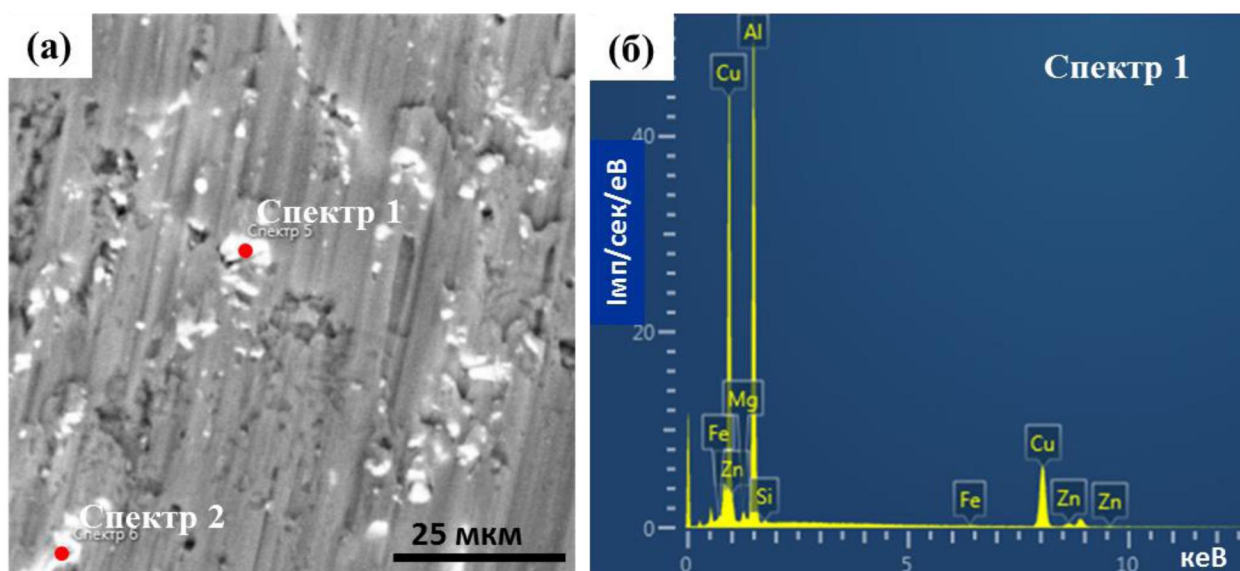


Рис. 3.12 – Цинк в рідкий сплав системи Al-Mg-Cu вводили в пароподібному стані за допомогою реактора; (а) електронне зображення зразка №2 у відбитих електронах. (б) енергорозсіювальний рентгенівський спектр 1 з інтерметалевої фази θ -Al₂Cu на зображенні (б) (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Номер спектру	Елементи, % відносна атомна маса					
	Al	Cu	Zn	Mg	Si	Fe
1	71.55	24.57	1.62	1.81	0.39	0.065
2	74.13	20.74	3.57	1.18	0.25	0.13

Досліджено вплив атомарного цинку на структуру сплаву В96-ц. Цинк в розплав вводили двома способами: 1) за допомогою дзвіночка; 2) за допомогою реактора, який було виготовлено з кварцових труб. В першому випадку розплав перегрівали до температур 1000 °С, 1050 °С, 1150 °С. У другому спочатку Zn розплавлявся, а потім випаровувався при температурі ~ 1100 °С і через кварцову трубу вводився у розплав. Температура заливання розплаву в кокіль була однаковою і складала 750 °С при різних способах введення цинку. Масова частка Zn в твердому сплаві при введенні його дзвіночком складала для різних температур перегріву була наступною: 1000 °С-10,9

мас.%; 1050 °C-8,23 мас.%, 1150 °C-8,78 мас. %, а в сплаві де цинк уводили в пароподібному стані ~ 4,8 мас. %.

Структуру сплавів представлено на рис 1-2. Видно, що зростання температури приводить до збільшення зерна у сплаві, який одержано за допомогою лігатурного методу.

Рис. 3.13 – Вплив температури на структуру сплаву В96-ц при різних



перегрівах (1-вих.; 2-1050 °C; 3-1100 °C; 4-1150°C).

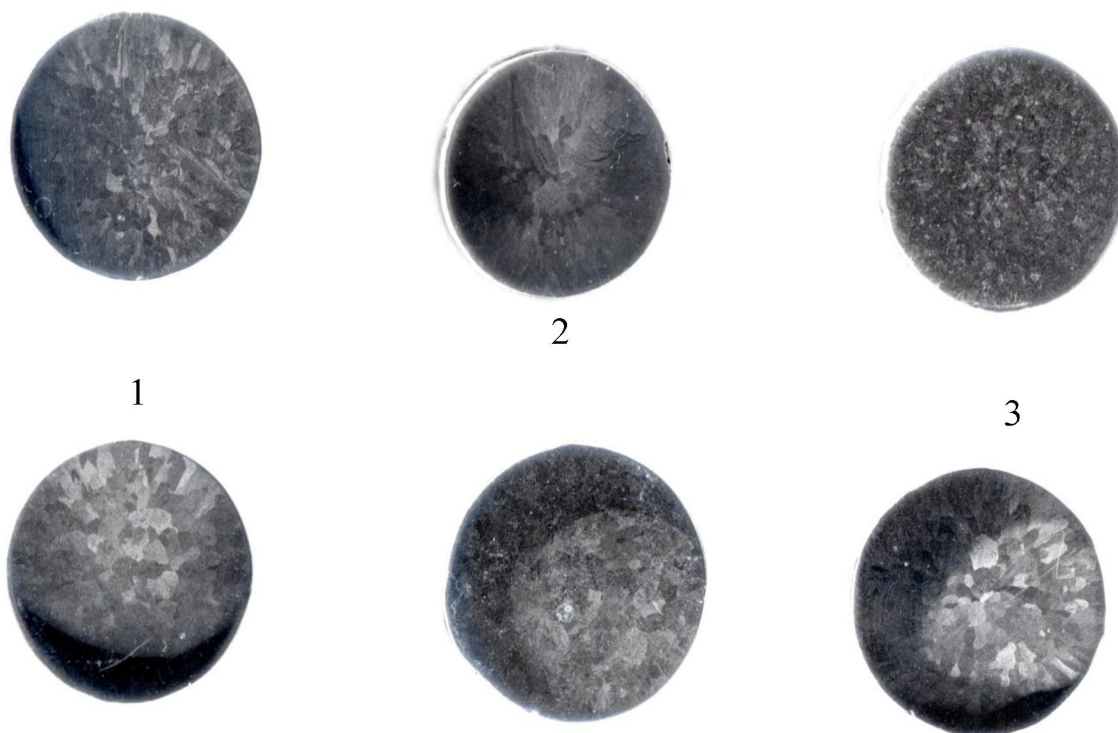


Рис. 3.14 ⁴ – Структура зразків сплавів ⁵ Al-Cu-Mg та ⁶ Al-Cu-Mg-Zn при різних температурах перегріву (1,4-1050 °C; 2,5-1100 °C; 3,6-1150 °C).

3.2 Висновки до 3 розділу

Проведено термодинамічні розрахунки та побудовано технологічні фазові діаграми сплаву системи Al-Zn-Mg-Cu з мінімальними, максимальними концентраціями легуючих елементів та максимально можливим вмістом домішок.

Встановлено, що при максимальному вмісті в сплаві легуючих елементів виділяється фаза S (Al_2CuMg), що збільшує вірогідність утворення гарячих тріщин.

Досліджено вплив цинку на структуру та властивості сплаву системи Al-Mg-Cu, який введено в розплав різними способами. Показано, що на ці характеристики впливають температура перегріву і концентрація цинку, а дії способу введення не помічено.

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування НДР

4.1.1 Науково – технічна актуальність теми дослідження

Перспективи розвитку науково-технічного прогресу та збільшення ефективності народного господарства потребують використання в провідних галузях техніки матеріалів з високим комплексом механічних, фізичних і спеціальних властивостей в широкому інтервалі температур під дією агресивних середовищ, специфічних механічних навантажень і т. п. Останнім часом в різних галузях промисловості використовують сплави на основі алюмінію, які легують аморфними та дрібнокристалічними модифікаторами для підвищення експлуатаційних властивостей.

Більшість видів модифікаторів можна розбити на дві групи. До першої групи відносяться ті, які відіграють роль центрів кристалізації. До цієї ж групи можна віднести створення ефекту модифікування за рахунок руху і вібрації розплаву, коли відбувається руйнування кристалів, які ростуть. Уламки цих кристалів служать новими центрами кристалізації і за рахунок цього відбувається загальне подрібнення зерна.

Друга група пов'язана із утрудненням росту кристалів, яке має місце при введенні тугоплавких сполук, внаслідок чого виникає більш глибоке переохолодження й утворюються нові центри кристалізації.

Подрібнення первинного зерна в алюмінієвих сплавах зі вмістом міді, таких як В95, В96Ц, В93Т1 та ін., досягається введенням в розплав домішок легкоплавких металів – Mg, Zn, Zr.

Однак слід відзначити, що модифікуюча дія тугоплавких елементів багато в чому визначається наявністю в сплаві заліза. В сплавах, які не містять заліза, модифікуюча дія, цирконію і цинку не проявляється.

Таким чином є очевидним стійкий ефект модифікування, який досягається при обробці цинком високоміцних алюмінієвих сплавів різного хімічного складу. Його механізм може мати той самий характер, що й у ливарних сплавах. Однак, і для останніх, як було показано раніше, теорія модифікування введенням в розплав тугоплавких елементів, в тому числі і цинку, сформульована далеко не повністю.

У зв'язку з цим, отримання сплавів на основі алюмінію та покращення їх фізико – механічних властивостей, за рахунок методів введення різних модифікаторів, термічною обробкою, дослідження їх міжфазної взаємодії в системі є актуальним.

4.1.2 Мета і завдання НДР

Основною метою виконання роботи є дослідження впливу технологічних факторів та методів введення Zn на структуру та основні експлуатаційні властивості сплавів на основі алюмінію.

Завданнями магістерської дисертації є:

- Провести аналіз основних публікацій з теми та обґрунтувати напрям досліджень;
- Розробити методику проведення досліджень (табл. 4.3);
- Прийняти участь в процесі одержання високоміцного алюмінієвого сплаву, дослідити фізико-хімічні властивості одержаних модифікаторів;
- Провести дослідження впливу технологічних факторів на структуру сплавів системи Al-Mg-Cu;
- Дослідити вплив методів легування на структуру та фізико - механічні властивості сплавів на основі алюмінію;
- Оброблення експериментальних даних за допомогою ПЕОМ.

4.2 Розрахунок планової собівартості проведення дослідів

Дана науково-дослідна робота виконується на Фізико-технологічному інституті металів та сплавів у відділі фізико-хімії сплавів. Планова собівартість визначається за наступними видатковими статтями:

- витрати на основні матеріали, необхідні для проведення НДР;
- витрати на спецобладнання, необхідне для проведення експерименту;
- витрати на заробітну плату персоналу;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на службові відрядження;
- витрати на послуги сторонніх організацій;
- накладні витрати.

4.2.1 Витрати на основні матеріали, необхідні для проведення НДР

До цієї статті витрат відносяться витрати на придбання основних матеріалів та напівфабрикатів.

Ціну матеріалів визначають за плановими цінами.

Для отримання сплавів в якості компонентів шихти були використані наступні шихтові матеріали: Cu, Mg, Al, Zr.

Дані про основні матеріали наведені в табл. 4.1

Табл. 4.1 Вартість основних матеріалів

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5
Cu M0	кг	10	240	2400
Al85	кг	10	85	850
Mg	кг	5	27	135
Zn _{чушковий}	кг	10	132	1320
Zr _{йодидний}	кг	2	600	1200
Всього:	кг	37	-	5900

Транспортні витрати приймаємо в розмірі 10% від ринкової вартості: $5900 \cdot 0,1 = 590$ грн.

Повна сума витрат на матеріали: $5900 + 590 = 6490$ грн.

4.2.2 Витрати на спеціальне обладнання та прилади

В роботі використовувались прилади та обладнання: вакуумна індукційна піч, мікроскоп марки “EPIQVANT”, ноутбук ACER 5720G.

Дане обладнання вже було придбано раніше і використовується для виконання інших НДР, тому витрати на утримання та експлуатацію обладнання відносяться до статті «накладні витрати».

4.2.3 Зарплата виконавців по темі, основна та додаткова

Витрати за цією статтею складаються з основного та додаткового фонду заробітної плати.

Розрахунок витрат основної заробітної платні ведеться на основі даних по трудомісткості виконання окремих етапів НДР та денної заробітної платні виконавців (табл.4.2).

Табл. 4.2 Розрахунок денної заробітної платні виконавців теми

Виконавець	Місячний оклад, грн.	Денна ЗП, грн.
1	2	3
Відповідний виконавець теми	13200	622,64
Інженер І категорії	5100	240,56
Студент-дослідник	-	-

Тривалість різних етапів виконання НДР наведена в табл. 4.3.

Табл. 4.3 Трудомісткість різних етапів виконання науково дослідної роботи

Етапи НДР	Трудомісткість, людино/день		
	Доктор технічних наук	Інженер І категорії	Інженер - Дослідник (студент)
1	2	3	4
Аналіз основних публікацій з теми та обґрунтування напрямів дослідження	-	10	15
Розробка методик	5	5	15
Підготовка обладнання	-	4	10
Виготовлення зразків для досліджень	-	4	15
Визначення фізико-механічних характеристик	-	5	10

Продовження таблиці 4.3

Металографічний аналіз	-	4	15
------------------------	---	---	----

Обговорення результатів та оформлення НДР	5	3	15
Разом	10	35	95

Величина основного фонду заробітної платні (ПФЗП) визначається як добуток трудомісткості на денну заробітну платню виконавця:

$$\text{ПФЗП} = 10 * 622,64 + 35 * 240,56 + 95 * 0 = 14646 \text{ грн.}$$

$$\text{ПФЗП} = 14646 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата (ДФЗП) складає 30% від основної заробітної плати.

$$\text{ДФЗП} = \text{ОЗП} * 0,3 = 4393,08 \text{ грн.}$$

Сума прямого та додаткового фондів заробітної платні:

$$\text{ПФЗП} + \text{ДФЗП} = 14646 + 4393,08 = 19039,08 \text{ грн.}$$

4.2.4 Єдиний соціальний внесок

Норматив єдиного внеску складає 22 % від суми основної та додаткової заробітної платні:

$$V_c = (\text{ПФЗП} + \text{ДФЗП}) * 0,22 = 19039,08 * 0,22 = 4188,59 \text{ грн.}$$

4.2.5 Витрати на службові відрядження

Згідно з планом даної НДР службові відрядження не передбачаються.

4.2.6 Витрати на послуги сторонніх організацій

Згідно з планом даної НДР послуги сторонніх організацій не передбачаються.

4.2.7 Накладні витрати

До накладних витрат відносять:

- заробітна платня адміністративно - управлінського господарського обслуговуючого персоналу з нарахуванням єдиного соціально внеску;
- витрати на придбання науково – експериментального обладнання та приладів;
- витрати по охороні праці та на техніку безпеки;
- витрати на утримання існуючих приладів, устаткування та установок;
- витрати на воєнізовану охорону;
- інші загальногосподарські та дослідницькі витрати.

За нормативами для ФТІМС НАН України величина накладних витрат складає 20% від основної заробітної платні персоналу науково дослідницької роботи .

$$H_B = 14646 * 0,20 = 2929,5 \text{ грн.}$$

4.2.8 Планова кошторисна вартість НДР

Кошторисна вартість (собівартість) теми розраховується по ряду елементів, які наведено в грн. 4.4.

Таблиця 4.4 – Планова кошторисна вартість НДР по темі

Назви калькуляційних статей	Позначення	Сума грн.	Примітки
1	2	3	4
Пряма та додаткова зарплатня персоналу	$Z_{\text{пд}}$	19039,08	За розрахунком
Відрахування на соціальні заходи	B_c	4188,59	22 % від ЗП
Витрати на матеріали	C_m	6490	За розрахунком
Витрати на обладнання	$C_{\text{об}}$	-	Не планується
Витрати на службові відрядження	C_v	-	Не планується
Роботи та послуги сторонніх організацій	C_i	-	Не планується
Накладні витрати	H_v	2929,2	20 % від заробітної плати
Разом	$Z_{\text{НДР}}$	32646,87	-

4.3 Економічна ефективність НДР

Розрахунок очікуваного економічного ефекту НДР необхідний для визначення доцільності проведення даної роботи. Однак, економічний ефект може бути розрахований тільки по частинам НДР, які безпосередньо націлені на створення нових механізмів, покращення параметрів та якості продукції, а також створення нових матеріалів.

За основний показник ефективності фундаментальних досліджень беруть науково-технічний ефект. Науково-технічний ефект $E_{\text{нх}}$ пошукових та прикладних досліджень кількісно визначають узагальненим показником, який враховує рівень часткових показників: новизну, перспективність та ступінь реалізованості наслідків НДР.

Узагальнений показник можна визначити за допомогою оцінок, виражених у балах:

$$E_{nt} = \sum_{j=1}^3 R_j Q_j, \quad (4.1)$$

де R_j - коефіцієнт вагомості новизни (0,4), перспективності (0,2) та реалізованості наслідків НДР (0,4);

Q_j - новизна, перспективність та реалізованість, балів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 — Оцінка науково-технічного ефекту НДР

Показник НДР	Характеристика результатів	Бали
Новизна	Техніко-економічні показники нової технології на галузевому рівні	7
Перспективність	Технологія може бути впроваджена в атомній та авіа промисловості	7
Реалізованість	Термін впровадження нової технології – до 2 років	10

Узагальнений показник: $E_{nt} = 7*0.4 + 7*0.2 + 10*0.4 = 8,2$ балів.

Висновок: науково-технічна ефективність даної НДР – дуже висока.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Мета розділу

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, забезпечуючи безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини в процесі труда.

Охорона праці як наука складається з таких розділів: виробнича санітарія, електробезпека, пожежо та вибухобезпека, техніка безпеки.

Охорона праці є необхідною складовою будь-якої роботи, тому що при умовах, що не відповідають нормам встановленими законодавчими актами, погіршується якість і продуктивність роботи, погіршується самопочуття та здоров'я працівників.

Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які присутні при виконанні роботи, та розробка заходів, спрямованих на їх усунення та забезпечення нормальних умов праці [1].

Розглянемо питання охорони праці при виконанні науково-дослідної роботи за темою: “ Вплив технологічних факторів та методів вводу цинку на структуру сплаву системи Al-Mg-Cu-Zn ”.

5.2 Організація охорони праці на підприємстві

Закон про «Охорону праці» чітко визначає, що відповідальним за створення на кожному робочому місці, в кожному структурному підрозділі умов праці відповідно до НПАОН, а також забезпечення дотримання вимог законодавства щодо прав працівника у галузі охорони праці на підприємстві є роботодавець.

Служба охорони праці в ФТІМС НАН України створена роботодавцем на підприємстві з кількістю працівників 50 і більше. Служба охорони праці підпорядковується безпосередню директору інституту.

Комплектується спеціалістами, які мають повну вищу освіту та також роботи за профілем виробництва не менше 3 років. Ліквідація служби допускається тільки в разі ліквідації інституту.

Відповідальність за охорону праці на дослідницько-виробничих дільницях безпосередньо несе завідувач цих дільниць.

Всі працівники при прийомі на роботу і в процесі роботи на ФТІМС НАН України проходять інструктаж з охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки при виникненні аварій відповідно до типового положення про навчання з питань охорони праці, яке затверджено наказом Комітету з нагляду за охороною праці України від 17 лютого 1999 року №17.

Відповідно до ст. 49 Закону України «Про охорону праці» за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці і представників професійних спілок винні працівники притягаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законодавством.

Працівники зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безкоштовно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням.

Мають право на оплачувані відпустки, санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги і компенсації, що надаються в порядку, визначеному законодавством.

У разі роз'їзного характеру роботи працівникові виплачується грошова компенсація на придбання лікувально-профілактичного харчування.

Роботодавець може за свої кошти додатково встановлювати за колективним договором (угодою, трудовим договором) працівникові пільги і компенсації, не передбачені законодавством.

Протягом дії укладеного з працівником трудового договору роботодавець повинен, не пізніше як за 2 місяці, письмово інформувати працівника про зміни виробничих умов та розмірів пільг і компенсацій, з урахуванням тих, що надаються йому додатково.

5.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні НДР

При виконанні науково-дослідної роботи використовувалось таке обладнання:

- ВЧІ-15;
- обчислювальна техніка (ПК);
- периферійні пристрої зняття та виводу інформації;
- мікроскоп марки “EPIQVANT”

Усі прилади живляться напругою 220 В і 380 В.

Матеріали, які використовувались при виконанні НДР: багато компонентні сплави на основі Al.

Перелік шкідливостей, що виникають при виконанні даної НДР.

Небезпека травмування. Джерелом такої небезпеки є усе вище назване обладнання лабораторії.

Недостатнє освітлення.

Наслідками недостатнього освітлення в лабораторії є висока втомлюваність та збільшення ризику травмування.

Невідповідність мікроклімату.

Мікроклімат визначає температуру повітря приміщення, відносну вологість повітря, рухливість повітря, теплове випромінювання, не відповідність встановленим нормам цих параметрів призводить до зниження працездатності та високій

втомлюваності, а також може призвести до погіршення фізичного здоров'я працівників.

Шкідливий вплив електромагнітних полів. Джерелом електромагнітних полів є відео-дисплейні термінали (монітори).

Шкідливий вплив виробничого шуму і вібрацій.

Від шуму створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає ззовні.

5.4 Організація робочого місця

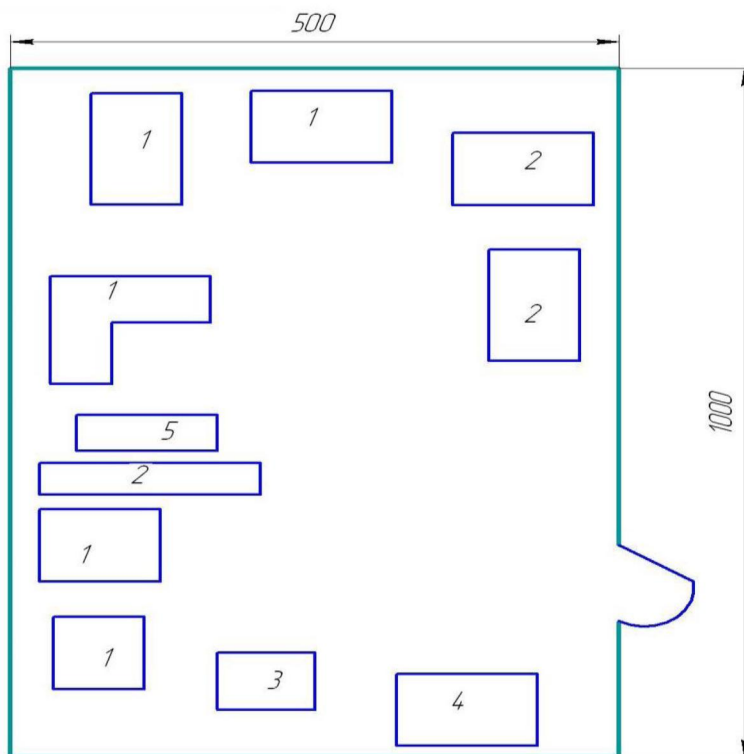
Вибір типу приміщення визначається технологічним процесом, можливістю боротьби з шумом, вібраціями, випромінюванням та забрудненням повітря. Наявність світлових отворів повинна забезпечувати гарне природне освітлення. Обов'язковим є наявність системи повітрообміну.

Площа кімнати складає – 50 м^2 , об'єм – 150 м^3 . Водночас протягом робочої зміни, в приміщенні знаходиться 6 працівників, тобто на одну людину припадає площі – $8,33 \text{ м}^2$, а об'єму – 25 м^3 . Це не суперечить вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98, згідно якого на одну людину повинно припадати площі не менш як 6 м^2 , об'єму 20 м^3 .

Згідно того ж ДСанПіН 3.3.2.007-98, приміщення відділу розташоване на першому поверсі будівлі з вікнами які виходять на схід.

- вікна розміщені ліворуч від відео-дисплейних терміналів (моніторів ПК).
- приміщення має природне та штучне освітлення.
- для внутрішнього оздоблення приміщення використані дифузні матеріали з коефіцієнтом відбиття для стелі – 0,8; для стін – 0,6; для підлоги – 0,4.
- опалення приміщення виконано згідно санітарно-гігієнічних норм.
- підлога рівна, без вибоїн, неслизька, має антистатичні властивості.

План приміщення представлений на рис. 5.1.



1-робочий стіл; 2-шафа; 3-вакуумний насос; 4-індукційна піч (ВЧІ-15); 5-мікроскоп

Рисунок 5.1- Схема дослідницько-виробничої дільниці

5.5 Мікроклімат

Всі дані нормуються документом “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат визначає наступні параметри: температура повітря приміщення, $^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря, %; рухливість повітря, м/с; теплове випромінювання, Вт/м.

Температура повітря в приміщенні залежить в основному від виробничого процесу, при здійсненні якого, як правило, завжди виділяється теплота. У лабораторному відділі головним джерелом тепла є ПЕОМ, також в теплий період року необхідно враховувати теплове сонячне випромінювання.

Відносна вологість характеризує вологість повітря при визначеній температурі. Середній рівень відносної вологості 40-60 % відповідає умовам комфорту при спокої чи дуже легкій фізичній роботі.

Рухливість повітря, збільшуючи інтенсивність випаровування, може мати позитивне значення з погляду фізичного охолодження лише до температури повітря 35...36 °C.

Підтримання заданого рівня параметрів мікроклімату забезпечується за допомогою опалення(водне) в холодну пору року та провітрювання приміщення шляхом природного повітрообміну.

Стан повітряного середовища характеризується концентрацією шкідливих речовин у повітрі, та повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88 “Повітря робочої зони, загальні санітарно гігієнічні вимоги”.

Робота ПЕОМ та персоналу відділу не супроводжується створенням пилу, газів або пару. Тому чистота повітря забезпечується природнім повітрообміном та провітрюванням.

Отже параметри нашого робочого місця відповідають нормам ДСН 3.3.6.042-99.

5.6 Розрахування природного і штучного освітлення

Залежно від джерел світла освітлення може бути:

- природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу;
- штучним, що створюється електричними джерелами світла;
- суміщеним, при якому недостатнє за нормативами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяють на таке:

- бокове, що здійснюється через вікна в зовнішніх стінах;
- верхнє, здійснюється через ліхтарі в покрівлі;
- комбіноване – поєднання верхнього та бокового.

Штучне освітлення може бути зональним та комбінованим. Місцеве освітлення створюють світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Нормативні значення коефіцієнтів природного освітлення наведені в ДБН. В.2.5-28-2006 залежно від розряду зорової роботи (IV розряд – зорова робота середньої точності для об'єктів від 0,5 до 1,0 мм).

Для освітлення лабораторії в світлий період доби застосовують природне бокове освітлення, яке потрапляє крізь віконні прорізи. Коефіцієнт природного освітлення складає 1,5% (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. 1, розряд IV). У темний період доби застосовують штучне освітлення, для якого використовуються газорозрядні лампи. Вони забезпечують освітлення при загальному освітленні $E = 500$ лк (IV розряд, підрозряду). При тривалій роботі на погано освітленому робочому місці зорове сприйняття знижується, розвивається короткозорість, з'являються захворювання очей та головні болі.

Внаслідок постійної напруги зору настає зоровестомлення та втрата уваги, що сприяє неточності виконання робіт і травматизму. Тривала робота при високому освітленні може призвести до світлобоязні – підвищеної чутливості очей до світла з характерними сльозотечіями, запаленням слизистої оболонки та роговиці ока.

5.6.1 Природне освітлення

Природне освітлення розраховуємо, починаючи з визначення площі світлових отворів, що мають забезпечити в приміщенні нормативні значення КПО (коефіцієнта природного освітлення).

При боковому освітленні розрахунок здійснюють за формулою:

$$100(S_v / S_p) = (e_H \cdot K_z \cdot h_v \cdot K_b) / (\tau_b \cdot r), \quad (5.1)$$

де S_v , S_p – відповідно площі вікон і підлоги в приміщенні, m^2 ;

e_H – нормоване значення КПО;

K_z – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлопропускання вікон і середовища в приміщенні; $K_z = 1,2 \dots 1,5$ (ДБН. В.2.5-28-2006 табл. 3 п.3б).

h_v – світлова характеристика вікон, залежить від співвідношення розмірів приміщення; $h_v = 16,5 \dots 66,0$.

K_b – коефіцієнт, який враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти; $K_b = 1,0 \dots 1,7$.

τ_b – загальний коефіцієнт світлопропускання;

$$\tau_b = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5.2)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, $\tau_1 = 0,8$ (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. Л.3);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі, $\tau_2 = 0,7$;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних конструкціях, $\tau_3 = 0,8$;

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, $\tau_4 = 1,0$ (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. Л.4);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється ліхтарями, $\tau_5 = 0,9$;

r – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення та прилеглих будівель, $r = 1,0 \dots 10$.

Для приміщення лабораторії будемо мати таке значення e , для розраховування якого використовуємо такі вихідні дані:

– площа підлоги $S_p = 50 \text{ м}^2$;

– площа вікон $S_v = 5,8 \text{ м}^2$;

– коефіцієнт запасу $K_z = 1,2$;

– світлова характеристика вікон, залежить від відношення розмірів приміщення (довжини до глибини та глибини до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна) $h_v = 9,0$ (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. Л.1, відношення $L/B \sim 2$, $B/\Delta H \sim 1,5$);

– $K_b = 1,7$;

– загальний коефіцієнт світло пропускання:

$$\tau_b = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,4;$$

– $r = 1,2$; $\rho_{\text{стелі}} = 0,7\%$; $\rho_{\text{стін}} = 0,4\%$; $\rho_{\text{підл.}} = 0,2\%$ (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. Л.5, бокове освітлення, $p_T=0,4$, $l/B=0,5$, $B/\Delta H=1,5 \dots 2,5$).

Таким чином:

$$13,3 = e \cdot 1,2 \cdot 9,0 \cdot 1,7 / 0,4 \cdot 1,2$$

$$e = 13,3 \cdot 0,4 \cdot 1,2 / 9,0 \cdot 1,2 \cdot 1,7 = 0,35\%$$

Знайдемо нормоване значення КПО при боковому освітленні:

$$e_H = e_n \cdot c, \quad (5.3)$$

де згідно з ДБН. В.2.5-28-2006

e_n – значення коефіцієнта природного освітлення становить 1,5%;

c – коефіцієнт сонячного клімату, який залежить від зорієнтованості світлових отворів за сторонами світу, становить 0,85 (вікна виходять на схід).

Таким чином:

$$e_H = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275\%$$

Висновок: оскільки нормою для робіт IV розряду при боковому природному освітленні є значення $e_H = 1,275\%$, а отримане нами значення не задовольняє цій умові ($e = 0,35\%$) і оскільки $e < e_H$, то можна зазначити, що природного освітлення недостатньо. Щоб це компенсувати, необхідно застосовувати штучне освітлення або робити більше вікон з більшими розмірами, під час проектування та будівництва нових приміщень для лабораторії.

5.6.2 Штучне освітлення

Завдання світлотехнічного розраховування системи штучного освітлення полягає у визначенні потужності джерел світла за заданою освітленістю або у визначенні за заданим розміщенням світильників і відомій потужності джерел світла освітленості на розрахунковій площині і розподілення яскравості в полі зору.

У нашому випадку забезпечення штучного освітлення здійснюється за допомогою джерел штучного освітлення, для якого використовуємо світильник типу

ЛПО 12 2×40 з двома газорозрядними люмінесцентними лампами низького тиску типу ЛДЦ-40 (81-МЭК-1315-1 за ГОСТ 6825-91).

Розрахування штучного освітлення здійснюємо за методом світлового потоку. При розрахуванні за цим методом враховуємо як пряме так і відбите світло. Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік світильника, має такий вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / N \cdot n \cdot \eta, \quad (5.4)$$

де E – нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м^2

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,15$ для люмінесцентних ламп розжарювання);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для приміщення лабораторії маємо:

– $S = 50 \text{ м}^2$;

– коефіцієнт запасу $K_3 = 1,4$ (ДБН. В.2.5-28-2006, табл. 3, п.3б, група світильників 1-4);

– коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z = 1,1$, оскільки лампи люмінесцентні;

– $N = 18$ шт.;

– η визначаємо за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення і коефіцієнта відбиття стін:

$$i = a \cdot b / h(a + b), \quad (5.5)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота світильника над робочою поверхнею, м;

Для нашого приміщення: $a = 10$ м; $b = 5$ м; $h = 3$ м.

$$i = 10 \cdot 5 / 3 \cdot (10 + 5) = 0,91$$

Вибираємо значення $\eta = 0,51$ для ламп ЛДЦ-40; $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 20\%$. Задаємося значенням світлового потоку $\Phi_{\text{л}} = 2300$ лм.

$$E = \Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta / S \cdot K_3 \cdot Z, \quad (5.6)$$

$$E = (2300 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 0,51) / (50 \cdot 1,4 \cdot 1,15) = 532 \text{ лк}$$

Оскільки нормою для штучного освітлення при загальному освітленні є значення $E = 500$ лк, то в нашому приміщенні достатньо штучного освітлення, оскільки розраховане значення $E = 532$ лк.

Таким чином, можна сказати, що нестача природного світла буде компенсуватись штучним освітленням.

Висновок: оскільки нормою для штучного освітлення при загальному освітленні є значення $E = 500$ лк, то в нашому випадку приміщення достатньо штучного освітлення, оскільки розраховане значення $E = 532$ лк. Отже, нестача природного світла буде компенсуватись штучним освітленням.

5.7 Шум, вібрація

Джерелом шуму в даній лабораторії є обчислювальна техніка (ПК), установка для дослідження міжфазної взаємодії методом лежачої краплі.

Вимоги щодо забезпечення оптимального значення шуму приведені в документі ДСН 3.3.6-037-99 “Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях”.

Забезпечення зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму проникаючого ззовні, є дуже важливою задачею. Зниження шуму забезпечується застосуванням пружних прокладок між підлогою машини, приладу й опорною поверхнею. Як прокладки використовуються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які коврики із синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, повсті, товщиною 6...8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин. Можливо також застосування звукоізолюючих кожухів, що не заважають технологічному процесу.

Раціональне планування приміщення є важливим чинником, що дозволяє знизити шум при існуючому лабораторному устаткуванні. Приміщення для сервісної апаратури розташовуване в далечині від шумливого і вібруючого устаткування.

Зниження рівня шуму, що проникає у виробниче приміщення ззовні, досягнуто збільшенням звукоізоляції конструкцій вікон, дверей.

5.8 Виробничі випромінювання

Дані про виробничі випромінювання нормуються документом: Санітарні правила і норми “Гігієнічні вимоги до відеодисплейних терміналів і ПЕОМ і організації роботи” ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Конструкція ПЕОМ забезпечує потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання в будь-якій точці на відстані 0,05 м від екрана і корпусу монітора, при будь-яких положеннях регульовальних пристроїв, яка не повинна перевищувати 100 мкР/година.

5.9 Електробезпека

Згідно із діючими правилами використання електрообладнання та ГОСТ 12.1.030-81 приміщення лабораторій з точки зору безпеки ураження людини електричним струмом відносяться до приміщення з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом: можливе одночасне доторкання до металевих заземлюючих предметів і корпусів електроустановок, в результаті цього може бути ураження електричним струмом [6].

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

1. Доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус, ушкодження ізоляції або іншої несправності.
2. Потрапляння під напругу під час проведення ремонтних робіт на вимкненому обладнанні за причиною помилкового включення або з причини недотримання часу, необхідного для зняття електричних зарядів з високовольтних шин, розрядки конденсаторів.

Вплив електричного струму на організм може мати небезпечні для здоров'я людини наслідки і навіть привести до смерті. Ймовірність смертельного випадку при поразці електричним струмом вища, ніж при інших причинах травматизму.

На дію електричного ураження впливає ряд факторів:

- пошкодження ізоляції;
- іскріння дуг;
- доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус.

При розробці захисних заходів, вважають травматичним струм у 25 мА, при якому важко самотійно відірватися від провідника, а струм величиною 100 мА може привести до смертельного результату.

Джерелом небезпеки ураження струмом або виникнення замикання на плавительно-заливальної дільниці є індукційні тигельні печі та трансформатори ливарного комплексу.

В даній лабораторії заземленню підлягають установка для дослідження поверхневих властивостей методом лежачої краплі, вакуумна індукційна піч, мікроскоп марки "EPIQVANT".

Корпуси обладнання з'єднуються з внутрішнім контуром заземлення заземлюючим проводом (рис. 5.2), який приєднується до внутрішньої магістралі та корпусів методом гвинтового з'єднання з застосуванням антикорозійних заходів. Схема заземлення показана на рис. 4.3.

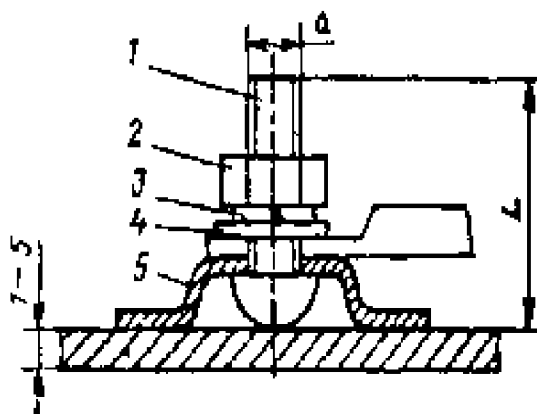


Рисунок 5.2 Зажим типу ЗВП: 1 – гвинт по ГОСТ 17473; 2 – гайка по ГОСТ 5915 або ГОСТ 5927; 3 – шайба пружинна по ГОСТ 6402; 4 – шайба по ГОСТ 11371; 5 – підпорка;

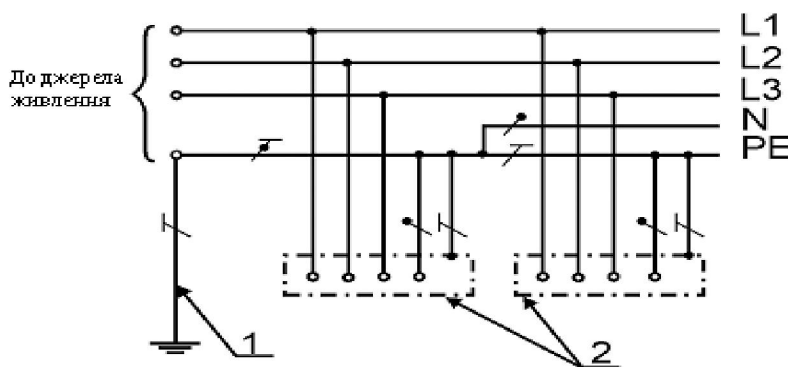


Рисунок 5.3 Схема заземлення лабораторії: PE – нульовий захисний провідник; N – нульовий робочий провідник; L – фази; 1 – заземлення нейтралі; 2 – споживачі

5.10 Пожежна безпека

Виникнення пожеж в лабораторії можливе за такими причинами:

1. Порушення правил протипожежної безпеки;
2. Несправність електроустаткування;
3. Необережне поводження з вогнем;
4. Ремонт устаткування на ходу;
5. Конструктивні недоліки устаткування;
6. Неправильне користування устаткуванням.

Для запобігання пожеж необхідно чітко дотримуватись правил протипожежної безпеки.

Класифікація приміщення:

– зона пожежонебезпечності категорії В (горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, або використовуються, не відносяться до категорій А та Б) згідно з ОНТП 24-86;

- клас зони П-Па згідно “Правил улаштування електроустановок” (ДНАОП 0.00-1.32-01), (простір вприміщенні, де знаходяться тверді горючі речовини та матеріали);
- клас потенційно можливої пожежі А, D, Е згідно з Міжнародним стандартом ISO №3941-77 (А-тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжуються тлінням (деревина, текстиль, папір); D-метали та їх сплави; Е-устаткування під напругою);
- установка ЕПС (електрична пожежна сигналізація) включає датчики типу ДТЛ (датчик тепловий легкоплавкий) ;
- для пожежного зв'язку використовується телефон;
- евакуація з поверху, де знаходиться робоче приміщення виконується згідно з планом.

У випадку виникнення пожежі на електроустановці , яка знаходиться під напругою полум'я, котре виникає, гаситься не водою, а за допомогою вуглекислотного (ВВ-2,ВВ-5,ВВ-8) чи вуглекислотноброметилового (ВВБ-3, ВВБ-7) вогнегасників. Для попередження персоналу про виникнення пожежі спрацьовують оповіщувачі.

В лабораторії є вуглекислотний вогнегасник ВВ-2 (ГОСТ 111564-65), а на сходових клітках і в коридорах ящики з піском, вогнегасники типу ВВ-8, пожежні крани.

Отже, для запобігання пожеж необхідно чітко дотримуватись правил протипожежної безпеки. У випадку виникнення пожежі на електроустановці, яка знаходиться під напругою полум'я, котре виникає, гаситься не водою, а за допомогою вуглекислотного чи вуглекислотноброметилового вогнегасників.

В лабораторії є вуглекислотний вогнегасник ВВ-2 (ГОСТ 111564-65), а на сходових клітках і в коридорах ящики з піском, вогнегасники типу ВВ-8, пожежні крани.

Також необхідно встановити автоматичний пожежний сповіщувач системи пожежної сигналізації, яка автоматично подає сигнал тривоги при виникненні одного або кількох ознак пожежі: підвищенні температури, появи диму або полум'я на приймальний прилад, появи значних теплових випромінювань.

5.11 Безпека в надзвичайній ситуації

У законі України «Про захист населення і території в умовах надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» дається наступне визначення надзвичайної ситуації.

Надзвичайна ситуація – це порушення умов життєдіяльності людей викликані виробничими аваріями, катастрофами, стихійними лихами, епідеміями які привели або можуть привести до людських жертв і великих матеріальних збитків.

Ефективність захисту населення в надзвичайній ситуації (НС) може бути досягнута тільки на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях і ефективному використанні всіх засобів і способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення.

Залежно від характеру причин виникнення надзвичайної ситуації розділяють на такі:

- техногенного характеру;
- екологічного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру.

Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи. Перша – це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чинників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику). Друга – диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів залежно від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов. Третя – комплексне ефективне застосування засобів і способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносотіальному середовищі.

Щоб запобігти виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру в нашій країні існує Єдина державна система запобігання і регулювання на надзвичайній ситуації техногенного характеру.

Кожний рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління щодо розв'язання завдань у сфері запобігання надзвичайної ситуації, захисту населення. Координуючі органи ЄДСЗР:

- загальнодержавний рівень: (державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення);

- регіональний рівень;

- місцевий рівень;

- об'єктовий рівень.

Ситуація в лабораторії при виникненні пожежі належить до об'єктивного рівня, тому що в лабораторії немає великої кількості горючого матеріалу.

Згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні надзвичайною ситуацією об'єктового рівня вважається така ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Для спрощення машинної обробки інформації класифікатор визначає оригінальний код кожної надзвичайної ситуації, що складається з 5-ти цифр, які вказують на клас, групу і вид надзвичайної ситуації (О – об'єктовий, М – місцевий, Р – регіональний, Д – державний).

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 будівля відноситься до I ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики, що зазначені у попередньому розділі. Захисні

споруди – це інженерні об’єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників.

Розглянемо таку надзвичайну ситуацію як пожежа (картка 10205 Класифікатора надзвичайних ситуацій – Пожежі (вибухи) в будівлях та спорудах громадського призначення).

Виникнення пожеж в лабораторії можливе з таких причин:

- порушення правил протипожежної безпеки;
- несправність електроустаткування;
- необережне поводження з вогнем та розплавленим металом;
- ремонт устаткування на ходу;
- конструктивні недоліки устаткування;
- неправильне користування устаткуванням.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації, а саме закорочення кабельної електропроводки, що знаходиться під напругою та іскрить необхідно:

- відключити подачу струму до лабораторії;
- сповістити про пожежу за допомогою пожежної сигналізації;
- спробувати знешкодити подальше розповсюдження полум’я;
- гасити полум’я необхідно вогнегасниками типу ВВ-2, ВВ-8, а також піском;
- необхідно швидко евакуюватися в безпечні приміщення або на двір.

План евакуації з лабораторії, показано на рис. 4.4.

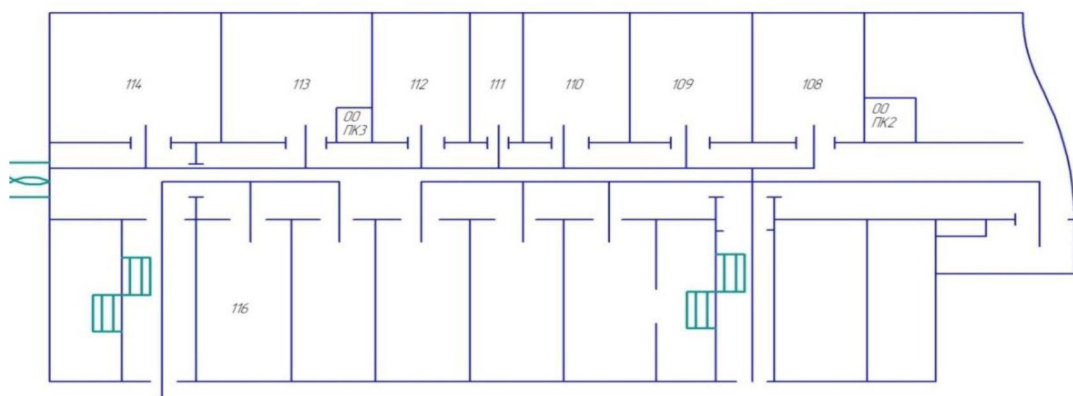


Рисунок 5.4 – План евакуації персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації з лабораторії №113

6 РОЗРОБЛЕННЯ БІЗНЕС-ПРОЕКТУ

6.1 Опис ідеї проекту

Запропоновано технологію виготовлення та термічної обробки високоміцного алюмінієвого сплаву з підвищеними міцнісними характеристиками та стійкістю до утворення гарячих тріщин.

6.2 Бізнес-модель

6.2.1 Продукт

Високоміцний алюмінієвий сплав В96Ц для використання у авіа-промисловості та машинобудівній промисловостях.

6.2.2 Сегмент споживачів

Споживачами запропонованого продукту можуть бути наступні промислові підприємства:

- ДП «СХІДГЗК» ;
- ДП Харківський авіаційний завод (ХАЗ);
- ДАК «Антонов»

6.2.3 Канали збуту

Застосовують прямі канали збуту, які пов'язані з переміщенням товарів і послуг без участі посередників. Вони забезпечують доступ до кінцевого споживача, що дає такі вагомні переваги, як можливість збирання маркетингової інформації та прямий

вплив на споживачів, але потребують значних фінансових вкладень. До прямих каналів збуту можна віднести:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями через візити на підприємства та презентації товару;
- контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції;
- збут через інтернет-ресурси
- збут через оптові бази та склади.

6.2.4 Взаємодія зі споживачами

З конкретним споживачами взаємодія може відбуватися через особисті контакти, по телефону, електронній пошті; можливе застосування програм лояльності.

Із потенційними споживачами – через інформаційні інтернет-ресурси: сайт проекту, блог новин проекту, виставки, конференції.

6.2.5 Прибуток (монетизація)

Отримання прибутку від продажу готових виробів основної номенклатури та індивідуальних замовлень, а також від впровадження своєї технології для інших виробників.

6.2.6 Ключові види діяльності

1) Наукова діяльність – це інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання та використання нових знань. Основними її формами є фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

2) Виробництво продукції – певний технологічний процес отримання виробів певної конфігурації та із заданими технологічними та механічними властивостями.

3) Маркетингова діяльність – являє собою творчу управлінську діяльність, завдання якої полягає в розвитку ринку товарів, послуг і робочої сили шляхом оцінки потреб споживачів, а також у проведенні практичних заходів для задоволення цих потреб.

6.2.7 Ключові ресурси

Ключові ресурси можна поділити на:

- матеріальні: промислові приміщення, вихідні матеріали, фінансове забезпечення;
- інтелектуальні: технологія виготовлення продукції, охоронні документи (патенти), науково-технічні працівники.

6.2.8 Ключові партнери

Ключовими партнерами є:

- підприємство, яке забезпечує виробничу базу;
- компанії з надання логістичних і маркетингових послуг;
- постачальники сировини та енергоресурсів для виробництва.

6.2.9 Витрати

Основними є витрати на:

- оренду промислових потужностей;
- ресурсозабезпечення;

- логістику;
- маркетинг.

6.3 Споживчі властивості товару

Представлений композиційний матеріал може підвищити міцнісні характеристики та зменшити вагу виробів.

6.4 Дослідження ринку

За результатами аналізу існуючого ринку продукції аналогічного призначення можна зробити висновок, що технології, які використовуються на сьогодні для виробництва виробів аналогічного призначення можуть програвати за фізико-хімічними властивостями та міцнісними характеристиками.

6.5 Маркетингова стратегія просування

Маркетингова стратегія просування проекту складатиметься з:

- просування проекту в мережі Internet;
- участі у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які користуються запропонованою продукцією та проведення демонстрацій та «особистих продажів» виробів;
- поступовим опануванням ринку України та виходом на міжнародний ринок.

6.6 Елементи фінансового плану

6.6.1 Опис бізнес - проекту

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу виробів, виготовлених за розробленою технологією.

Актуальність проекту – використання титану та алюмінію у поєднанні з армуючими керамічними частинками може значно підвищити якість виробів та одночасно забезпечити низьку питому вагу, високу питому міцність, корозійну стійкість та жароміцність.

6.6.2 Опис товару/ послуги/ технології

Запропонований високоміцний алюмінієвий сплав можна використовувати в авіа- та атомній промисловостях.

6.6.3 Маркетинг та продаж

Маркетингова стратегія просування проекту включає в себе:

- просування проекту в мережі Internet;
- участь у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців.

Для продажу застосовуються прямі канали збуту:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями;
- збут через інтернет-ресурси.

6.6.4 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався. Однак, можна вважати, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

- оренда промислових потужностей – 2 200 \$;
- відпрацювання технології в умовах виробництва – 2 200 \$;
- ресурсозабезпечення – 8 500 \$;
- затрати на логістику, маркетинг, з/п – 5 000 \$.

Поточна ситуація по проекту:

– проект на стадії відпрацювання та удосконалення технології в лабораторних умовах;

– в наявності є дослідні зразки.

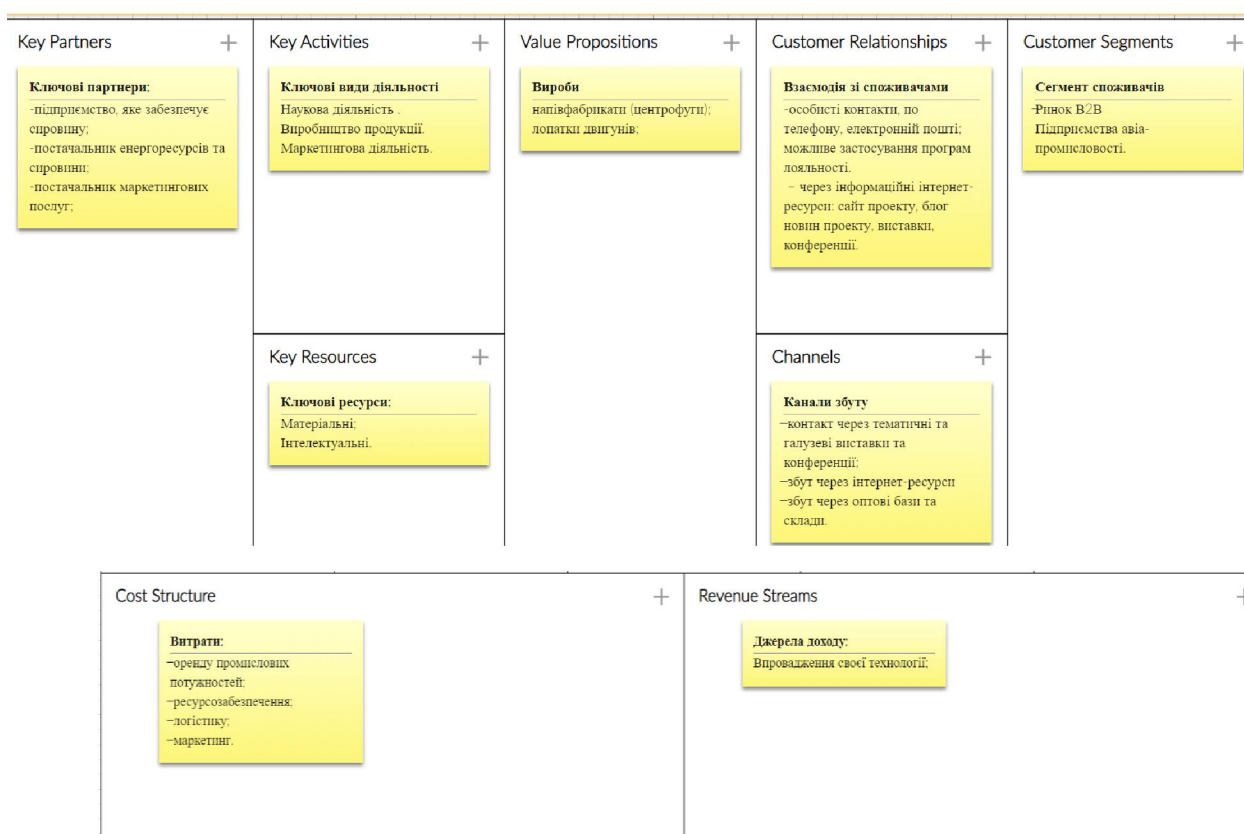
6.6.5 Резюме

Проект призначений для підвищення міцнісних характеристик та зменшення схильності до утворення гарячих тріщин.

Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на одному підприємстві становлять 16 800 \$.

Бізнес-модель до даного проекту зображено на рис. 6.1.

Рисунок 6.1 – Бізнес-модель



6.7 Висновки до розділу 6

1. Досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту.
2. Розроблений метод введення цинку в розплав є перспективним для впровадження у виробництво, так як може забезпечити підвищені міцнісні характеристики.

ВИСНОВКИ

Проведено термодинамічні розрахунки та побудовано технологічні фазові діаграми сплаву системи Al-Zn-Mg-Cu з мінімальними, максимальними концентраціями легуючих елементів та максимально можливим вмістом домішок.

Встановлено, що при максимальному вмісті в сплаві легуючих елементів виділяється фаза S (Al_2CuMg), що збільшує вірогідність утворення гарячих тріщин.

Досліджено вплив цинку на структуру та властивості сплаву системи Al-Mg-Cu, який введено в розплав різними способами. Показано, що на ці характеристики впливають температура перегріву і концентрація цинку, а дії способу введення не помічено.

Встановлено, що при перегріві розплаву розмір макрозерна збільшується в декілька разів (від 2 до 10 разів), а його внутрішня будова стає тоншою, розмір дендритної комірки зменшується приблизно в 1,6 рази (від 28 мкм до 17 мкм). При введенні цинку в пароподібному стані у розплав розмір дендритної комірки становить 30 мкм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом состоянии. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*: изд. 2-е, испр. и доп. М.: Металлургия, 1981. С. 10-12.
2. Die praktische Metallkunde. Saks, G. ОНТИ, teil 1, 1936.
3. Bishop H.F., Ackerlind C.G., Pellini W.S. Metallurgy and Mechanics of Hot Tearing. *Trans. Am. Foundrymen Soc.* 1952. № 60. S. 818-833.
4. Pellini W.S. Strain Theory of Hot Tearing. *Foundry* 80. 1952. Nr. 11. S. 124-133, 192, 194, 196, 199.
5. Добаткин В.И., Елагин В.И., Федоров В.М. Быстрозакристаллизованные алюминиевые сплавы. М.: ВИЛС, 1995, 341 с.
6. Apblett W.R., Pellini W.S. Factors Which Influence Weld Hot Cacking. *Weid. Res. Suppl.* 1954. № 33. S. 83-90.
7. Borland J.C. Fundamentals of Solidification Cracking in Welds. Part 1, Part 2. *Weld. Met. Fabrication.* 1979. Vol. 47. №1 end 2. S. 19-29, 99-107.
8. Прохоров И.Н. Технологическая прочность металлов в процессе кристаллизации при литье. *Литейное производство.* 1962. № 4. С. 24-27.
9. Новиков И.И. Горячеломкость цветных металлов и сплавов. М.: Наука, 1966. 296 с.
10. Лупырев И.И., Гуляев Б.Б. Исследование процесса образования горячих трещин в стальных отливках. Новое в теории и практике литейного производства. М.: Машгиз, 1952. С. 117-126.
11. Корольков А.М. Усадочные явления в сплавах и образование трещин при затвердевании. М.: Из-во Академии наук СССР, 1957. 72 с.
12. Корольков А.М. Влияние предусадочного расширения на горячеломкость сплавов. *Литейное производство.* 1969. № 11. С. 32-35.
13. Трубицын Н.А. Механизм образования горячих трещин. *Литейное производство.* 1962. № 4. С. 33-34.

14. Трубицын Н.А., Справник В.И., Ларионов В.А. Исследование образования горячих трещин при затверждении металла в отливках арматуры. Новое в процессах литья. Киев: Наукова думка, 1974. С. 158-166.

15. Энциклопедия «Машиностроение» т. II-3. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. Отв. ред. И.Н. Фридляндер. М. С. 94-128, 156-196, 814-832.

16. Фридляндер И.Н., Добромислов А.В., Ткаченко Е.А., Сенаторова О.Г. Перспективные высокопрочные материалы на алюминиевой основе. *MuTOM*. 2005. № 7. С. 17-23.

17. Senatorova O.G., Fridlyander I.N., Molostova I.I., Uksusnikov A.N., Krasova E.V. Research and Development of Superhigh-Strength Al-Zn-Mg-Cu Alloys for Extrusions. *Summary of Conference Proceedings "Aluminium of Two Thousand"*. Italy, 2007. P. 58.

18. Сенаторова О.Г., Сухих А.Ю., Сидельников В.В., Матвиенко С.В. Развитие и перспективы применения высокопрочных алюминиевых сплавов для катанных полуфабрикатов. *ТЛС*. 2002. № 4. С. 28-33.

19. Molostova I.I., Fridlyander I.N., Senatorova O.G., Sukhikh A.U. Structural Parameters of Ingots of High-Strength Al-Zn-Mg-Cu System Alloys. *Summary of Conference Proceedings "Aluminium of Two Thousand"*. Italy, 2007. P. 54.

20. Щерецький О.А. Теоретичні та технологічні основи одержання литих заготовок із композиційних матеріалів на основі алюмінію та цирконію з дисперсними частинками : дис. ... докт. техн. наук. Київ, 2007. 453 с.

21. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом состоянии. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: изд. 2-е, испр. и доп. М.: Металлургия, 1981. С. 10-12.

22. Головенкін В. П. Положення про випускну атестацію студентів КПІ імені Ігоря Сікорського. К. : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018. 98 с. URL: <https://kpi.ua/files/n7437.pdf/>

23. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення : ДСТУ 3008:2015 від 22.06.2015 р. № 61 URL: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF

24. Феномонологические теории прессования. М.Б. Штерн, Г.Г. Сердюк, Л.А. Максименко и др. К. : Наук. Думка, 1982. 146 с.
25. Жданович Г.М. Теория прессования порошковых материалов. М. : Металлургия, 1969. 264 с.
26. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів. К. : Центр учбової літератури, 2016. 336 с.
27. Скороход В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков. М. : Металлургия, 1984. 159 с.
28. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением. К. : Наук. Думка, 1980. 240с.
29. Палеха К.К. Організація експерименту. Навч. посібн. К. : ІЗМН, 1996. 136 с.
30. Говорин Е.В. Статистические методы планирования эксперимента в металлургии. М. : Металлургия, 1992. 350 с.
31. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
32. Основы охраны праці. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та інші. К. : «Основа», 2006. 448 с.
33. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання : ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 47 с.
34. Женченко М. Бібліографічний опис електронних ресурсів: загальні вимоги. *Вісник книжкової палати*. 2011. № 4. С. 1–4.
35. Розроблення стартап-проекту: методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 28 с. URL: http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/04/roz_startap_proektiv_met_vk.pdf
36. Головенкін В. П. Положення про випускну атестацію студентів КПІ імені Ігоря Сікорського. К. : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018. 98 с. URL : <https://kpi.ua/files/n7437.pdf/>
37. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення: ДСТУ 3008:2015. К. : ДП«УкрНДНЦ», 2016. 27 с.

38. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы: ГОСТ 2.106-96. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. 39 с.

39. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования: ДСТУ ГОСТ 7.9:2009. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. 12 с.

40. Розроблення стартап-проекту: методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 28 с. URL: http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/04/roz_startap_proektiv_met_vk.pdf

41. Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів: ДСТУ 1.5:2015. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 127 с.

42. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам: ГОСТ 2.105-96. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. 28 с.

43. ЕСКД. Обозначения буквенные : ГОСТ 2.321-84. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. 4 с.

44. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття». Уклад.: А. М. Степанчук, П. А. Бойко, В. І. Кривда, О. Г. Моляр. К. : ІВЦ «Видавництво “Політехніка”», 2004. 52 с.

45. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050403 «Інженерне матеріалознавство»: у 2 ч. Ч. 1. К. : НТУУ «КПІ», 2015. 65 с. URL: http://compnano.kpi.ua/pdf_files/methods/met_dpro_back_15.pdf

46. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 47 с.

47. Женченко М. Бібліографічний опис електронних ресурсів: загальні вимоги. *Вісник книжкової палати*. 2011. № 4. С. 1–4.

48. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

49. Основи охорони праці. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та інші. К. : «Основа», 2006. 448 с.

50. Документация. Производственные здания: СНиП 2.09.02-85. М.: Госстрой СССР, 1987.

51. Мешовян Г. Г., Колосова Р. П. Экономика труда и социально-трудовые отношения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996.

52. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: Постанова Міністерства охорони здоров'я України від 01.12.1999 №42 URL: http://nbuviap.gov.ua/images/nub/Dmap/15_sanitar%20normy%20mikroklimatu.pdf

53. ДБН В 2.5-28-2006. Природнє і штучне освітлення. К.: Держстандарт України, 2008.

54. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99: Постанова Міністерства охорони здоров'я України від 01.12.1999 № 37 URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MOZ641.html

55. Гандзюк М. П. Основи охорони праці. К.: Каравела, 2011. с. 384.

56. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. К.: Держстандарт України, 1999.

57. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>

58. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму ультразвуку та інфразвуку. К.: Держстандарт України, 1999.