

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Металургія
(код та назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз тенденцій, що впливають на розширення
перспективних спадів

Виконав: студент 2 курсу,
групи Р.1369-ММ-8
спеціальності

136 „Металургія“
(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Металургія горючих металів
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

М. О. Загороднюк
(ініціали та прізвище)

Керівник

доц. каф. металургії, канд. техн. наук О. С. Володимирова
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. каф. металургії

канд. техн. наук Р. М. Волар
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020__

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра металургія
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
Спеціальність 136 "Металургія"
(код та назва)
Освітня програма Металургія чорних металів
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри [Підпис]
«03» грудня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Богомолю Максим Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Аналіз умовних, що впливають на розсіювання порганів металів
керівник роботи К. М. Н., доц. Продементова Віра Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 596-с
- Строк подання студентом роботи 03.12.2020 р
- Вихідні дані до роботи Надано - визначити кінематичну схему у фазових вимірах, матеріали котиреферцій, патентів, ГОСТа та АСТУ.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Сформулювати та уловити сутність Аналізу умовних розсіювання металів. Розв'язати задачу з утворення точкових отрим. Приклади самоорганізації на умові перлювроботи, що забезпечують збереження кристалічної структури порганів металів. Розв'язати задачу з утворення точкових отрим. Приклади самоорганізації на умові перлювроботи, що забезпечують збереження кристалічної структури порганів металів. Розв'язати задачу з утворення точкових отрим. Приклади самоорганізації на умові перлювроботи, що забезпечують збереження кристалічної структури порганів металів.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мінімум 1 лист - 1. Мета роботи. Завдання роботи. Об'єкт дослідження. Предмет дослідження - 1. Розсіювання металів та самоорганізація металів - 1. Перлювробота та умови залобігання розсіювання металів та кристалічних сміток - 1. Дослідження розсіювання металів з утворення точкових отрим - 1. Самоорганізація металів на умові перлювроботи, що забезпечують збереження кристалічної структури порганів металів - 1. Патентів

Висновок проведено розслідування в цитованій мережі з підключенням магнітної реєстрації на 400°C - 1. Розслідування на вимірники різьби Третьяк для верстатка автоматичного верстатка - 1. Розслідування автоматичного верстатка, який виконує цю задачу. Верстаток механічний на вимірники різьби - 1. Інші дані щодо на верстатку автоматичного верстатка - 1. Інші дані верстатка - 2.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Висновок проведено розслідування на руйнівність матеріалів на цитованих зразках.	доц. Р.С. Воронікова	08.10.2020	08.10.2020
2. Аналіз проблеми розслідування руйнівності з узагальненням результатів.	доц. Р.С. Воронікова	09.10.2020	11.10.2020
3. Аналіз ситуації пов'язаної з роботою верстатка, що здійснює роботу з різьби різьби різьби різьби різьби.	доц. Р.С. Воронікова	09.10.2020	11.10.2020
4. Аналіз проблеми автоматичного верстатка.	доц. Р.С. Воронікова	09.10.2020	11.10.2020
5. Висновок щодо на механічний верстаток.	доц. Р.С. Воронікова	09.10.2020	11.10.2020

7 Дата видачі завдання 09.10.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стороння на цитованій мережі. Вступ	09.10.2020р. 12.10.2020р.	
2	Аналіз проблеми розслідування на руйнівність матеріалів на цитованих зразках.	13.10.2020р. 16.10.2020р.	
3	Аналіз проблеми розслідування руйнівності з узагальненням результатів.	17.10.2020р. 23.10.2020р.	
4	Аналіз ситуації пов'язаної з роботою верстатка, що здійснює роботу з різьби різьби різьби різьби різьби.	24.10.2020р. 03.11.2020р.	
5	Аналіз проблеми автоматичного верстатка.	04.11.2020р. 11.11.2020р.	
6	Висновок щодо на механічний верстаток.	19.11.2020р. 25.11.2020р.	
7	Закони вимірювання. Різьби різьби різьби різьби різьби.	26.11.2020р. 30.11.2020р.	
8	Результати роботи.	01.12.2020р. 07.12.2020р.	

Студент Т.Т. (підпис) М.О. Воронікова (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) Т.Т. (підпис) О.С. Воронікова (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Т.Т. (підпис) Р.А. Волар (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ганоченко М.О. Аналіз чинників, що впливають на розсіпання марганцевих сплавів.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 – Металургія, науковий керівник О.С. Воденнікова. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра металургії, 2020.

Приведено аналіз причин розсіпання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів. Проаналізовано самодиспергування алюмосиліко-марганцю, виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів. Розглянуто причини саморуйнування та умови термообробки, що забезпечують збереження кускової природи карбонатних марганцевих концентратів. Проаналізовано проблеми розсіпання феросиліцію з утворенням токсичних отрут.

Ключові слова: РОЗСИПАННЯ ФЕРОСПЛАВІВ, ДИСПЕРГУВАННЯ, САМОРУЙНУВАННЯ, МАРГАНЦЕВІ СПЛАВИ, КРЕМНІЄВІ СПЛАВИ.

ABSTRACT

Hanochenko M.O. Analysis of factors influencing the scattering of manganese alloys.

Qualification work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 136 – Metallurgy, scientific supervisor O.S. Vodennikova. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Metallurgy, 2020.

The analysis of the causes of spillage and destruction of manganese and silicon alloys is represented. The self-dispersion of aluminum, silicon and manganese, smelted by using technological and secondary materials, is analyzed. The reasons for self-destruction and conditions of heat treatment, ensuring the preservation of the lumpy nature of carbonate manganese concentrates, are considered. The problems of ferrous and silicon scattering with the formation of toxic poisons are analyzed.

Key words: SPILLAGE OF FERROUS ALLOYS, DISPERSION, SELF-DESTRUCTION, MANGANESE ALLOYS, SILICON ALLOYS.

АННОТАЦИЯ

Ганоченко М.А. Анализ факторов, влияющих на рассыпания марганцевых сплавов.

Квалификационная работа на соискание степеней высшего образования магистра по специальности 136 – Metallургия, научный руководитель О.С. Воденникова. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра металлургии, 2020.

Приведен анализ причин рассыпания и разрушения марганцевых и кремниевых сплавов. Проанализировано самодиспергирование алюмосиликомарганца, выплавленного с применением техногенных и вторичных материалов. Рассмотрены причины саморазрушения и условия термообработки, обеспечивающие сохранение кусковой природы карбонатных марганцевых концентратов. Проанализированы проблемы рассыпания ферросилиция с образованием токсичных ядов.

Ключевые слова: **РАССЫПАНИЕ ФЕРРОСПЛАВОВ, ДИСПЕРГИРОВАНИЕ, САМОРАЗРУШЕНИЕ, МАРГАНЦЕВЫЕ СПЛАВЫ, КРЕМНИЕВЫЕ СПЛАВЫ.**

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРИЧИН РОЗСИПАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ ТА КРЕМНІЙВМІСНИХ СПЛАВІВ.....	13
1.1 Основні поняття розсіпання, руйнування та самозаймання матеріалів	13
1.2 Причини розсіпання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів.....	14
1.3 Висновки.....	18
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ РОЗСИПАННЯ ФЕРОСИЛІЦІЮ З УТВОРЕННЯМ ТОКСИЧНИХ ОТРУТ.....	19
4.1 Фазові рівноваги системи Fe-As, Si-As, Fe-Si-As, Fe-Si, Mn-Si, Fe-As, Mn-As, As-Si, As-Al, As-P та Si-P.....	19
2.2 Аналіз структурних складових феросиліцію.....	25
2.3 Висновки.....	27
3 ПРИЧИНИ САМОРУЙНУВАННЯ ТА УМОВИ ТЕРМООБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУСКОВОЇ ПРИРОДИ КАРБОНАТНИХ МАРГАНЦЕВИХ КОНЦЕНТРАТІВ.....	28
3.1 Вимоги до якості оксидних та карбонатних марганцевих концентратів.....	28
3.2 Саморуйнування та умови термообробки карбонатних марганцевих концентратів.....	31
3.3 Висновки.....	37
4 ДОСЛІДЖЕННЯ САМОДИСПЕРГУВАННЯ АЛЮМОСИЛІКО- МАРГАНЦЮ.....	39
4.1 Актуальність дослідження технології виробництва алюмосилікомарганцю з вторинних матеріалів.....	39
4.2 Дослідження самодиспергування алюмосилікомарганцю,	

виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів в умовах металургійної промисловості Грузії.....	39
4.3 Висновки.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	46
5.1 Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих чинників при роботі з ПК.....	46
5.2 Заходи з поліпшення умов праці при роботі з ПК.....	48
5.3 Висновки.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	55
ДОДАТКИ.....	61
ДАДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	61

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- ІННІ – Інженерний навчально-науковий інститут;
ЗНУ – Запорізький національний університет;
ВАТ – відкрите акціонерне товариство;
ПК – персональний комп'ютер;
FeMn – феромарганець;
SiMn – силікомарганець;
FeSi – феросиліцій;
FeAl – фeroалюміній;
AB86-97 – вторинний алюміній з вмістом алюмінію 86-97%;
FeMnSi17 – феросилікомарганець з вмістом кремнію 17%;
н.п.п. – напівпуста порода;
ЕДМ – електролітичний діоксин магнію;
РКО – руднотермічна кругла відкрита піч;
РПЗ – руднотермічна кругла закрита піч;
н.б – не більше;
н.м – не менше;
КПО – коефіцієнт природного освітлення;
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
ІА – індивідуальна аптечка;
ІПП – індивідуальний протихімічний пакет.

ВСТУП

Актуальність роботи. В даний час на ряду з підвищенням якості матеріалів, зниження матеріальних та енергетичних витрат, одним з пріоритетних напрямків розвитку металургійної галузі, є підвищення екологічної безпеки виробництва. У той же час застосовуються в ливарній, сталеплавильній промисловості кремнієвих та марганцевих сплавів викликають ряд проблем небезпечних для здоров'я персоналу. Феросиліцій та феромарганець схильні до самодиспергування, результатом якого є погіршення споживчих якостей сплаву, зміна його фракційного складу, а також самовиділення шкідливих отруйних газів, які негативно впливають на стан навколишнього середовища та здоров'я людини [1].

Існування та розвиток чорної металургії тісно пов'язане з феросплавним виробництвом, оскільки обробка рідкого металу феросплавами залишається одним з основних методів впливу на якість і властивості сталі, чавуну і частково кольорових металів. Феросплавне виробництво має свої характерні риси:

- велику номенклатуру продукції, пов'язану з різноманіттям елементів і композицій, чистотою по домішках та іншими вимогами споживачів;
- різноманітність плавильних агрегатів (шахтні рудо відновні електричні та доменні печі, плавильні горни, рафінувальні електропечі, випалювальні агрегати і т д);
- значний набір технологічних варіантів отримання феросплавів, пов'язаний з різними відновниками (карбо-, силіко - і алюмінотермія), безперервним або періодичним способами плавки, шлаковим та безшлаковим, твердо - та рідиннофазним процесами;
- проміжне положення між сировинною базою і споживачами продукції, залежність від їх можливостей і потреб.

Слід зазначити, що на сьогодні марганцеві руди переважної більшості український та російських родовищ відрізняються невисокою якістю при

Основною проблемою марганцевої сировини є наявність у рудах фосфору [2]. Зниження концентрації фосфору в марганцевих феросплави може бути досягнуто в результаті [3]:

- поліпшення використання марганцю шихти при плавці феромарганцю і силікомарганцю;
- переробки концентратів, одержуваних механічним способом збагачення на якісні малофосфористі концентрати;
- розробки нових способів плавки, що включають дефосфорацію продуктів плавки (феромарганцю, силікомарганцю).

Поряд з відомими технологіями дефосфорації марганцевих сплавів певний інтерес представляє твердофазна дефосфорація із застосуванням сумішей легкоплавких солей. При виплавці марганцевих сплавів та в процесі дефосфорації частина сплавів розсипається [2].

Мета і задачі роботи. Мета роботи – визначити основні причини розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів для подальшого їх усунення при транспортуванні та зберіганні сплавів.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та прикладні завдання:

1. Проаналізувати причини розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів.
2. Розглянути самодиспергування алюмосилікомарганцю, виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів.
3. Розглянути причини саморуйнування та умови термообробки, що забезпечують збереження кускової природи карбонатних марганцевих концентратів.
4. Проаналізувати проблеми розсипання феросиліцію з утворенням токсичних отрут.
5. Проаналізувати потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в процесі роботи біля ПК в комп'ютерному класі ІННІ ЗНУ.

Об'єкт дослідження: карбонатні марганцеві концентрати, феросиліцій,

алюмосилікомарганець.

Предмет дослідження: причини розсіпання та руйнування феросплавів; технологія виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів.

Методи дослідження: обробку аналітичних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Приведений аналіз основних чинників, що впливають на розсіпання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів, дозволить використовувати отримані знання в лабораторних та промислових умовах при зберіганні, транспортуванні та використанні даних сплавів та, в свою чергу, зменшити негативний вплив феросплавного виробництва на стан навколишнього середовища.

Практичне значення одержаних результатів. Результати аналітичних досліджень можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні дисципліни «Сучасні проблеми металургії та матеріалознавства».

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано постановку завдань дослідження, обрано методіку експериментальних досліджень, проаналізовано та узагальнено результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором проаналізовано сучасні проблеми розсіпання феросплавів [1].

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на:

– XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). ІННІ ЗНУ;

– наукових семінарах кафедри металургії Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2020 р.).

Публікації. Основні результати роботи знайшли відображення у 1 тезі доповіді на конференції.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання та додатку. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок, з них 11 таблиць, 9 рисунків, 52 джерела посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Ганоченко М. О., Воденнікова О. С. Проблеми розсіпання феросплавів. Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). ІННІ ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С. 15–16.

1 АНАЛІЗ ПРИЧИН РОЗСИПАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ ТА КРЕМНІЙВМІСНИХ СПЛАВІВ

1.1 Основні поняття розсіпання, руйнування та самозаймання матеріалів

В теорії міцності твердих тіл одним з складних питань є взаємодія деформування та руйнування матеріалів [4]. Так у роботі [5] на основі вивчення кінетики руйнування алюмінієвих, титанових сплавів і сталей при статичному, циклічному, ударному навантаженнях методами механіки руйнування, подібності, кількісної фрактографії та рентгеноструктурного аналізу розглянуто взаємозв'язок характеристик макро- і мікромеханіки руйнування, а також визначено деякі загальні закономірності, властиві різних матеріалів при різних умовах навантаженнях.

Так, розглядаючи структуру феросплавів, практичний інтерес до неї почався з-за труднощів, пов'язаних з саморозсіпанням, а іноді з самозайманням сплавів.

Розсіпання феросплавів [disintegration of ferroalloys] – мимовільна втрата механічної міцності та цілісності шматків феросплавів в результаті фізико-хімічних перетворень в структурних складових або взаємодії надлишкових фаз з зволоженою атмосферою [6].

Руйнування – процес, а також і наслідок процесу порушення цілісності матеріалу конструкції або її елемента [7]. Просте руйнування – це поділ тіла на дві або більше частин, що відбувається при додатку статичної (тобто постійного або повільно змінюється в часі) напруги при температурі, порівняно низької порівняно з температурою плавлення матеріалу. При цьому прикладені напруги можуть бути тими, що розтягують, стискають або зсувають. Руйнування конструкційних матеріалів може відбуватися по одному з двох шляхів: воно може бути пластичним або крихким. Ця класифікація заснована на тому, чи можуть в матеріалі створюватися пластичні деформації. Для

пластичних матеріалів характерні великі пластичні деформації, тобто матеріали поглинають більшу енергію деформування до настання руйнування. При крихкому руйнуванні, навпаки, пластичні деформації або відсутні, або вони дуже малі і поглинання енергії до руйнування не відбувається [8].

Самозагорання – мимовільне виникнення горіння внаслідок поступового накопичення тепла при протіканні екзотермічних реакцій в будь-яких твердих горючих матеріалах. Накопичення тепла внаслідок протікання екзотермічних реакцій відбувається при певних умовах (висока питома поверхня дисперсних матеріалів, слабкий тепловідвід) і, внаслідок підвищення температури матеріалу (самонагрівання) та призводить веде до самоускорення таких реакцій.

Самозаймання – різке самоускорення екзотермічних хімічних реакцій, початкова стадія горіння. Відбувається при певних (критичних) умовах (температура, розміри реакційного судини та інше) через те, що тепловиділення в ході реакції більше тепловідведення в навколишнє середовище [9].

Мінерали з природного каменю будуть довго служити тільки за умови правильної експлуатації і захисту каменю від корозії. Руйнування кам'яних мінералів відбувається в результаті механічних впливів, атмосферних факторів (вивітрювання) - під впливом вологи, вітру, перепаду температур, в результаті хімічного впливів (розчиняє дію CO_2 , SO_2 , H_2O), розхитує впливу на структуру каменю розкладання мікроорганізмів, які отримують з каменю лугу і виділяють кислоти [10].

1.2 Причини розсіпання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів

Проблема розсіпання феромарганцю та феросиліцію є не новою, нею широко займалися як вітчизняні, так і закордонні науковці. Так авторами роботи [11] коротко викладені причини розсіпання високопроцентного феросиліцію з утворенням арсину та фосфіну. Робота [12] присвячена

вивченню фазових перетворення в системі Fe-Si та показано, що причиною розсіпання чистих (модельних) залізовмісних сплавів з високим вмістом кремнію є евтектоїдне перетворення лебоїта ($\text{FeSi}_{2,3}$) при 918°C з утворенням низькотемпературної модифікації силіциду FeSi_2 та кремнію. Це перетворення супроводжується збільшенням об'єму, що призводить до розсіпання сплаву.

В роботі [13] розпад феросиліцію не пов'язують з хімічними змінами в системі Fe-Si та вважають, що промисловий феросиліцій розсіпається під дією домішок фосфору, сірки, кальцію та алюмінію, що містяться в ньому. У структурі феросиліцію можуть утворюватися фосфіди, сульфіди та випадково карбіди кальцію, взаємодія яких з водою супроводжується утворенням сполук елементів надлишкових фаз виділення з воднем і руйнуванням структури феросиліцію.

За даними роботи [13], зібравши досвід багатьох доробок провідних феросплавщиків, було визначено, що навіть при нормальному (стандартному) вмісті фосфору (0,03-0,04%) феросиліцій з 49-51% Si схильний до розсіпання. З цих причин в сплаві марки ФС45 кількість кремнію регламентовано межами 41-47% при вмісті фосфору не більше 0,05%.

У роботі [14] зазначено, що при зберіганні і транспортуванні феросиліцію марки ФС75 слід очікувати виділення PH_3 , CH_4 , C_2H_2 , H_2 та CO . У роботі зазначено, що газовиділення сухих полідисперсних порошоків в умовах дослідів відбувалося інтенсивно та рівномірно протягом 4 діб та припинялося на 5-ту добу. До складу газів входило 72-73% H_2 , решта O_2 та H_2 , причому водень становив 92% обсягу газу.

У роботі [15] зазначено, що особливістю сплавів системи Fe-Si в рідкому стані (зокрема для висококремністих марок ФС65, ФС70, ФС75 та інших) є сильний розвиток ліквіації у процесі розливки, який супроводжується різним вмістом кремнію по висоті зливку. Домішки у вигляді кальцію, алюмінію, фосфору та миш'яку також сильно ліквірують, що призводить до самовільного розсіпання окремих районів зливку або повному розсіпання їх до порошкоподібного стану. Тому автором проведено дослідження впливу

фазового складу феросиліцію машинної розливки на стійкість до розсіпання. Приведені в роботі данні дозволяють заключити, що при формуванні в структурі ФС75 надлишкових фаз виділення, ініціюють розсіпання зливків з виділенням отруйних газів PH_3 (фосфін) та AsH_3 (арсін), в основному беруть участь три елементи – кальцій, алюміній і фосфор. Кремній і залізо в складі цих фаз, мабуть, стабілізують їх стійкість і знижують схильність зливків до розсіпання у вологій атмосфері. При наявності в розплаві навіть невеликої кількості миш'яку він концентрується в фазах з кальцієм, алюмінієм і фосфором. Як впливає з даних рентгеноспектрального мікрозондування надлишкових фаз виділення, їх розташування у структурі залежить як від вмісту кожного з цих елементів, так і від швидкості кристалізації розплаву феросиліцію.

Основною причиною розсіпання феросиліцію і високовуглецевого феромарганцю у вологій атмосфері вважається наявність та ізоляція в них домішок (фосфору, вуглецю, алюмінію, кальцію). Механізм руйнування сплавів – концентрування комплексних карбідів і фосфидів алюмінію, кальцію і марганцю по межах зерен. Взаємодіючи з вологою, вони розкладаються з виділенням газів, границі зерен окислюються, що робить вирішальний вплив на розсіпаємість сплавів. Так, руйнування високовуглецевого феромарганцю може відбуватися внаслідок руйнування з'єднання Mn_3C , а розсіпання феросиліцію з вмістом більш як 50% Si ускладнюється тим, що відбувається при охолодженні лебоїтним розпадом. При швидкому охолодженні α -лебоїт фіксується у вигляді метастабільної фази, яка в подальшому розпадається зі збільшенням об'єму до 20% і викликає внутрішні напруги в сплаві, що сприяють розсіпанню [16].

У роботі [17] проаналізовано структуру промислового високопроцентного феросиліцію. Методами хімічного, рентгеноспектрального та рентгенофазового аналізів проведено порівняння розсіпаються і не схильних до розсіпання зразків феросиліцію ФС65, одержуваного в ВАТ «Серовський завод феросплавів». За результатами дослідження

феросиліцію виявлена значна мікронеоднорідних, викликана ліквідацією кремнію і зумовила появу в структурі сплаву тріщин, а також наявність в структурі фосфидів магнію, алюмінію, титану і кремнію, здатних при взаємодії з вологою повітря утворювати фосфіни. Зниження схильності до саморозсіпання феросиліцію передбачає придушення ліквідації перед розливанням сплаву, раціональні межі вмісту кремнію, а також зниження концентрації домішок, в першу чергу фосфору і алюмінію, що надходять в сплав з шихтових матеріалів.

У роботі [18] визначено причини розсіпання відвального шлаку при виплавці металевого марганцю; підтверджено механізм фазового поліморфного перетворення ортосилікату кальцію $v-2CaO \cdot SiO_2$ г- $2CaO \cdot SiO_2$, що супроводжується збільшенням об'єму на 12 %; встановлено, що при підвищенні вмісту в шлаку MgO до 6-7 % відбувається стабілізація структури шлаку (12-15% MnO, 40-45% CaO, 25-28% SiO₂, 0,01% P), що дозволяє його використовувати в суміжних виробництвах та покращує екологічні умови.

Слід зазначити, що промислова практика і в даний час свідчить, що випадки розсіпання феросиліцію повторюються та іноді з трагічними наслідками, оскільки при розсіпанні спостерігається виділення шкідливих газів [16].

Таким чином, слід підсумувати, що сплави, що містять лебоїт, втрачають суцільність, розтріскуються та навіть розсіпаються. Так при повільній рівновісній кристалізації лебоїт може виділятися при кристалізації як сплаву ФС75 так і ФС45. Утворення тріщин по границям дозволяє фосфору, миш'яку, сульфідам та карбідам алюмінію реагувати з вологою повітря, в результаті чого утворюються PH₃ PH₄, AsH₄ та інші, а в тріщинах – пухкі оксиди Al₂O₃, SiO₂ та інші з'єднання, які сприяють розсіпанню.

Для запобігання розсіпання сплавів можна їх модифікувати магнієм, легувати добавками елементів, що подрібнюють зерно (V, Ti, Zr та інші) або роблять його більш пластичним, при цьому подрібнення зерна зменшує на його границях концентрацію таких домішок як P, Al та Ca [19].

1.3 Висновки

1. Встановлено, що серед основних причини розсіпання та руйнування марганцевих сплавів є низький вміст в них марганцю (18-24 %) та високий питомий вміст фосфору (відношення $P/Mn > 0,006$).

2. Визначено, що кремнієві сплави, що містять лебоїт, втрачають суцільність, розтріскуються та навіть розсіпаються. Так при повільній рівновісній кристалізації лебоїт може виділятися при кристалізації як сплаву ФС75 так і ФС45. Утворення тріщин по границям дозволяє фосфору, миш'яку, сульфідам та карбідам алюмінію реагувати з вологою повітря, в результаті чого утворюються PH_3 , PH_4 , AsH_4 та інші, а в тріщинах – пухкі оксиди Al_2O_3 , SiO_2 та інші з'єднання, які сприяють розсіпання.

3. Для запобігання розсіпання сплавів можна їх модифікувати магнієм, легувати добавками елементів, що подрібнюють зерно (V, Ti, Zr та інші) або роблять його більш пластичним, при цьому подрібнення зерна зменшує на його границях концентрацію таких домішок як P, Al та Ca.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ РОЗСИПАННЯ ФЕРОСИЛІЦІЮ З УТВОРЕННЯМ ТОКСИЧНИХ ОТРУТ

2.1 Фазові рівноваги системи Fe-As, Si-As, Fe-Si-As, Fe-Si, Mn-Si, Fe-As, Mn-As, As-Si, As-Al, As-P та Si-P

Для оцінки можливих джерел надходження миш'яку з шихтових матеріалів важливо володіти даними про його форми існування в різних природних матеріалах.

Відомо понад 120 мінералів, що містять миш'як. Найбільш поширені мінерали: арсенопірит FeAsS , миш'яковистий колчедан, лелінгін FeAs_2 , реальгар As та інші [20]. Велика група природних мінералів миш'яку представлена арсенатами, в яких миш'як має валентність п'ять (As, V): скородіт $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, бєловіт (талмессіт) $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, еритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, олівініт $\text{Cu}_2\text{AsO}_4(\text{OH})$ та інші.

Регламентування допустимого вмісту миш'яку в цих та інших феросплавах продиктовано його шкідливим впливом (по аналогії з фосфором) на властивості легованих сталей і сплавів та не пов'язане з токсикологічними діями на організм людини.

Авторами роботи [21] приділено увагу фазовій рівновазі системи Fe-As, Si-As, Fe-Si-As, Fe-Si, Mn-Si, Fe-As, Mn-As, As-Si, As-Al, As-P та Si-P. В роботі було поставлено завдання – проаналізувати аспекти розсіпання феросиліцію з утворенням арсину та фосфіну.

Тому доцільно розглянути послідовно бінарні діаграми фазових рівновазі з системах Fe-As та Si-As, деяких домішок елементів (алюмінію, кальцію, фосфору) з миш'яком для виявлення можливого утворення твердих розчинів з миш'яком і хімічних сполук (арсенідвмісних надлишкових фаз виділення на структурах феросиліцію).

Діаграма фазових рівноваг в системі Fe-Si приведена на рис. 2.1. У приватній діаграмі FeSi-Si є дві евтектики з координатами 1212°C та 51% Si,

1207 °C та 58,2% Si. Лебоїт $\text{FeSi}_{2,3}$ плавиться конгруентно при 1220 °C.

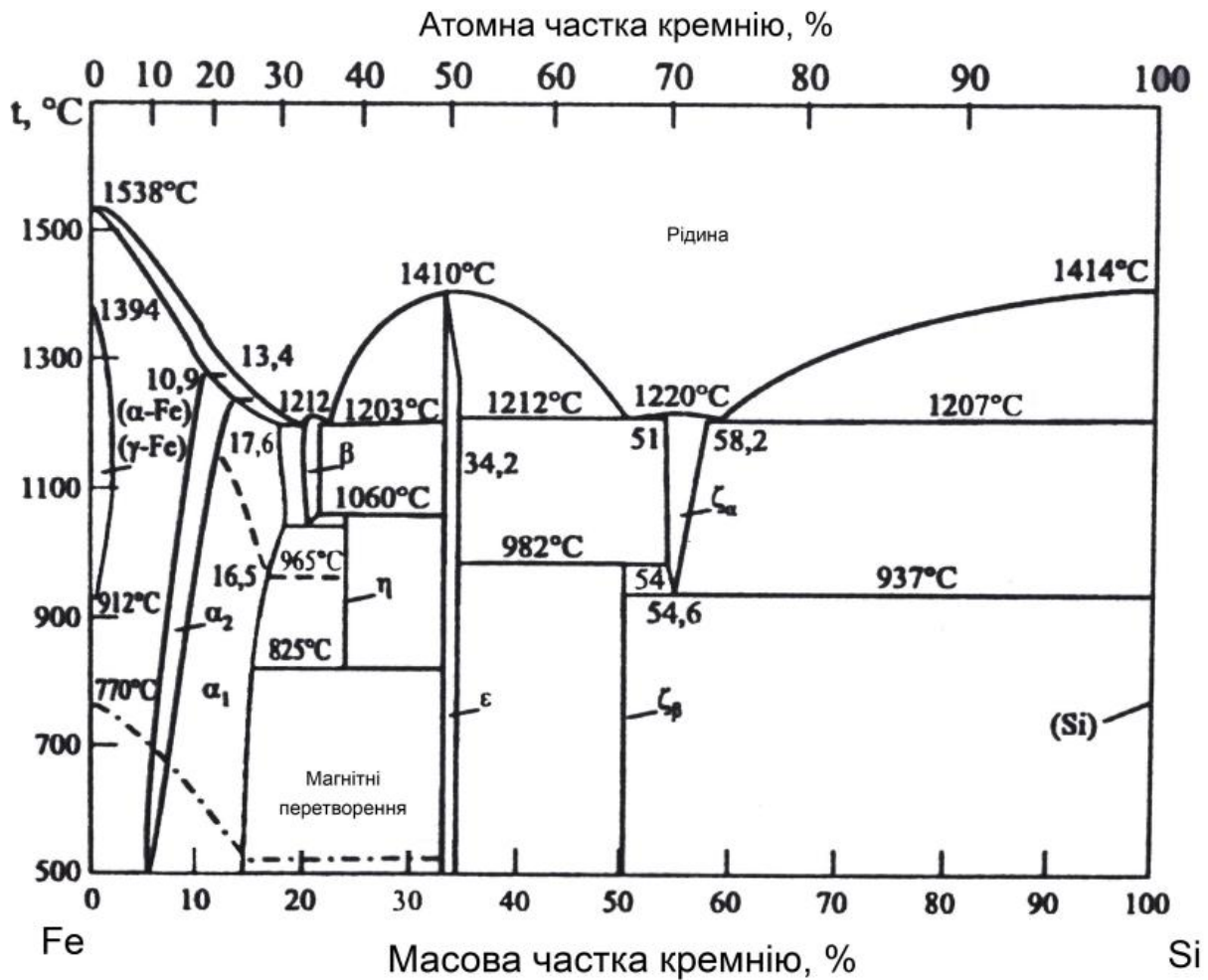


Рисунок 2.1 – Діаграма фазових рівноваг в системі Fe-Si [22]

Найбільш достовірною діаграмою системи Fe-As приведена на рис. 2.2. Встановлені арсеніди Fe_2As , FeAs та FeAs_2 . Концентраційно-температурна область існування Fe_3As_2 імовірна в інтервалі 824-1002 °C

Звертає на себе увагу існування широкої області твердого розчину миш'яку в α -Fe (максимальна розчинність 12,3% As при евтектичній температурі 840 °C) і відносно малий в γ -Fe (приблизно 2,5% As при 1220 °C).

Залізо в твердому миш'яку практично не розчиняється. Деякі стандартні термодинамічні функції арсенідів заліза і для порівняння фосфідів заліза наведені в табл. 2.1. з даних табл. 2.1. видно, що фосфіди заліза термодинамічно міцніші, ніж арсеніди.

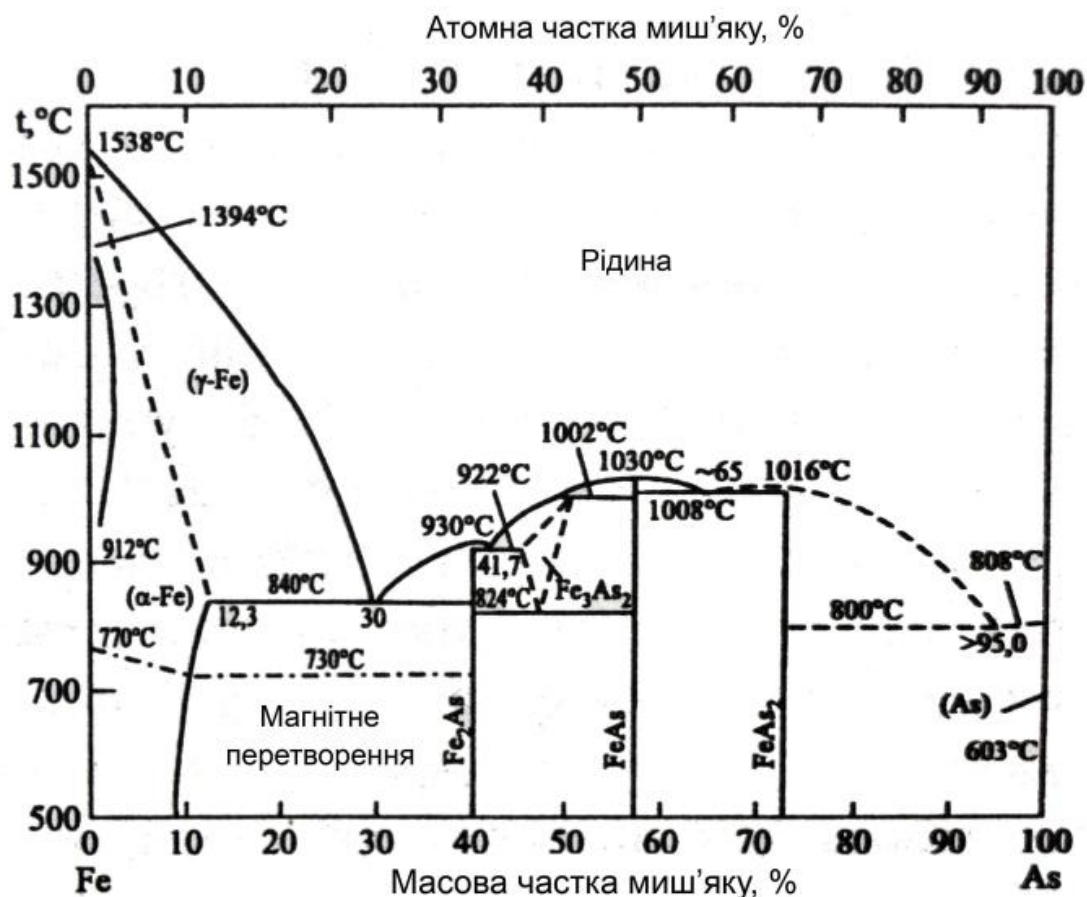


Рисунок 2.2 – Діаграма фазових рівноваг в системі Fe-As [22]

Таблиця 2.1 – Стандартні термодинамічні функції арсенідів та фосфідів заліза

Термодинамічна функція	Арсенід заліза			Фосфід заліза			
	Fe_2As	FeAs	FeAs_2	Fe_3P	Fe_2P	FeP	FeP_2
$\Delta H_f^{\circ}_{298,5}$, кДж/моль	4,60	17,56	43,49	163,8	161,3	137,1	217,36
$S_f^{\circ}_{298,5}$, Дж/моль·К	144,57	97,79	127,77	103,2	-	45,98	55,17
$\Delta G_f^{\circ}_{298,5}$, кДж/моль	20,91	28,02	52,27	84,47	-	76,49	73,15

Система Mn-Si є основною промисловою групи марганцевих феросплавів - феросилікомарганцю. Відомі випадки, коли товарний силікомарганець через високу концентрацію домішок (зокрема, алюмінію) розсипався. Особливо схильні до розсипання нестандартні сплави марганцю з високим вмістом

кремнію при значній концентрації в них кальцію, алюмінію, фосфору. Дослідні партії такого сплаву, отриманого з використанням низькоякісної марганцеворудної сировини і глибоким відновленням домішок, швидко розсипалися через взаємодії надлишкових фаз ($\text{CaC}_2\text{Al}_3\text{C}_4$ фосфінвмісної фази) у вологому цеховій атмосфері з виділенням ацетилену і фосфіну.

Миш'як активно взаємодіє з марганцем, утворюючи ряд з'єднань. Діаграма фазових рівноваг в системі Mn-As приведена на рис. 2.3.

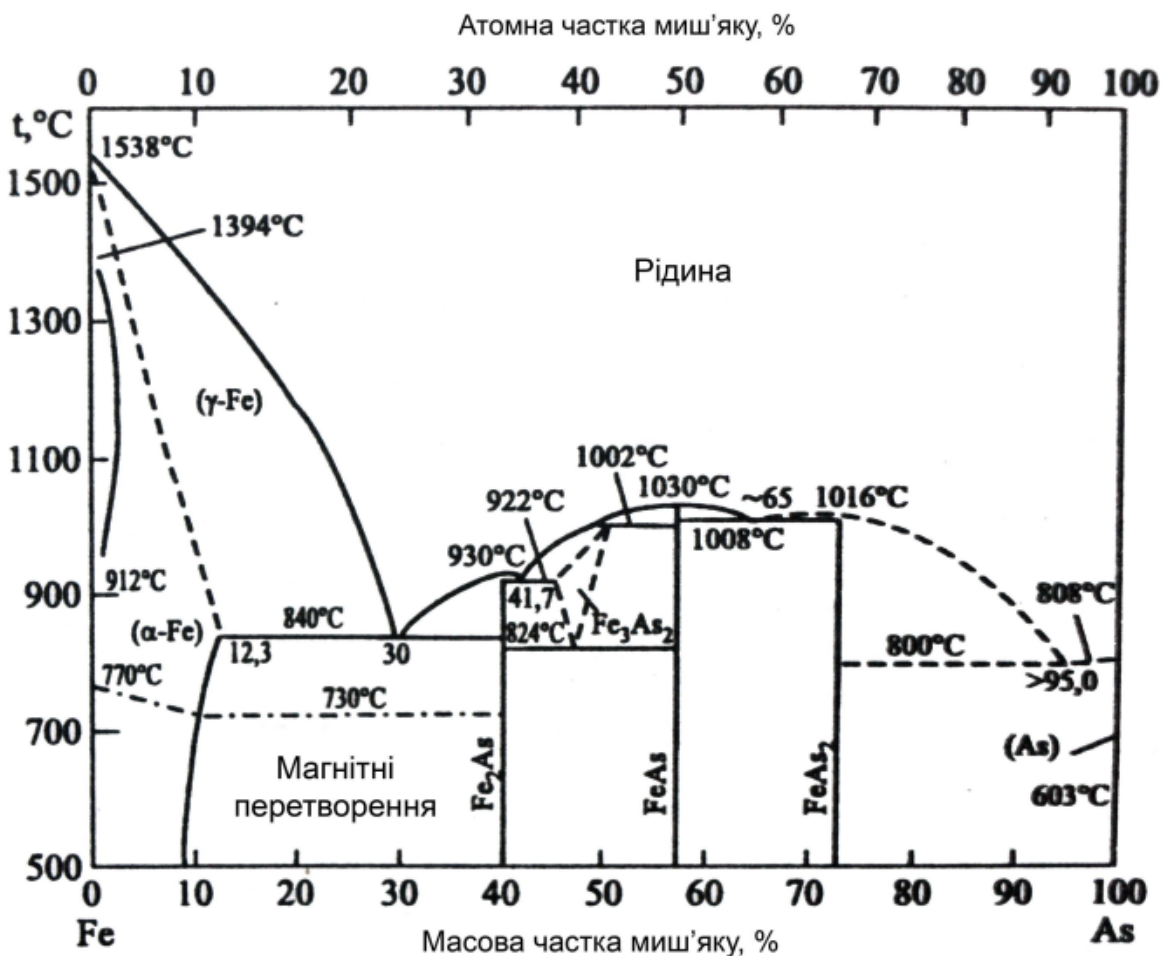


Рисунок 2.3 – Діаграма фазових рівноваг в системі Mn-As [22]

Арсенід Mn_3As (31,25% As) імовірно перитектично перетворюється при 980°C . Достовірно встановлено, що арсенід Mn_2As (40,54% As) плавиться конгруентно при 1029°C . Арсенід Mn_3As_2 (17,02% As) існує в двох алотронних формах α - та β - Mn_3As_2 , і це перетворення відбувається при 750°C .

Аналіз даних, представлених на рис. 2.3, не підтверджує існування раніше зазначеного з'єднання Mn_4As_3 . Результати досліджень роботи [22] дозволили уточнити температурно-концентраційну область рівноважного існування фаз в системі As-Si (рис. 2.4) в порівнянні з даними, наведеними в роботі [23]. Підтверджено наявність в системі силіцидів SiAs (72,73% As), які конгруентно плавляться при $1113\text{ }^\circ\text{C}$ та $SiAs_2$ (84,21%), які перитектично перетворюються в SiAs та рідину при $977\text{ }^\circ\text{C}$. Миш'як в порівняно великих кількостях розчиняється в твердому кремнії. При тиску 4 МПа максимальна розчинність становить 10% As при евтектичній температурі.

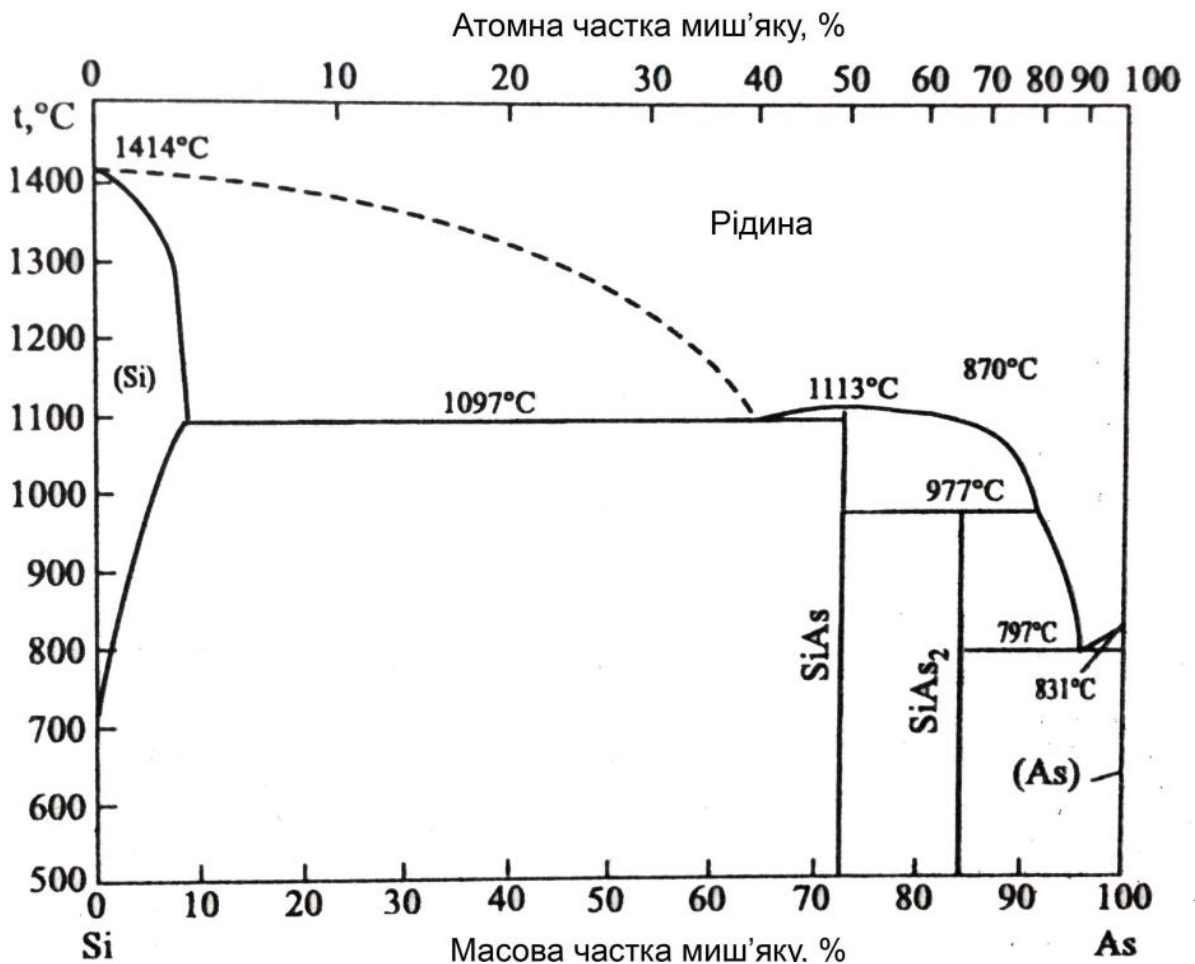


Рисунок 2.4 – Діаграма фазових рівноваг в системі Si-As [22]

В системі As-Al відоме одне з'єднання $AsAl_3$ (75,52% As) з температурою плавлення понад $1200\text{ }^\circ\text{C}$ і дві евтектики.

Достовірної діаграми системи Si-P немає. Представлена на рис. 2.5

діаграма побудована за даними термічного, рентгенівського аналізів та візуального спостереження за початком затвердіння (розплавлення) і потребує уточнення. Відзначають можливість існування арсеніду фосфору AsP в області твердих розчинів.

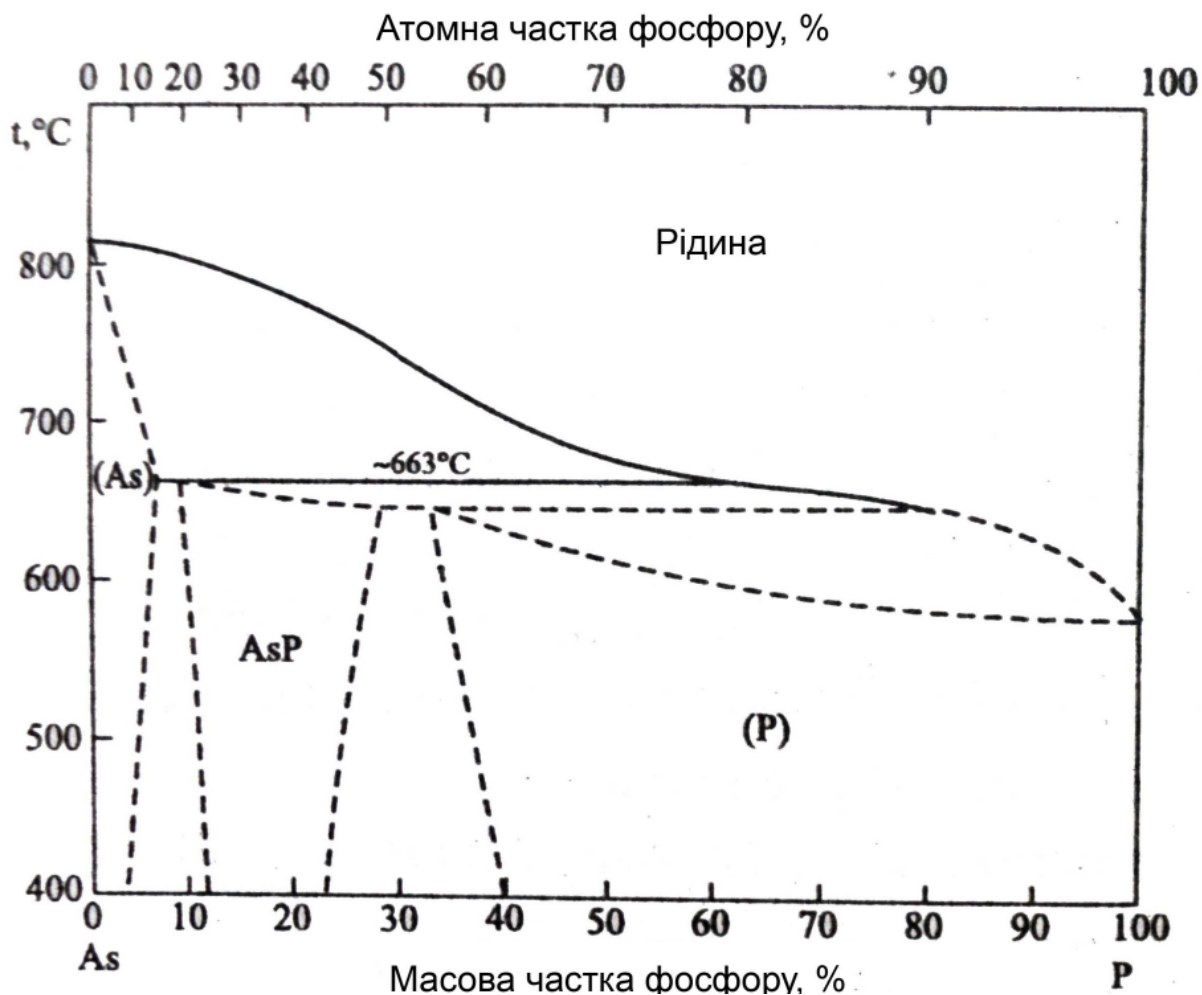


Рисунок 2.5 – Діаграма фазових рівноваг в системі As-P [22]

При розсіпання високопроцентного феросиліцію може утворитися фосфін PH_3 . Представляє науковий і практичний інтерес розгляд діаграми стану системи Si-P. На рис. 2.6 приведена діаграма стану системи Si-P. В системі існує силіцид фосфору (фосфід кремнію), що перитектично розкладається при 1200°C . Максимальна розчинність фосфору в твердому кремнії складає 4% при евтектичній температурі 1131°C .

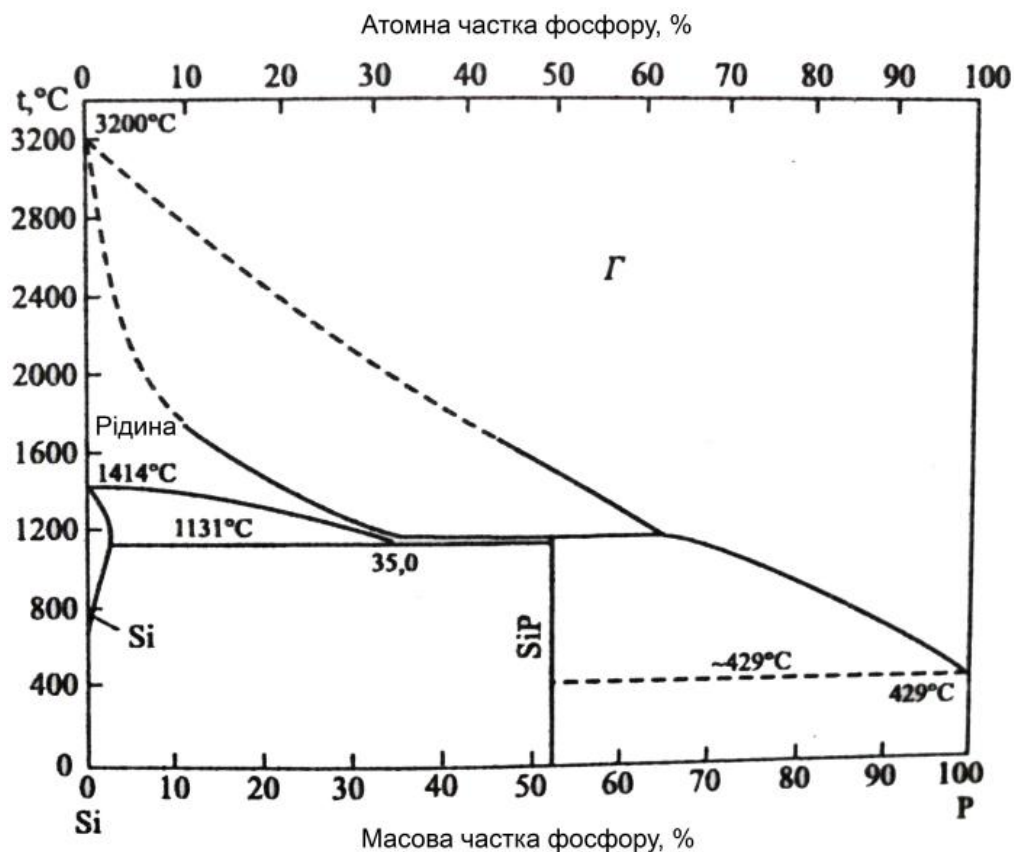


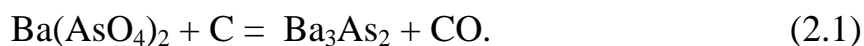
Рисунок 2.6 – Діаграма фазових рівноваг в системі Si-P [22]

2.2 Аналіз структурних складових феросиліцію

У роботі [21] значний інтерес до структурних фаз феросиліцію обумовлений не тільки можливим його розсіпанням, а й проблемою запобігання затягуванню отвору стопорних склянок ковшів і керамічних дозаторів при безперервній розливці сталі.

У табл. 2.2 наведені дані про структурні складові промислового ФС75.

З огляду на, що в структурних фазах, наведених в табл. 2.2, виявляються кальцій, алюміній, можна відзначити, що лужні та лужноземельні метали, активно взаємодіють з миш'яком (як і з фосфором), утворюючи ряд арсенідів (фосфідів). В системі As-Ba існує з'єднання Ba_3As_2 (22,6% As). Барій та миш'як можуть переходити в феросиліцій з шихтових матеріалів за реакцією:



Таблиця 2.2 – Структурний та хімічний склад ФС75 [23]

Структурна складова системи	Об'ємна частка фази, %	Хімічний склад, %				
		Si	Fe	Al	Ca	інші
Fe-Si-Al-Ca	5-10	33,0	35,0	24,0	8,0	-
Si-Ti-Fe	1,0	62,0	13,0	-	-	25Ti
Ca-Si-Cu	1,0	38,0	-	-	48,0	14Cu
Si	<1,0	99,0	0,2	-	-	-
FeSi ₂	<1,0	51,3	48,5	4,0	-	-

Миш'як з кальцієм також утворює арсенід Ca_3As_2 (55,48% As). Джерелом надходження миш'яку в феросиліцій може бути арсенат кальцію, який в умовах виплавки феросиліцію відновлюється за реакцією:



Відомий також арсенід магнію Mg_3As_2 (67,25% As).

Таким чином для вирішення комплексу питань, пов'язаних з надходженням миш'яку і фосфору в високопроцентний феросиліцій, необхідні фундаментальні дослідження з вивчення природи миш'яку та фосфору в мінеральних видах сировини, вуглецевих відновників, термодинамічні данні по відновленню миш'яку та фосфору з їх з'єднанні вуглецем, кремнієм, а також металофізичні дослідження складних діаграм стану на основі миш'яку та фосфору.

Таким чином, дослідження проблем розсіпання феросиліцію з утворенням токсичних отрут дозволяють розкрити фізико-хімічну картину процесів, що відбуваються в ванні феросплавної печі, металофізичну природу миш'яку і фосфору в сплавах заліза з кремнієм з урахуванням інших домішок, механізм впливу вологого середовища на розсіпання феросиліцію та утворення арсину та фосфіну.

2.3 Висновки

1. Дослідження проблем розсіпання феросиліцію з утворенням токсичних отрут дозволяють розкрити фізико-хімічну картину процесів, що відбуваються в ванні феросплавної печі, металофізичну природу миш'яку і фосфору в сплавах заліза з кремнієм з урахуванням інших домішок, механізм впливу вологого середовища на розсіпання феросиліцію та утворення арсину та фосфіну.

3 ПРИЧИНИ САМОРИЙНУВАННЯ ТА УМОВИ ТЕРМООБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУСКОВОЇ ПРИРОДИ КАРБОНАТНИХ МАРГАНЦЕВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

3.1 Вимоги до якості оксидних та карбонатних марганцевих концентратів

Розширення сортаменту марганцевих концентратів, що використовуються у металургійному виробництві, в тому числі «тонких» концентратів флотації, пінної і електромагнітної сепарації, привели в останні роки до погіршення матеріального складу агломераційних шихт, що в свою чергу негативно відобразилася на показниках спікання і якості агломерату. Так, при збільшенні частки дрібних фракцій, які важко огрудкуються, в марганцеворудні сировину на 15% продуктивність агломераційних установок знижується на 12-13%, а міцності агломерату - на 8-10%.

Негативний вплив перерахованих вище факторів можна зменшити шляхом поліпшення якості підготовки агломераційної шихти перед спіканням, оптимізацією параметрів спікання і подальшої термічної або механічної обробкою одержуваного агломераційного спека [24].

За хіміко-мінеральним складом марганцеві концентрати розділяються на пероксидні, окисні, карбонатні і змішані сорти. Найбільш цінні пероксидні концентрати розділяють по вмісту двоокису Mn на три сорти: перший - 87%; другий - 82%; третій - 72%. Вміст фосфору в пероксидних концентратах - менше 0,2%; SiO₂ - 9- 10%; вологи - 8% [25].

Вимоги технічних умов до якості марганцевих концентратів Нікопольського басейну повинні відповідати ТУ 14-9-277-92 (табл. 3.1), Чіатурського гірничорудного комбінату - ТУ 14-9-157-78 (табл. 3.2). Якість марганцевих оксидних і оксидно-карбонатних концентратів Нікопольського марганцеворудного басейну регламентується вмістом провідного елементу - марганцю, домішок кремнезему і фосфору, розрахункові норми вологи, а також

втрати при прожарюванні (табл. 3.1). Номенклатура концентратів Чіатурського родовища дещо інша, ніж нікопольських (табл. 3.2). Використання Чіатурських концентратів при рівному в них зміст марганцю і кремнезему (в порівнянні з нікопольськими) забезпечує більш високі техніко-економічні показники виплавки марганцевих феросплавів. Вступники на переділ марганцеві концентрати з збагачувальних фабрик Орджонікідзевського і Марганецького гірничо-збагачувальних комбінатів мають порівняно невеликий гранулометричний склад (табл. 3.3 та 3.4), який відповідає вимогам ГОСТ 24336-80.

Таблиця 3.2 – Вимоги технічних умов до якості марганцевих концентратів Чіатурського гірничорудного комбінату (згідно ТУ 14-9-157-78)

Концентрат	Сорт	Масова частка, %					
		не менше Mn	не менше MnO ₂	не більше SiO ₂	не більше P	не більше H ₂ O	не менше н.п.п.
Пере - оксидний	I	-	87,1	4,9	0,20	9,0	-
	II	-	82,1	7,3	0,20	8,0	-
	III	-	72,0	9,8	0,20	8,0	-
Оксидний	I	48,1	-	9,8	0,18	9,0	-
	II	42,15	-	15,0	0,20	11,0	-
	III	35,0	-	20,0	0,25	15,0	-
	IV	32,0	-	30,0	0,20	15,0	-
	IVб	18,0	-	35,0	0,20	15,0	-
Карбонатний:							-
- гравітаційний	I	26,1	-	20,0	0,18	10,0	22,0
	II	15,0	-	35,0	0,18	15,0	22,0
- флотаційний	III	21,0	-	20,0	0m40	18,0	22,0

Сума найбільш підходящих для плавки фракцій концентрат (> 25 мм та 8-25 мм) I-го сорту становить лише 28,65%, а II-го сорту - 18,68%. Концентрат фракції 0,2-8 мм дуже невеликий і не може ефективно використовуватися в якості компонента шихти без попереднього огрудування. Ще більш дрібний гранулометричний склад має концентрат пінної сепарації та флотації (табл. 3.4) [24].

Таблиця 3.1 – Вимоги технічних умов до якості марганцевих концентратів Нікопольського басейну (згідно ТУ 14-9-277-92)

Вид та тип продукції	Сорт	Гранулометричний склад				Хімічний склад		Фізичні властивості		
		клас	крупність, мм	контрольний клас крупності, мм	масова частка марганцю, %, не менше	масова частка марганцю, %, не менше	розрахункова норма вологи, %	втрати маси про прокалюванні	масова частка SiO ₂ , % не більше	
Руда марганцева збагачена окисна	І	не класифікована	<150	+50	15,0	43,0	16,0	-	-	
			<50							
	ІБ		<150	+50	15,0	41,0	16,0	-	-	
			<50							
	ІІ		<150	+50	15,0	34,0	22,0	н.б. 17,0	-	
			<50							
ІІІ	<150	+50	15,0	25,0	23,0	н.б. 14,0	-			
	<50									
Руда марганцева збагачена окисно-карбонатна	І	не класифікована	<150	+50	15,0	26,0	18,0	н.м. 17,0	-	
			<50							
	ІІ		<150	+50	15,0	23,0	20,0	н.м. 14,0	-	
			<50							
	І		крупнокускова	1-150	+10	15,0	26,0	12,0	н.м. 22,8	12,0
	І		дрібнокускова	8-10	-3	20,0	26,0	14,0	н.м. 22,0	12,0
І	крупнозерниста	<3	+3	15,0	26,0	18,0	н.м. 15,0	20,0		

Таблиця 3.3 – Гранулометричний склад марганцевих концентратів Нікопольського басейну, %

Фракція, мм	Концентрат оксидний гравітаційний			Карбонатний концентрат, I сорт
	сорт			
	A	I	II	
25	2,49	10,76	8,66	-
25-8	32,33	17,89	10,02	-
8-5	26,62	35,96	15,33	-
5-3	19,87	5,06	6,90	-
3-0,5	13,81	22,67	41,85	65,92
0,5-0,2	4,88	5,28	13,85	18,46
8-0,2	-	2,38	-	-
8-0,2	-	-	3,40	15,62

Таблиця 3.4 – Гранулометричний склад дрібнодисперсних концентратів Нікопольського басейну, %

Фракція, мм	Концентрат				
	пінної сепарації	флотаційний I-го сорту	флотаційний II-го сорту	зворотньої флотації	хімічного збагачення
1-0,5	17,86	-	-	-	-
0,5-0,6	61,45	-	-	-	-
0,2-0,074	19,53	51,15	50,0	69,76	-
<0,074	1,11	48,85	50,0	30,84	100

3.2 Саморуйнування та умови термообробки карбонатних марганцевих концентратів

Відомо, що залучення в металургійний переділ карбонатної марганцевої сировини потребує додаткового вивчення особливостей його термообробки і, зокрема, явища саморуйнування кускових карбонатних концентратів при випалюванні [26]. Поступово проводилися і роботи, в яких розглядалися наслідки руйнування матеріалів [27].

Саме тому автори роботи [28] спрямували свої дослідження переважно на вивчення механізму саморуйнування карбонатних марганцевих концентратів з метою пошуку ефективних прийомів і режимів теплової обробки, що

пригнічують або обмежують це явище та сприяючи збереженню кускової природи термічно оброблених продуктів.

Слід зазначити, що ті чи інші порушення суцільності мікроструктури в процесі випалу з утворенням пір, тріщин, розривів та іншого в рівній мірі властиві оксидній та карбонатній сировині і обумовлені охарактеризованими в роботах [29, 30] генетичними особливостями його внутрішньої будови і, в першу чергу, наявністю гідратів компонентів.

У роботі [28] дослідження зразків кускових концентратів з руд різних родовищ (нікопольських, більшетокмакських, покровських карбонатних концентратів та гідратно-карбонатних концентратів «Збагачення») (рис. 3.1, а) на установці термозвукового аналізу показали, що на температурний інтервал 360 - 390 ° С припадають перші екстремуми на декриптограмі українських карбонатних концентратів та єдиний екстремум на декриптограмі концентрату «Збагачення».

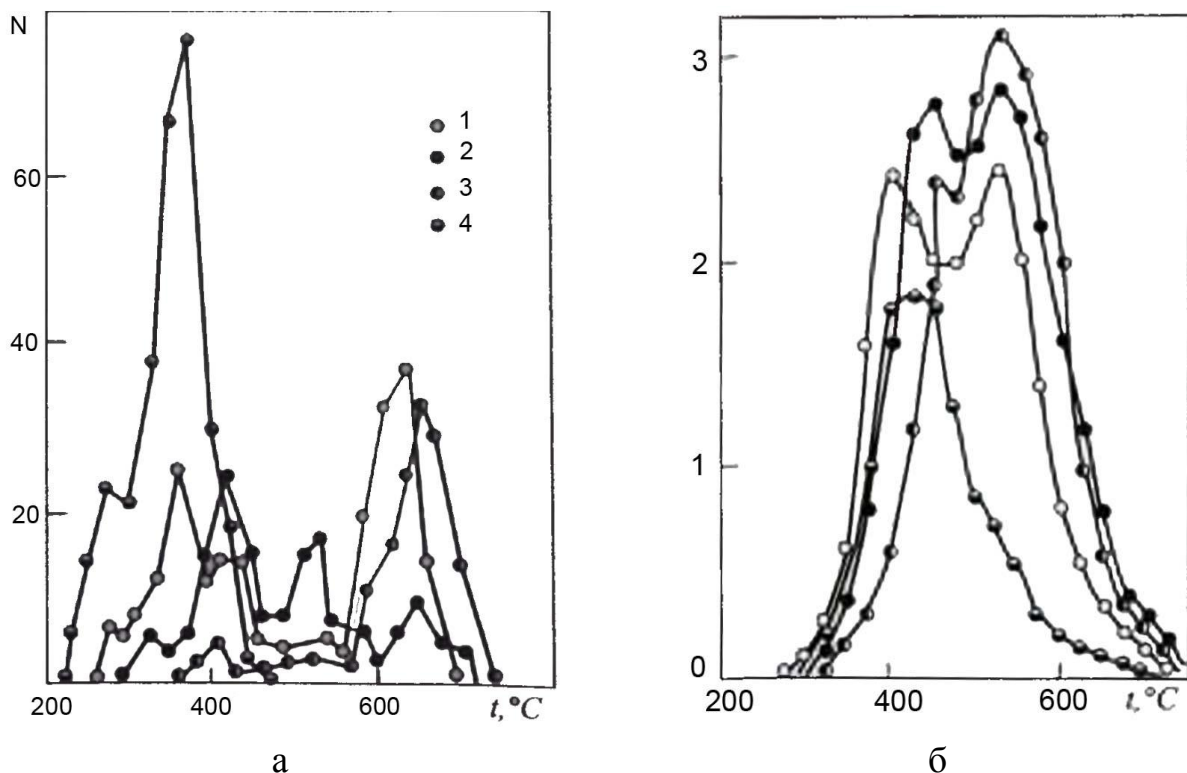


Рисунок 3.1 – Декриптограми (а) та хроматограми (б) газової фази при нагріванні зразків нікопольських (1), більшетокмакських (2), покровських (3) карбонатних концентратів та гідратно-карбонатних концентратів «Збагачення» (4)

Оскільки в газовій фазі за даними хроматографічного аналізу (рис. 3.1, б), діоксид вуглецю в цьому інтервалі температур виявлений не був, мікрровибухи, що призводять до руйнування матеріалу, не можуть бути викликані перебудовою структури внаслідок декарбонізації, а пов'язані лише з процесами дегідратації сировини. Лише наступні екстремуми на декриптограмах приходяться на інтервали температур 600-700 °С, тобто на температури протікання реакції декарбонізації.

Мікроскопічні дослідження марганецьрудних матеріалів різних видів і типів виявили, що навіть вихідні не термооброблені зразки, що володіють зовні монолітною щільною будовою, містять численні різнонаправлені тріщини генетичного походження. До них відносяться порушення суцільності, що виникають в гірських масах осадових порід в процесі їх становлення (так звані тріщини усадки), а також тріщини, викликані частковою релаксацією внутрішніх напруг, в свою чергу пов'язаних з загартованим метастабільним станом рудної речовини і наявністю домішок, які деформують його субкристалічну ґратку.

Термообробка призводить до подальшого розвитку тріщин у вихідних зразках як оксидного, так і карбонатного типу. Переважне розтріскування останнього додатково посилюється так званої досконалої спайністю карбонатних кристалітів, тобто здатністю розколюватися або розщеплюватися по певних кристалографічних площинах, паралельних діючих або можливих гранях. Ця властивість кристалічних середовищ згідно роботи [31] пов'язано виключно з їх внутрішньою будовою і не залежить від зовнішньої форми кристалів.

Додаткові пори і тріщини в зразках виникають при термообробці в інтервалі температур 100-800 °С, будучи наслідком утворення нестехіометричних нестійких з'єднань та інтенсивного газовиділення. Про це свідчить утворення і зростання при підвищенні температури тріщини в зразку більшетокмацького карбонатного концентрату, що нагрівається в високотемпературному мікроскопі зі швидкістю 20 °С/хв. в інертному

середовище. Температура зародження тріщини (620 °C) відповідає раніше встановленому інтервалу повсюдного мікророзпушення зразків внаслідок дисперсного розпаду складних твердих розчинів з виділенням і відокремленням складових компонентів при слабкому їх початковому взаємодії.

У той же час дослідження показали, що при певних режимах термообробки явище утворення тріщин пригнучується і навіть спостерігаються процеси переходу мікророзпушених гігроскопічних структур в щільні спеки з масивною монолітною структурою («захоплення тріщин»).

Представляє науковий і практичний інтерес проаналізувати явище руйнування марганцеворудних матеріалів при термообробці з урахуванням наявних уявлень теорії напружено-деформованого стану речовини.

При цьому на відміну від роботи [32], в якій вивчали руйнування залізорудної сировини в ході відновлювально-теплової обробки з позицій теорії пружності, в роботі [28] в подальших розрахунках використані основні постулати теорії розвиненою пластичної деформації як найбільш близької до досліджуваного явища за фізичною суттю [33].

Відповідно до цієї теорії порушення цілісності у вигляді субмікро- і мікропор виникають вже при перших актах пластичної деформації; зі збільшенням ступеня деформації мікронарушеності помножуються за кількістю і збільшуються за розміром з утворенням мікротріщин. Потім до моменту вичерпання матеріалів здатності деформуватися лавинноподібно виникають макротріщини і зразок руйнується з поділом на окремі частини. Таким чином, завершення пластичної деформації руйнуванням є підсумковим актом виникнення і розвитку субмікро-, мікро- і макроскопічних дефектів в ході пластичної деформації [34].

В літературних джерелах описані умови утворення мікротріщин в дислокаційному та дифузійному механізмах, а також при межзеренному зсуві [35]. При всій відмінності підходів до досліджуваного явища загальним для всіх механізмів є те, що зародженню тріщин завжди передують пластична деформація, яка призводить до розпушення матеріалу, що співпадає з нашими

експериментальними даними. На початкових стадіях це відбувається за рахунок розвитку та розмноження дислокацій, потім за рахунок розвитку і освіти мікротріщин та мікропор.

Явище «закривання» тріщин (або «заліковування» за іншою термінологією) також цілком можна пояснити з позицій теорії пластичної деформації, що протікає в умовах високих температур, і пов'язано з різким, на кілька порядків, збільшення коефіцієнтів дифузії в матеріалах при підвищенні температури [36].

Можливість та інтенсивність подальшого руйнування визначається відношенням швидкостей утворення «заліковування» мікротріщин і пов'язане з природою самого матеріалу і термомеханічними параметрами протікання пластичної деформації (температурою, швидкістю деформації, видом напруженого стану та ін.).

Таким чином, чисельна оцінка руйнування рудних зразків під дією структурних напружень показує наявність критичної швидкості нагріву (в даному випадку ~ 15 °C/хв.), понад яку частка зруйнованих зразків, пропорційна функції ймовірності руйнування, різко зростає.

Про необхідність вибору оптимального режиму термообробки сировини і регламентації швидкостей нагріву, по крайній мере в низькотемпературному інтервалі дегідратації сировини, свідчать результати лабораторних і напівпромислових дослідів з випалювання ряду карбонатних концентратів в шарі:

- щільному шарі (муфельна піч);
- шарі, який пересипається (обертова піч);
- шарі, який фільтрує (шахтна піч).

Так, переміщення партій Нікопольських та Великотокмацьких карбонатних концентратів фракції 70-20 мм в попередньо нагріту до 900 °C муфельну піч призводило до утворення в продуктах випалу до 30% дрібних класів <10мм, хоча «механічна» стиранність шматків при випалюванні в щільному шарі практично була відсутня. Болгарські концентрати в цих умовах

розсипалися практично повністю.

При випалюванні дослідної партії Великотокмацьких карбонатних концентратів (маса 50 т, напівпромислова піч, що обертається, довжиною 7,0 м, діаметр у просвіті 1,2 м, температура в робочій зоні 850-900 °С, газів, що відходять - 400 - 460 °С, матеріалу на виході - 720-820 °С) зміни фракційного складу приведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Зміни фракційного складу карбонатних концентратів

Фракція, мм	+40	40-20	20-10	10-5	<5
Вміст фракції, % в концентраті					
в вихідному концентраті	10,4	32,7	25,9	21,1	9,9
в концентраті після випалу	-	22,1	27,8	31,3	28,8

Інтенсивне розтріскування матеріалу, що приводить до збільшення в продуктах випалу утримання дрібних класів <10 мм практично вдвічі, пояснюється високою швидкістю нагріву кускового сировини (згідно з розрахунком дорівнює 40-50 °С/хв.).

У разі випалу дослідних партій кускових нікопольських карбонатних концентратів і гідратної-карбонатних концентратів «Збагачення» на вогневому стенді з шахтної піччю при температурі колошнику печі 420-500 °С, а в шарі матеріалу в середньому 890-980 °С вміст дрібних фракцій 5-0 мм в продуктах випалу склав близько 40%.

Близькість показників руйнування кускової сировини різних видів при обробці в різних технологічних агрегатах незалежно від ступеня механічної стираності матеріалу вказує на необхідність розробки режиму випалу, який виключає термічні удари. Дійсно, швидкість нагріву концентратів як у обертової печі (температура протиточних газів, що відходять 420 - 460 °С), так і на колошнику шахтної печі (420 - 500 °С) виявлялася порівнянної і досить високою.

Для обробки режиму випалу, яке забезпечує збереження кусковий

природи матеріалу, відповідно до результатів вище наведених розрахунків були проведені дослідження в муфельній печі ПМ-8, в ході яких контейнери з навішеннями концентратів масою 1,5 кг фракції 50-5 мм поміщали в холодну піч та нагрівали разом з піччю. Швидкість нагріву зразків до 400 °С складала 10 °С/хв., від 400 до 1000 °С - 15-18 °С хв. З інтервалом 100 °С відбирали пробу матеріалу для визначення вмісту дрібних фракцій і ступеня розкладання матеріалу зразків (табл. 3.6).

Таким чином, результати дослідження саморуйнування та умов термообробки карбонатних марганцевих концентратів свідчать про можливість збереження кусковий природи марганецьрудних матеріалів при їх термообробці з помірними швидкостями (до 10 °С/хв.) в інтервалі інтенсивної дегідратації і розпушення матеріалу (100-400 °С), що підтверджує результати розрахунку ймовірності руйнування сировини, виконаного за критеріями теорії пластичної деформації [28].

3.3 Висновки

1. Проаналізовано основні вимоги до якості оксидних та карбонатних марганцевих концентратів та показано, що залучення в металургійний переділ карбонатної марганцевої сировини потребує додаткового вивчення особливостей його термообробки і, зокрема, явища саморуйнування кускових карбонатних концентратів при випалюванні.

2. Дослідження саморуйнування та умов термообробки карбонатних марганцевих концентратів свідчать про можливість збереження кусковий природи марганецьрудних матеріалів при їх термообробці з помірними швидкостями (до 10 °С/хв.) в інтервалі інтенсивної дегідратації і розпушення матеріалу (100-400 °С), що підтверджує результати розрахунку ймовірності руйнування сировини, виконаного за критеріями теорії пластичної деформації.

Таблиця 3.6 – Показники випалу кускових концентратів в щільному шарі з повільним нагріванням до 400 °С

Кінцева температура а, °С	Концентрат							
	«Збагачення»		Нікопольський		Більше-токмакський		Покровський	
	ступінь розкладу, %	вихід дрібної фракції, <5 мм, %	ступінь розкладу, %	вихід дрібної фракції, <5 мм, %	ступінь розкладу, %	вихід дрібної фракції, <5 мм, %	ступінь розкладу, %	вихід дрібної фракції, <5 мм, %
300	2,7	-	-	-	-	-	-	-
400	5,8	10,3	0,5	0,2	0,3	-	-	-
500	17,9	10,8	6,4	6,8	5,2	4,3	-	-
600	28,1	11,7	20,5	7,2	15,3	5,0	0,5	-
700	40,9	11,3	28,4	7,8	17,9	5,2	13,2	5,3
800	99,9	12,9	41,8	7,8	36,0	5,9	30,4	5,8
900	100,0	13,1	62,4	8,9	54,3	6,2	44,3	5,9
1000	100,0	13,3	93,2	9,0	92,4	6,4	80,3	6,1

4 ДОСЛІДЖЕННЯ САМОДИСПЕРГУВАННЯ АЛЮМОСИЛІКОМАРГАНЦЮ

4.1 Актуальність дослідження технології виробництва алюмосилікомарганцю з вторинних матеріалів

На сьогодні технологію виплавки алюмосилікомарганцю з бідних марганцевих руд і високозольного вугілля можна віднести до ресурсозберігаючих технологій, яке забезпечує виробництво кінцевого продукту за один переділ - плавку незбагачених марганцевих руд виключаючи необхідність стадій збагачення, огрудкування і з подальшою підготовкою шихтових матеріалів. Відповідно, рівень рентабельності виробництва алюмосилікомарганцю має бути вище в порівнянні з виробництвом стандартних феросплавів. Крім цього, застосування такого порівняно дешевого, але високоефективного комплексного розкислювально-легуючого феросплаву нового покоління такого як алюмосилікомарганець, дозволить поступово замінити традиційних дорогих марганцевих і кремнієвих феросплавів (FeMn, SiMn, FeSi) і порівняно дефіцитного і ще більш дорогого фероалюмінію (FeAl) і алюмінію (АВ86-97Ф ГОСТ 295-98).

Використання сплаву алюмосилікомарганца при позапічної обробці і безперервного розливання сталі дозволить замінити на 100% феросиліцій, на 70-75% силікомарганець і на 65-70% алюміній [37].

4.2 Дослідження самодиспергування алюмосилікомарганцю, виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів в умовах металургійної промисловості Грузії

В умовах Грузії, з точки зору максимально можливого здешевлення виробничого процесу, з одного боку, і поліпшення екологічного стану прилеглих металургійних заводів території, з другої, доцільним видається

розробка технології виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням таких техногенних і вторинних ресурсів, як марганець пил отриманий після фільтрації колошникових газів виробництва марганцевих феросплавів, попутний шлак товарного силікомарганцю, шлами мокрої сепарації шлаків силікомарганцю, шлам виробництва електролітичного діоксиду марганцю, окалина сталепрокатних цехів, алюмовмісний шлак виробництва вторинного алюмінію (відходи переплавки алюмінієвого брухту), відсів коксику, відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібульського родовища та інше). Хімічні та технічні характеристики техногенних та вторинних ресурсів гірничо-металургійного промисловості Грузії представлені в табл. 4.1. У свою чергу, зовнішній вигляд цих техногенних ресурсів показано на рис. 4.1.

Аналіз фізико-хімічних процесів відновлення оксидів при плавці алюмосилікомарганцю із застосуванням вторинних матеріалів (марганецьвмісна пил, шлаки товарного FeMnSi17, шлам сепарації шлаків FeMnSi17, шлам виробництва ЕДМ, залізна окалина, шлак вторинного алюмінію, відсів коксику, відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібульського родовища (Грузія)), показує, що найбільш міцним оксидом є Al_2O_3 . Його відновлення починається при температурі 2310 К.

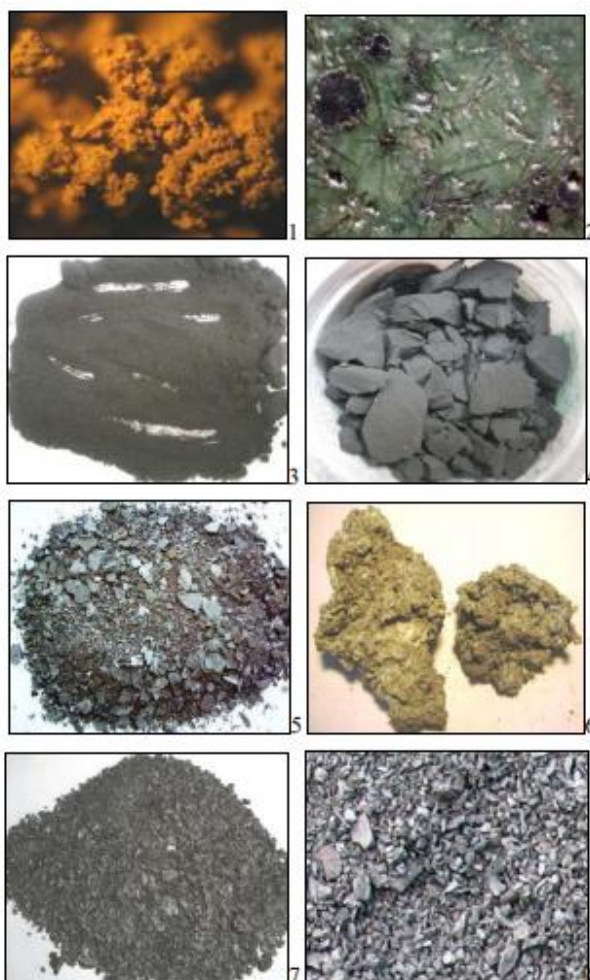
При надлишку вуглецю, температура початку відновлення алюмінію знижується до 2198 К. Це температура значно перевищує температуру відновлення оксидів кремнію, марганцю і заліза. Для кремнію це 1700-1850 К, для марганцю – 1500-1650 К, а для заліза – 970-1000 К.

Слід зазначити, що необхідність спільної подачі всіх шихтових матеріалів призводить до утворення таких складних з'єднанні, як Fe_2SiO_4 , $MnSiO_3$, Mn_2SiO_4 та $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, проте температури початку відновлення марганцю і заліза з цих сполук все ж значно низькі (1800-1850 К) у порівнянні з алюмінієм. При надлишку вуглецевого відновника можуть утворюватися і карбіди цих металів $SiC_{тв}$ (1810 К), Mn_7C_3 (1560 К) та Fe_3C (980 К), що може призвести до істотного ускладнення процесу плавки алюмосилікомарганцю.

Для здійснення плавки алюмосилікомарганцю з марганець-, кремній-,

Таблиця 4.1 – Хімічні та технічні характеристики вторинних шихтових матеріалів Грузії для виробництва алюмосилікомарганцю

Матеріал	Хімічний склад, мас %								Технічні характеристики, мас %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn _{заг}	Fe _{заг}	CaO	MgO	P _{заг}	н.п.п.	зола	летучі	волога	фракція, мм
Марганецьсмісна пил	30-35	1-2	14-24	1,5-2	15-25	0,8-1	0,06	20-23	-	-	1-3	<0,2
Шлак товарного FeMnSi17	40-45	5-6	16-20	-	15-16	5-7	0,01	2-3	-	-	-	10-50
Шлам сепарації шлаку FeMnSi17	35-40	4-6	25-30	1-2	10-15	5-7	0,07	1-2	-	-	3-5	<1
Шлам виробництва ЕДМ	-	-	25-35	0,5-1	-	-	0,15	-	-	-	5-10	<3
Залізна окалина	10-15	5	-	70-85	-	-	0,018	2-3	-	-	1-2	<20
Шлак вторинного алюмінію	10-11	60-65	-	20-21	-	6-7	-	0,5-1	-	-	-	1-6
Відсів коксикю	3,5-5,6	2,2	-	3,5	0,16	0,15	0,02	-	10-11	1-1,2	1-1,3	<10
Відходи збагачення високозольних вуглїв Ткібульського родовища	25-30	14-15	-	4-5	5-15	0,5-2	0,015	-	50-55	15-20	4-5	1-13



1 – марганецьвміщуючий пил виробництва феросилікомарганцю FeMnSi17 (x 50); 2 – шлаки феросилікомарганцю з мікрровключеннями металу (x 50); 3 – шлам мокрої сепарації шлаку FeMnSi17 ; 4 – шлам виробництва електролітичного діоксиду марганцю; 5 – прокатна окалина від вторинного нагріву заготовок квадратного перетину (100 x100 мм) зі сталі (СтЗкп) для прокатки стрижневий арматури; 6 – шлаки вторинного алюмінію; 7 – відсів коксу; 8 – відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібульського родовища

Рисунок 4.1 – Основні техногенні та вторинні ресурси Грузії для виробництва алюмосилікомарганцю:

залізо- і алюмовмісних техногенних і вторинних ресурсів та визначення основних технологічних параметрів процесу, в лабораторії рециклінгу

металовмісних техногенних відходів Інституту металургії та металознавства Грузії були проведені експериментальні крупно лабораторні плавки з використанням однофазної подінопровідящей печі потужністю 100 КВА. Силове харчування печі забезпечувався трансформатором ОСУ-100 / 0.5- УХЛ4 380В / 49.00В-4.60В, ступенями вторинної напруги 24 і 36 В.

З огляду на зольності відходу збагачення кам'яного вугілля Ткібулського родовища та дрібності фракції марганецьвмісного пилу, шламів і відсіву коксу, компонентів шихти для виплавки алюмосилікомарганцю за питомою масової частки (%) показники регулювали в межах даних в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Кількісні показники компонентів шихти для виплавки алюмосилікомарганцю

Компоновка шихтових матеріалів, мас. %	Серія плавки			
	1	2	3	4
Відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібулського родовища				
Відсів коксу	30-40	30-35	25-30	20-25
Пил виробництва FeMnSi17	20-22	22-25	25-27	27-30
Шлак виробництва FeMnSi17	25-30	20-25	-	-
Шлам сепарації шлаку FeMnSi17	5-10	15-20	20-25	25-30
Шлам виробництва ЕДМ	-	-	5-10	15-20
Шлак виробництва вторинного алюмінію	5-10	10-15	15-20	20-25
Прокатна окалина	1-2	2-3	3-4	4-5

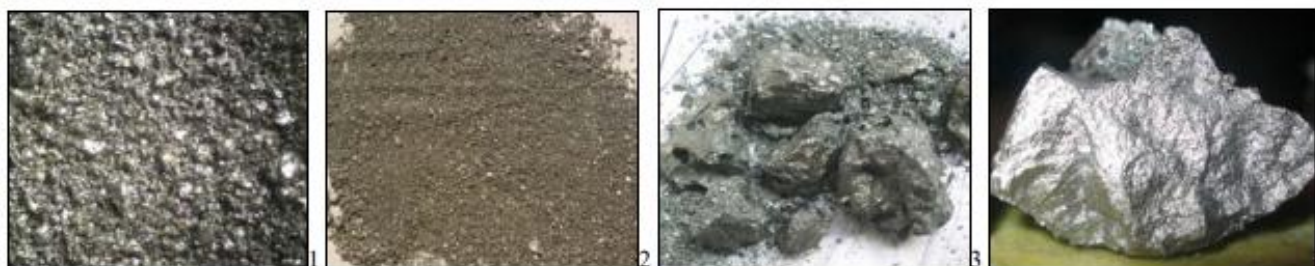
Дослідні плавки проводилися в безперервному режимі з застосуємо ступенів 24 В і 36 В. Розплав випускався періодичний. Тривалість плавки в стійкому режимі печі в середньому складала 90 хв. При плавці з усередненою компоновання шихти, температура колошника досягала 750-800 К. Зі збільшенням в шихті частки шлаку вторинного алюмінію, температура колошника підіймався ще вище і фінішний етап плавки проходив з польним розплавленням шихтових матеріалів. При плавках так само було виявлено, що процес вимагав надмірної кількості твердого вуглецю в шихті в межах 5-10% від стехіометричного розрахункового.

Результати експериментальних плавок приведені в табл. 4.3. Аналіз даних

показує, що електрокарботермічна переробка вищевідзначених техногенних і вторинних металовмісних ресурсів гірничо-металургійної промисловості Грузії задовольняє вимогам технології плавки алюмосилікомарганцю. В отриманих пробах комплексного сплаву міститься: кремнію 26-32 мас. %; алюмінію 17-25 мас. %; марганцю 28-50 мас. %; заліза 6-14 мас. %; вуглецю 0,6-1,3 мас. %; фосфору 0,02-0,09 мас. % (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Усереднений хімічний склад отриманих алюмосилікомарганцевих проб

№ серії плавки	Вміст елементів, %							Вилучення елементів, %			Витрата електро- енергії, кВт·год./т
	Si	Al	Mn	Fe	C	P	S	Si	Al	Mn	
1	32,3	25,5	28,4	14,3	1,1	0,09	0,003	72	76	78	7100
2	30,1	23,4	35,5	10,5	1,3	0,06	0,003	70	75	81	7000
3	28,4	19,2	44,3	7,6	0,8	0,03	0,004	68	73	80	7500
4	26,5	17,4	50,2	5,9	0,6	0,02	0,005	64	70	82	8000



1 – сплав серійної плавки 1 повністю диспергований (x 50);
 2 – сплав серійної плавки 2 розсипається в порошок; 3 –
 сплав серії 3 з ослабленою механічною міцністю та
 розсипається частково; 4 – сплав 4 зі стійкою структурою і
 стабільною міцністю

Рисунок 4.2 – Структура виплавленого фероалюмосилікомарганцю через 24 год. після випуску

Широковідомий ефект інтенсивного самодиспергування алюмосилікомарганцю, що пояснюється високою концентрацією фосфору і карбідних включень по границях зерен при кристалізації сплаву, було виявлено у сплавів серійної плавки 1. При цьому 60-65% цього сплаву розсипається в частинки крупністю $>0,1$ мм. Сплави серій 2 диспергувалися в порошок фракції >3 мм, але не повністю. Сплави 3 значно втрачали механічну міцність, але розсипалися частково, а сплави 4 зберігали свою структуру та міцність.

Аналіз результатів даного дослідження показує, що застосування техногенних та вторинних гірничо-металургійних ресурсів у якості шихтових матеріалів має переваги не тільки з економічної і з екологічної точки зору, а - і з технологічної, що в основному виражається в підвищенні можливостей управління якістю виробленого продукту. Зокрема, використання таких малофосфористих марганецьвмісних вторинних матеріалів, як пил, шлак і шлам сепарації, дає можливість отримання алюмосилікомарганця бажаної якості по фосфору (0,020-0,025%), що в умовах Грузії, при використанні рудного марганцевого сировини Чіатурське родовища, при експлуатації звичайних руднотермічних печей РКО і РПЗ, недосягне [37].

4.3 Висновки

1. Проаналізовано самодиспергування алюмосилікомарганцю, виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів горно-металургійної промисловості Грузії та показано, що інтенсивне самодиспергування алюмосилікомарганцю пояснюється високою концентрацією фосфору і карбідних включень по границях зерен при кристалізації сплаву (у сплаві серійної плавки №1 60-65% цього сплаву розсипається в частинки крупністю $>0,1$ мм).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Сучасна професійна діяльність фахівців невиробничої сфери характеризується збільшенням обсягів інформації, високою швидкістю її опрацювання і значною кількістю рішень, що приймаються з використанням різноманітних технічних засобів. Наразі в офісах, закладах освіти, банках на інших приміщеннях дедалі ширше використовують персональні комп'ютери (ПК), факси, ксерокопіювальні апарати, системи електронних платежів, системи комплексної автоматизації внутрішньофірмової діяльності та інше.

Взаємодія людини зі складними технічними системами збільшує відповідальність працівників за функціонування технічних засобів, значно підвищує ризик, пов'язаний із незнанням правил безпеки праці [38].

Тому в стінах закладу вищої освіти, зокрема в ІННІ ЗНУ, при виконанні кваліфікаційної роботи здобувач ступеня вищої освіти магістра піддається впливу потенційно-небезпечних та шкідливих при роботі з персональним комп'ютером (ПК).

5.1 Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих чинників при роботі з ПК

Згідно темі кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти магістра аналіз та обробка аналітичних даних проводилася в комп'ютерному класі ІННІ ЗНУ (ауд. 225) площею 52,1 м² при висоті стелі 3,5 м. В комп'ютерному класі знаходиться 8 персональних комп'ютерів фірми Samsung діагоналлю 17 дюймів, що відповідає нормі 6 м² на одне робоче місце при об'ємі на одну людину не менше 20 м із урахуванням максимальної кількості одночасно працюючих.

В комп'ютерному класі згідно ДСан ПіН 3-3.2-007-98 [39] повинні дотримуватися такі вимоги:

– оптимальна температура повітря – від 21 °С до 24 °С (в холодний період

року), від 22 °С до 25 °С (в теплий період року);

– оптимальна відносна вологість – від 40% до 60%, але не більше 75%;

– швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с (в холодний період року), від 0,1 м/с до 0,2 м/с (в теплий період року);

– атмосферний тиск від 630 до 800 мм рт. ст.

В приміщеннях, де працюють з комп'ютерами, концентрація легких негативних іонів зменшується, що призводить до підвищення кількості озону (внаслідок використання лазерних принтерів, ксероксів) і може бути шкідливою для користувачів [38]. Вміст озону, окисів азоту та пилу в повітрі робочої зони відповідають ГОСТу 12.1 005-88 [40].

Аналіз основних потенційно-небезпечних та шкідливих факторів при роботі з ПК в комп'ютерному класі в холодний період року показує, що окрім зниженої температури повітря у класі (фактичне значення температури 12 °С при нормі від 22 °С до 24 °С) усі фактори трудового процесу відповідають нормі, відповідно умови праці в комп'ютерному класі відповідають першому класу – оптимальним умовам праці (відповідно до «Гігієнічної класифікації праці»). Категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена (1 ступінь 3-го класу 1 фактор), при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, але й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

Робота магістра біля ПК є періодичною та за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт Іа.

Фактичний рівень шуму на робочому місці складає 50 дБА при нормативних значеннях від 50 дБА до 70 дБА.

Залежно від призначення та сфери застосування ПК комп'ютерного залу відносяться до групи Б.

Відповідно до НРБУ-97/Д-2000 [41] гранично допустима потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 60 см від екрана відеомонітора за будь яких положень регульованих пристроїв становить $7,74 \times 10^{12}$ А/кг, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год. (100 мкР/год.).

В комп'ютерному класі вікно зорієнтовано на північно-східну сторону, що відповідає ДСанПіН 5.5.2.008-01 [42]. Стіни пофарбовані у бежевий колір, що є допустимим для навчальних приміщень. Підлога вкрита бежевим лінолеумом, хоча по нормативам повинна бути червоного кольору, тому у найближчий час її треба замінити.

У класі забезпечуються наступні величини коефіцієнту відбиття світла: для стелі – від 0,7 до 0,8, для стін – від 0,5 до 0,6, для підлоги – від 0,3 до 0,5 та для інших поверхонь – від 0,4 до 0,5.

Наслідками регулярної роботи з комп'ютером без застосування захисних засобів можуть бути: захворювання органів зору (60% користувачів); хвороби серцево-судинної системи (20%); захворювання шлунково-кишкового тракту (10%); шкірні захворювання (5%); різноманітні пухлини.

Захворювання сухожилів, м'язів і нервових закінчень можуть пов'язуватися з невдалою організацією клавіатури або незручною конструкцією миші. Виникнення хвороб спини, шиї, рук спеціалісти пояснюють тим, що при роботі з високою швидкістю повторяються одні і ті ж рухи.

Робота за ПК характеризується тривалою, багатогодинною сидячою працею. Звичайною реакцією організму на нераціональну робочу позу і неправильний режим праці на комп'ютері є відчуття загального дискомфорту, зниження уважності, швидке стомлювання, врешті зниження працездатності. Праця на клавіатурі є інтенсивною динамічною роботою кістково-м'язових кистей рук, одночасно зі статичним напруженням м'язів передпліччя і плеча [43, 44].

5.2 Заходи з поліпшення умов праці

Умови праці – це сукупність факторів зовнішнього середовища, що впливають на здоров'я та працездатність людини в процесі праці. Працездатність визначається здатністю людини виконувати певну роботу протягом заданого часу і залежить від чинників як суб'єктивного, так і

об'єктивного характеру (статі, віку, стану здоров'я, рівня кваліфікації, умов, за яких відбувається праця тощо).

Фактори виробничого середовища мають психологічні (характеризується певними нормативами, перевищення яких викликає у працюючих відчуття дискомфорту) та фізіологічні (характеризується такими нормативами, перевищення яких потребує припинення роботи) межі. Кожний із цих факторів виробничого середовища діє відокремлено, і його вплив ураховується окремо під час атестації і паспортизації робочого місця [45].

Велике значення поліпшення умов праці пояснюється тим, що вони в основному являють собою виробниче середовище, у якій протікає життєдіяльність людини під час праці. Від їхнього стану в прямої залежності перебуває рівень працездатності людини, результати його роботи, стан здоров'я, відношення до праці. Поліпшення умов праці істотно впливає на підвищення його продуктивності.

Виконання будь-якої роботи протягом тривалого часу супроводжується стомленням організму, що проявляється в зниженні працездатності людини. Поряд з фізичною й розумовою роботою значний вплив на стомлення робить і навколишнє виробниче середовище, тобто умови, у яких протікає його робота [44], [46, 47].

В умовах в комп'ютерного класу II ЗНУ для нормалізації параметрів мікроклімату в ньому необхідно використовувати кондиціонування повітря або забезпечити подачу свіжого повітря системами вентиляції, проводити щоденне вологе прибирання класу та використовувати зволожувачі повітря.

Показники санітарних норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин повинні відповідати ДСанПІН 3.3.2.007-98 [39]. Вимоги безпеки і захисту здоров'я працівників при роботі з екранними пристроями повинні відповідати НПАОП 0.00-7.15-18 [48].

Для поліпшення умов праці при низькій температурі повітря в комп'ютерному класі необхідно застосовувати центральне обпалення та додатково встановити два конвектора тепловою потужністю по 3,6 кВт.

Робота магістра відноситься до робіт середньої точності (IV розряд зорових робіт, мінімальний розмір об'єкту розрізнення складає від 0,5 мм до 1,0 мм, для яких при використанні бокового освітлення КПО = 1,5% [49]. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає від 300 лк до 500 лк.

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають ряд істотних переваг:

- за спектральним складом світла вони близькі до природного світла;
- мають підвищену світлову віддачу (від 2 разів до 5 разів вищу, ніж у ламп розжарювання);
- мають триваліший термін служби.

Для досягнення нормативного рівня шуму у комп'ютерному залі (50 дБА) застосовується звукопоглинаюче покриття стін, що має максимальний коефіцієнт звукопоглинання в межах частот від 31,5 Гц до 8000 Гц та дозволено для оздоблення приміщень органами санітарно-епідеміологічного нагляду.

Робоче місце магістранта відповідає наступним критеріям ергономіки:

- висота робочої поверхні столу для ПК складає 800 мм, що відповідає нормативним значенням від 680 мм до 800 мм;
- ширина столу складає 700 мм, що відповідає нормативним значенням від 600 мм до 1400 мм;
- поверхня сидіння та спинки робочих стільців є напівм'якими, з не наелектризованим покриттям та по мірі забруднення піддаються чищенню, але не відповідають нормативу бути підйомно-поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано зі стаціонарними або змінними підлікотниками, тому у найближчий час їх треба замінити;
- екран комп'ютера розташовується на відстані 600 мм від користувача (магістранта), що відповідає нормативним значенням від 600 мм до 700 мм, але не менше за 600 мм з урахуванням літерно-цифрових знаків і символів.

Клавіатура ПК знаходиться на висувній полиці.

При розміщенні робочих місць з комп'ютерами відстань між робочими столами з відеомоніторами (у напрямленні тилу поверхні одного відео монітору та екрану іншого відео монітору) повинна бути не менше 2 м, а відстань між боковими поверхнями відео моніторів - не менше 1,2 м. В комп'ютерному класі ЗДІА ці норми виконуються.

У ході виконання робіт біля ПК магістрант повинен робити 15-ти хвилинні перерви через кожну годину роботи, впродовж яких рекомендується виконувати комплекси вправ для очей, рук, хребта, поліпшення мозкового кровообігу та інші. З метою зменшення негативного впливу монотонності необхідно застосовувати чергування операцій. При роботі з текстовою інформацією слід віддавати перевагу фізіологічно найбільш оптимальному режиму уявлення чорних символів на білому тлі.

Перед початком роботи оператор ПК (магістр) повинен дотримуватися наступним вимогам безпеки під час роботи з комп'ютером:

- оглянути своє робоче місце, а при виявленні ознак пошкодження обладнання інформувати відповідального за техніку безпеки в комп'ютерному класі;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися в відсутності відблисків на екрані комп'ютера, відсутності зустрічного світла;
- перевірити правильність підключення обладнання ЕОМ до електромережі;
- очистити екран комп'ютера від пилу та інших забруднень;
- перевірити правильність організації робочого місця та за необхідності провести відповідні коригування.

Усе електрообладнання комп'ютерного класу ІННІ ЗНУ має заземлення, підлога вкрита лінолеумом.

Робочі місця користувачів ПК мають II ступінь вогнестійкості відповідно ДБН В.1.1.7-2016 [50].

Для гасіння пожеж в комп'ютерному класі передбачено один вуглекислотний вогнегасник типу ВВК-3,5 [51].

На другому поверсі, у коридорі ІННІ ЗНУ на стіні є «План евакуації людей при пожежі», де зазначені шляхи евакуації людей і місце розташування щитів з інвентарем для гасіння. У комплект щита входить один вуглекислотний вогнегасник ВВК-3,5.

Слід зазначити, що індивідуальний спосіб захисту передбачає застосування індивідуальних засобів захисту органів дихання, шкіри, а також медичних засобів захисту. Цей спосіб широко застосовують у мирний час в умовах радіоактивного забруднення, в зонах, заражених сильнодіючими ядучими речовинами, осередках біологічного зараження, районах стихійних лих. У режимі надзвичайної ситуації і надзвичайного стану всі заходи, які передбачається застосовувати для захисту населення, включають застосування засобів індивідуального захисту [52].

Так з медичних засобів індивідуального захисту на кафедрі металургії повинна бути аптечка індивідуальна (АІ-2), індивідуальний протихімічний пакет (ППІ-8) та пакет перев'язувальний індивідуальний.

5.3 Висновки

1. Проаналізовано вплив потенційно-небезпечних та шкідливих чинників при виконанні кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти магістра в стінах ІННІ ЗНУ при аналізі та обробці аналітичних даних за допомогою ПК.

2. Показано, що при роботі з ПК в комп'ютерному класі ІННІ ЗНУ умови праці в ньому відповідають першому класу – оптимальним умовам праці. Категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, але й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що серед основних причини розсіпання та руйнування марганцевих сплавів є низький вміст марганцю (18-24 %) та високий питомий вміст фосфору (відношення $P/Mn > 0,006$). Визначено, що кремнієві сплави, що містять лебоїт, втрачають суцільність, розтріскуються та навіть розсіпаються. Так при повільній рівновісній кристалізації лебоїт може виділятися при кристалізації як сплаву ФС75 так і ФС45. Утворення тріщин по границям дозволяє фосфору, миш'яку, сульфідам та карбідам алюмінію реагувати з вологою повітря, в результаті чого утворюються PH_3 , PH_4 , AsH_4 та інші, а в тріщинах – пухкі оксиди Al_2O_3 , SiO_2 та інші з'єднання, які сприяють розсіпання. Для запобігання розсіпання сплавів можна їх модифікувати магнієм, легувати добавками елементів, що подрібнюють зерно (V, Ti, Zr та інші) або роблять його більш пластичним, при цьому подрібнення зерна зменшує на його границях концентрацію таких домішок як P, Al та Ca.

2. Дослідження проблем розсіпання феросиліцію з утворенням токсичних отрут дозволяють розкрити фізико-хімічну картину процесів, що відбуваються в ванні феросплавної печі, металофізичну природу миш'яку і фосфору в сплавах заліза з кремнієм з урахуванням інших домішок, механізм впливу вологого середовища на розсіпання феросиліцію та утворення арсину та фосфіну.

3. Проаналізовано основні вимоги до якості оксидних та карбонатних марганцевих концентратів та показано, що залучення в металургійний переділ карбонатної марганцевої сировини потребує додаткового вивчення особливостей його термообробки і, зокрема, явища саморуйнування кускових карбонатних концентратів при випалюванні.

Дослідження саморуйнування та умов термообробки карбонатних марганцевих концентратів свідчать про можливість збереження кусковий природи марганецьрудних матеріалів при їх термообробці з помірними швидкостями (до $10\text{ }^{\circ}\text{C/хв.}$) в інтервалі інтенсивної дегідратації і розпушення

матеріалу (100-400 °С), що підтверджує результати розрахунку ймовірності руйнування сировини, виконаного за критеріями теорії пластичної деформації.

4. Проаналізовано самодиспергування алюмосилікомарганцю, виплавленого із застосуванням техногенних та вторинних матеріалів горно-металургійної промисловості Грузії та показано, що інтенсивне самодиспергування алюмосилікомарганцю пояснюється високою концентрацією фосфору і карбідних включень по границях зерен при кристалізації сплаву (у сплаві серійної плавки №1 60-65% цього сплаву розсипається в частинки крупністю >0,1 мм).

5. Проаналізовано вплив потенційно-небезпечних та шкідливих чинників при виконанні кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти магістра в стінах ІННІ ЗНУ при аналізі та обробці аналітичних даних за допомогою ПК. Показано, що при роботі з ПК в комп'ютерному класі ІННІ ЗНУ умови праці в ньому відповідають першому класу – оптимальним умовам праці. Категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, але й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Цветков И. В., М. И. Гасик М. И. Влияние структуры и химического состава ферросилиция на его использование при обработке стали. Литьё-2011: тезисы докладов. 2011. С. 213-215.
2. Рожихина И. Д. Развитие теоретических основ и совершенствование технологии производства марганецсодержащих материалов и сплавов с использованием руд месторождений Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.16.02. Новокузнецк, 2007. 20 с.
3. Рожихина И. Д. К вопросу дефосфорации марганцевых сплавов. *Вестник ЮУрГУ*. 2006. №10. С. 56-60.
4. Петров М. Г., Равикович А. И. О деформировании и разрушении алюминиевых сплавов с позиций кинетической концепции прочности. *Прикладная механика и техническая физика*. 2004. Т. 45. №1. С. 151-161.
5. Ботвина Л. Р. Кинетика разрушения конструкционных материалов: учебн. Москва: Наука, 1989. 230 с.
6. Металлоторг: справочник. URL: <http://www.metaltrade.ru/abc/r/1579.htm> (дата звернення: 01.11.2020).
7. Разрушение. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D1%80%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5> (дата звернення: 01.11.2020).
8. Материаловедение: основы теории разрушения. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/370/> (дата звернення: 01.11.2020).
9. Самовозгорание. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5> (дата звернення: 01.11.2020).
10. Причины разрушения природных каменных материалов и способы защиты от коррозии. URL: <https://studfile.net/preview/5630742/page:5/> (дата звернення: 01.11.2020).

11. Елютин В. П., Поляков Ю. А., Левин Б. Е. Производство ферросплавов. Москва: Металлургия, 1951. 496 с.
12. Гельд П. В., Есин О. А. Процессы высокотемпературного восстановления (окислов хрома, марганца, кремния, фосфора). Свердловск: Metallurgizdat, 1957. 646 с.
13. Дуррер Ф., Фолькерт Г. Металлургия ферросплавов / пер. с нем. А. П. Сергеева. Москва: Metallurgizdat, 1956. 362 с.
14. Ферросплавы: справочное издание/ В. Г. Мизин, Н. А. Чирков, В. С. Игнатъев и др. Москва: Металлургия, 1992. 415 с.
15. Зубов В. Л., Гасик М. И. Механізована розливка і фракціонування кременистих феросплавів, технологія і обладнання: навч. посіб. Дніпропетровськ: Нац. металург. акад. України, 2011. 143 с. ISBN 978-966-2596-02-1
16. Жучков В. И., Гасик М. И., Шешуков О. Ю. Структура и свойства ферросплавов. *Литейний консилиум №2 «Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из чёрных сплавов»*. Челябинск: Челябинский Дом печати, 2007. С. 8.
17. Захаров В. Г., Петрова С. А., Жданов А. В., Жучков В. И. Изучение влияния структуры ферросилиция на его рассыпаемость. *Металлы*, 2014. №1. С. 12-18.
18. Сезоненко О. М. Удосконалення трьохстадійної технологічної схеми і розробка інноваційних процесів виплавки марганцевих феросплавів силікотермічним способом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд техн. наук : 05.16.02. Дніпропетровськ, 2010. 19 с.
19. Классификация ферросплавных процессов. Физико-химические основы получения ферросплавов. Производство силикокальция силикотермическим процессом. Производство углеродистого феррохрома. URL: <https://vunivere.ru/work43136/page9> (дата звернення: 01.11.2020).
20. Минералогическая энциклопедия/ под ред. К Фрея; пер. с англ. Ленинград: Недра, 1985. 512 с.

21. Гасик М. И. Проблемы рассыпания высокопроцентного ферросилиция с образованием токсичных ядов. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999)*. Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 245–250.

22. Massalski T. Binary Alloy phase diagrams. V I. American Society for Metals Park, 1986. 1100 p.

23. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов: справочник. Москва: Metallurgizdat, 1956. Т 1. 608 с.

24. Требования к качеству окисных и карбонатных марганцевых концентратов. URL: <https://metallurgist.pro/trebovaniya-k-kachestvu-okisnyh-i-karbonatnyh-margantsevyh-kontsentratorov/> (дата звернення: 01.11.2020).

25. Сергеев П. В. Опорний конспект лекцій по дисципліні «Збагачення руд чорних металів» (для студентів спеціальності 7.090303 «Збагачення корисних копалин»). Донецьк: ДонНТУ, 2008. 68 с.

26. Хазанова Г. П., Лякишев Н. П., Ширер Г. Б., Деханов Н. М. Технология производства ферросплавов из никопольских карбонатных руд. *Сталь*. 1959. № 12. С. 1086.

27. Кучер А. Г., Мироненко П. Ф. Термическая подготовка карбонатных марганцевых концентратов перед электроплавкой. *Физико-химические процессы в электротермии ферросплавов*. 1981. С. 25.

28. Лякишев Н. П., Гасик М. И., Грищенко С. Г., Коваль А. В. Причины саморазрушения и условия термообработки, обеспечивающие сохранение кусковой природы карбонатных марганцевых концентратов. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков:*

материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999). Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 79–84.

29. Райченко Т. Ф., Москалева Н. М., Мстиславский М. М. Новые данные по минеральному составу и генезису руд Никопольского месторождения. *Доклады АН СССР*. 1982. Т. 264. № 6. С. 1458.

30. Исследование вещественного состава карбонатных марганцевых концентратов Приднепровского бассейна / В. М. Катунин, Н. П. Лякишев, С. Г. Грищенко и др. *Известия вузов. Черная металлургия*. 1984. № 3. С. 15.

31. Словарь геологических терминов и понятий. URL: <https://www.ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/dynamic-geology/books/slovar/> (дата звернения: 01.07.2020).

32. Горбачев В. А., Шаврин С. В. О механизме возникновения напряжения в процессе восстановления гематита. *Известия АН СССР. Металлы*. 1980. № 2. С. 19.

33. Пластичность и разрушение/ Под ред. В. Л. Колмагорова. Москва: Металлургия, 1977.

34. Курдюмова Г. Г., Мильман Ю. В., Трефилов В. И. К вопросу о классификации микромеханизмов разрушения по типам. *Металлофизика*. 1979. № 2. С. 55.

35. Мешков Ю. Я., Сердигова Т. Н. Разрушение деформированной стали. Киев: Наук, думка. 1989. 320 с.

36. Полухин П. И., Горелик С. С., Воронцов В. К. Физические основы пластической деформации. Москва: Металлургия. 1982. 584 с.

37. Dr Ph. Eng. G. Jandieri, Dr Ph. Eng. D.Sakhvadze. Smelting of aluminosilicomanganese from technogenic and secondary resources mining-metallurgical industry of Georgia. *SCIENTIFIC PROCEEDINGS X INTERNATIONAL CONGRESS "MACHINES, TECHNOLOGIES, MATERIALS" 2013*. 2013. YEAR XXI, Volume 1, pp. 107-110. Режим доступа: <http://mtmcongress.com/proceedngs/2013/1/29.SMELTING%20OF%20ALUMOSIL>

ICOMANGANESE%20FROM%20TECHNOGENIC%20AND%20SECONDARY%20RESOURCES%20MINING-METALLURGICAL%20INDUSTRY%20OF%20GEORGIA.pdf (дата звернення: 01.11.2020).

38. Груба Ю. В., Чорна Т. М., Якимчук І. В. Шкідливі і небезпечні чинники, що діють на працівника сучасного офісу. *Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : програма і матеріали 79 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 15 – 16 квітня 2013 р.). Київ: НУХТ, 2013 р. Ч. 2. С. 740-741. Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11691/3/Zaiets.pdf> (дата звернення: 01.11.2020).

39. ДСан ПіН 3-3.2-007-98. Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний з 10.12.1998 р]. Вид. офіц. Київ, 1998. 18 с.

40. ГОСТ 12.1 005-88. Система стандартів безпеки праці. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Действительный с 01.01.1989 р]. Изд. офиц. Москва: Издательство стандартов, 1998, Стандартиформ, 2006. 48 с.

41. НРБУ-97/Д-2000. Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (ДГН 6.6.1. - 6.5.061-2000). [Чинний з 01.12.1997 р]. Вид. офіц. Київ, 2000. 84 с.

42. ДСанПіН 5.5.2.008-01. Влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу. Державні санітарні правила і норми. [Чинний з 14.08.2001 р]. Вид. офіц. Київ, 2001. 49 с.

43. Лапін В. М. Основи охорони праці. Львів: ЛБІ НБУ, 2002. 142 с.

44. Жидецький В. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.

45. Умови праці та фактори їх формування. URL: <http://meriatokmak.gov.ua/index.php/2843-umovi-pratsi-ta-faktori-jikh-formuvannya>

(дата звернення: 01.11.2020).

46. Основи охорони праці: підручн. / К. Н. Ткачук та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ: Основа, 2003. 472 с.

47. Охорона праці: навч. посібн. / Я. І. Бедрій та ін. Львів: ПТВФ «Афіша», 1997. 258 с.

48. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Чинний з 25.04.2018 р]. Вид. офіц. Київ, 2018.

49. Геврик Є. О. Охорона праці: навч. посібн. для студ. ВНЗ. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

50. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний з 01.06.2007 р]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 35 с.

51. Рожков А. П. Пожарная безопасность на производстве. Киев: Охрана труда. 1997. 448 с.

52. Індивідуальні засоби захисту. URL: https://pidru4niki.com/15890315/bzhd/individualni_zasobi_zahistu (дата звернення: 01.11.2020).

ДАДАТКИ

ДОДАТОК А

**НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
МАГІСТРА**

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**



Запоріжжя
2020

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**

24-27 листопада 2020

Запоріжжя
2020

ЗМІСТ

Секція металургії

Голота К.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук Аналіз та вдосконалення технології випалу вапняку в виробництві глинозему	5
Агафонов О.А., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук Аналіз та вдосконалення технології зневоднення гідроксиду алюмінію	6
Живиця І.В., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук Аналіз та вдосконалення технології гідрокласифікації розбавленої пульпи у виробництві глинозему	6
Личко Д.М., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук Аналіз та вдосконалення технології мокрого розмелювання бокситів	7
Лотошников О.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук Аналіз та вдосконалення технології згущення червоного шламу	7
Подвойський Ю.О., ст. гр. МЕТ-17-16д, Лічконенко Н.В., ст.викл. Залежність гранулометричного складу металевих гранул від гідродинамічної нестабільності струменя розплаву	8
Кушніренко О.Г., ст. гр. 6.1369-с, Лічконенко Н.В., ст.викл. Сучасні способи отримання порошків для адитивних технологій	9
Сидоренко М.А., ст. гр. 6.1369, Лічконенко Н.В., ст.викл. Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва вогнетривів в Україні	10
Донець В.Г., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук Дослідження впливу структури коксу на його властивості	11
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук Аналіз нових технологій коксування вугілля	12
Рибалка С.М., магістрант гр. 8.1369 – МКМ, Бережна О.Р., доц., канд. техн. наук Скачков В.О., доц., докт. техн. наук	13
Підвищення якості вуглецевих блоків для електролізерів методом просочення	
Ярмонов М.О., магістрант гр. 8.1369 – МЧМ, Скачков В.О., доц., докт. техн. наук Застосування модернізованої системи опалювання в мартенівському виробництві	13
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук – Аналіз нових технологій коксування вугілля	14
Ганоченко М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук Проблеми розсіпання феросплавів	15
Діброва М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук Аналіз технології виплавки карбіду бора	16
Матвеев О.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук Комплексне використання вторинних марганецьвмісних матеріалів	17
Юрченко Є.О., магістрантка гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., ас.	18
Теплова робота мартенівської печі	
Гарус К.М., магістрант гр. 8.1369-мчм-з, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук Радіоактивність сировини та продуктів металургійного виробництва	19
Вінник І.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., ас.	20
Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	
Лисенко Є.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., ас.	21
Адитивні технології: перспективи та проблеми 3D та 4D-друку	

промисловості з метою надати рекомендації для вітчизняних підприємств.

Останнім часом у світовій коксохімії реалізуються результати багаторічних розробок за технологією виробництва коксу на батареях з печами великого обсягу. Перевага камер великого обсягу є більш низькі капітальні витрати і експлуатаційні витрати, зниження навантаження на навколишнє середовище і збільшення терміну служби печей.

Зниження капітальних витрат при переході на печі висотою 7,6 м досягається за рахунок зменшення числа батарей, скорочення виробничих площ і комплектів коксових машин. Для їх обслуговування потрібна менша чисельність персоналу, що сприяє оптимізації експлуатаційних витрат. У довгостроковій перспективі можна розраховувати на збільшеній строк служби великовантажних батарей, що позитивно позначатся на собівартості коксу.

Великий крок в оптимізації екологічного навантаження від коксових батарей зроблений з розробки та впровадження системи PROven, яка дозволила знизити майже до нульового рівня шкідливі викиди коксових батарей, включаючи димові викиди при завантаженні.

Для скорочення витрат добреспіктивного вугілля і підвищення якості коксу все частіше застосовуються прогресивні технології, що дозволяють розширити сировинну базу коксування.

Найбільш вивченими технологіями коксування великої кількості слабоспіктивного вугілля в шихті є: термічна підготовка вугільної шихти; трамбування вугільної шихти перед коксуванням; часткове брикетування шихти; вибіркове подрібнення шихти з пневматичною сепарацією; виробництво формованого коксу; безперервне коксування.

Вплив найпоширеніших способів підготовки вугільних шихт на поліпшення якості коксу (за других рівних умов) в порядку зростання: 1) звичайні способи підготовки; 2) вибіркове подрібнення з пневмосепарацією; 3) термічна підготовка вугільної шихти; 4) трамбування вугільної шихти.

УДК 669.168

Ганоченко М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д,
Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук – науковий керівник

ПРОБЛЕМИ РОЗСИПАННЯ ФЕРОСПЛАВІВ

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету,
кафедра металургії*

В даний час на ряду з підвищенням якості матеріалів, зниження матеріальних та енергетичних витрат, одним з пріоритетних напрямків розвитку металургійної галузі є підвищення екологічної безпеки виробництва. Відомо, що феросиліцій та феромарганець схильні до самодиспергування, результатом якого є погіршення споживчих якостей феросплавів, зміна їх фракційного складу, а також самовиділення шкідливих отруйних газів.

Явище розсіпання феросплавів має місце при його транспортуванні та зберіганні. Самодиспергування в значній мірі пов'язане зі структурою і фізико-хімічними характеристиками сплавів.

Дослідженням структури феросплавів присвятили свої роботи Л.Н. Гасик, В.Д. Поволоцький, В.Р. Вертій, В.Я. Радугін, В.Л. Зубов, В. Р. Бродова та інші.

Основною причиною розсіпання феросиліцію та високовуглецевого феромарганцю у вологій атмосфері вважається наявність та ізоляція в них домішок (P, S, Al, Ca). Механізм руйнування сплавів – концентрування комплексних карбідів і фосфідів алюмінію, кальцію і марганцю по межах зерен. Взаємодіючи з вологою, вони розкладаються з виділенням газів, границі зерен окислюються, що робить вирішальний вплив на розсіпання сплавів. Так, руйнування високовуглецевого феромарганцю може відбуватися внаслідок руйнування з'єднання Mn_3C , а розсіпання феросиліцію з вмістом $>50\%$ Si ускладнюється тим, що відбувається при охолодженні лебоїтним розпадом. При швидкому охолодженні α -лебоїт

фіксується у вигляді метастабільної фази, яка в подальшому розпадається зі збільшенням об'єму до 20% і викликає внутрішні напруги в сплаві, що сприяють розсипанню.

Особливістю сплавів системи Fe-Si (зокрема для висококремністих марок ФС65, ФС70, ФС75 та інших) в рідкому стані є сильний розвиток ліквідації у процесі розливу, який супроводжується різним вмістом кремнію по висоті зливку. Домішки у вигляді Ca, Al, P та As також піддаються ліквідації, що призводить до самовільного розсипання окремих районів зливку або повному розсипанню їх до порошкоподібного стану.

В умовах АТ «Серовський завод феросплавів» проведені дослідження впливу структури феросиліцію на його схильність до розсипання. Була виявлена значна мікронеоднорідність структури, що викликана ліквідацією кремнію, яка в свою чергу і зумовила появу в структурі сплаву тріщин та наявність фосфидів магнію, алюмінію, титану і кремнію, здатних при взаємодії з вологою повітря утворювати фосфіни. Зниження схильності до саморозсипання феросиліцію передбачає придушення ліквідації перед розливкою сплаву, раціональні межі вмісту кремнію, а також зниження концентрації домішок, в першу чергу фосфору і алюмінію, що надходять в сплав з шихтових матеріалів.

Відомі дослідження фазового складу феросиліцію машинної розливу на стійкість до розсипання. Показано, що при формуванні в структурі ФС75 надлишкових фаз виділення, що ініціюють розсипання зливків з виділенням отруйних газів PH_3 (фосфін) та AsH_3 (арсін), в основному беруть участь три елементи – кальцій, алюміній і фосфор. Кремній і залізо в складі цих фаз, мабуть, стабілізують їх стійкість і знижують схильність зливків до розсипання у вологій атмосфері. При наявності в розплаві навіть невеликої кількості миш'яку він концентрується в фазах з кальцієм, алюмінієм і фосфором. Як впливає з даних рентгеноспектрального мікрозондування надлишкових фаз виділення, їх розташування у структурі залежить як від вмісту кожного з цих елементів, так і від швидкості кристалізації розплаву феросиліцію.

УДК 666.792-047.44

Діброва М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д,
Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИПЛАВКИ КАРБІДУ БОРА

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету,
кафедра металургії*

Карбід бору, що володіє комплексом хімічних та фізико-механічних властивостей, знаходить широке застосування в сучасній техніці, будучи дуже міцним матеріалом незамінний в атомній енергетиці привиробництві захисних екранів, використовується як легуючий елемент (модифікатор) при виробництві сталі та проявляє надвисоку хімічну стійкість в агресивних середовищах.

Зазвичай карбід бору виплавляють у трьохфазній дуговій сталеплавильній печі з трансформатором потужністю 2 МВт·А, що оснащена електродами діаметром 300 мм. Але раніше існувала і технологія виплавки карбіду бору у трьохфазній дуговій сталеплавильній печі потужністю 1200 кВт·А з графітованими електродами діаметром 400 мм.

Слід зазначити, що у промислових умовах карбід бору отримують не синтезом з чистих елементів, а відновленням борної кислоти вуглецем.

Науковцями з Національної металургійної академії України запропоновано технологію синтезу нітриду бору необхідної модифікації за двохстадійною карбомідною технологією. Розроблена технологія виплавки карбіду бору включає:

- нову конструкцію електропечі, що забезпечує виплавку блоку будь-якої необхідної маси;
- пристрій дозволяє витягувати блок карбіду бору з печі не знімаючи кожуха печі;