МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повна найменування вищого навчального закладу)
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
(назва факультету)
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/ проєкт

другий (магістерський) рівень вищої освіти
(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз причин та наслідків розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1363- мчм

спеціальності 136 «Металургія»
(код і назва спеціальності)

освітньо-професійна програма «Металургія чорних металів»
(назва освітньої програми)

Коростін Віталій Геннадійович
(ініціали та прізвіще)

Керівник доцент, канд. техн. наук, доцент Воденнікова О.С.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*
Рівень вищої освіти *другий (магістерський) рівень*
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність *136 «Металургія»*
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма *Металургія чорних металів*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *МТЕТБ*
Ю.О. Бєлоконь
"__" _____2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТУ

Коростіну Віталію Геннадійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Аналіз причин та наслідків розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів»

керівник роботи (проєкту) *Воденнікова Оксана Сергіївна, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від *"28" 02 2024 р. № 359-с*

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *01.12.2024р.*

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Науково-технічна література, ДСТУ, патенти.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Реферат. Вступ. Розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів: різновиди, причини, наслідки. Аналіз процесу самодиспергування сплавів марганцю. Дослідження розсипання марганцевих сплавів. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки. Перелік джерел посилання.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Титульний лист – 1. Вступ – 1. Розділ 1 – 2. Розділ 2 – 3. Розділ 3 – 3. Розділ 4 – 0. Загальні висновки – 2.*

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів: різновиди, причини, наслідки	*Воденнікова О.С., доцент*	
Аналіз процесу самодиспергування сплавів марганцю	*Воденнікова О.С., доцент*	
Дослідження розсипання марганцевих сплавів	*Воденнікова О.С., доцент*	
Охорона праці та техногенна безпека	*Воденнікова О.С., доцент*	
Нормоконтроль	*Бондаренко Ю.В., доцент*	

7. Дата видачі завдання *01.03.2024р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Приміпка
1	*Реферат. Зміст. Вступ.*		
2	*Розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів: різновиди, причини, наслідки:*		
3	*Аналіз процесу самодиспергування сплавів марганцю*		
4	*Дослідження розсипання марганцевих сплавів*		
5	*Охорона праці та техногенна безпека*		
6	*Загальні висновки. Перелік джерел посилання*		
7	*Графічна частина*		

Студент _____ *Коростін В.Г.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ *Воденнікова О.С.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 62 с., 6 табл., 42 рис., 20 джерел посилання.

РОЗСИПАННЯ, РУЙНУВАННЯ, САМОРОЗСИПАННЯ, САМОДИСПЕРГУВАННЯ, КРЕМНІЄВИЙ СПЛАВ, МАРГАНЦЕВИЙ СПЛАВ, ФЕРОСИЛІЦІЙ, ФЕРОМАРГАНЕЦЬ.

Об'єкт дослідження: феросиліцій, феромарганець, техногенні і вторинні ресурси, що містять кремній та марганець.

Мета роботи – визначити основні причини розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів та запропонувати шляхи вирішення цієї проблеми.

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

Проаналізовано причини та наслідки розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів. Приведені рекомендації щодо попередження і запобігання розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів.

Розглянуто технологію виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних і вторинних ресурсів Грузії як приклад самодиспергування сплавів марганцю.

Досліджено процес розсипання марганцевих сплавів та проаналізовано результати мікрофрактографії отриманих шліфів.

Проаналізувано потенційно-небезпечні та шкідливі чинники при зберіганні та транспортуванні марганцевих та кремнієвих сплавів.

Приведені рекомендації щодо попередження і запобігання розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів можна використовувати в лабораторних та промислових умовах в процесі зберігання, транспортування даних сплавів, що, в свою чергу, надасть можливості зменшити негативний вплив феросплавного виробництва на навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 7
1 РОЗСИПАННЯ МАРГАНЦЕВИХ ТА КРЕМНІЄВИХ СПЛАВІВ: РІЗНОВИДИ, ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ..... 9
1.1 Причини розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів…….. 9
1.2 Наслідки розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів…….. 11
1.3 Рекомендації щодо мінімізації наслідків розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів…… 15
1.4. Аналіз питання розсипання феросплавів на прикладі досліджень різних країн…… 16
2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ САМОДИСПЕРГУВАННЯ СПЛАВІВ МАРГАНЦЮ……. 18
3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗСИПАННЯ МАРГАНЦЕВИХ СПЛАВІВ…….. 26
3.1 Методи та методологія дослідження розсипання марганцевих сплавів… 26
3.2 Дослідження мікрофрактографії шліфів…….. 28
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА…… 48
4.1 Охорона праці при зберіганні феросплавів…….. 48
4.2 Охорона праці при транспортуванні феросплавів…… 49
4.3 Контроль якості феросплавів……. 50
4.4 Вплив процесу розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів на здоров’я людини…….. 57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ……. 60

ВСТУП

На сьогодні проблематика охорони навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів – одні з актуальних направлень досліджень науковців по всьому світу. Безпосередньо проблема захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів, в тому числі під час отримання марганцевих та кремнієвих сплавів, вимагає постійної уваги.

Проблематика уловлювання, очищення та використання пилу, шламів, що утворюються в процесі виплавки марганцевих та кремнієвих сплавів на українських металургійних підприємствах, більш-менш розкрита. Але, наприклад, проблема розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів носить відкритий характер і потребує аналізу та пошуку шляхів її подолання з залученням досвіду провідних науковців зі всього світу [1].

Вирішення проблематики феросплавного виробництва представляється можливим за рахунок комплексу стратегічних заходів як в масштабах металургійної галузі, так і держави в цілому. Безпосередньо вирішення проблем необхідним є розробка державних програм, що мають передбачати розвиток інноваційної інфраструктури та науково-технічне забезпечення металургійного виробництва, економічно-обгрунтовану цінову політику на енергоносії, комерціалізацію наукових доробок, налагодження ефективного співробітництва між державою, бізнесом та науковою спільнотою, збільшення кількості приватних інвестицій [2].

Мета роботи – визначити основні причини розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів та запропонувати шляхи вирішення цієї проблеми.

Поставлена мета в роботі вирішується наступними завданнями:

– проаналізувати основні причини розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів та окреслити шляхи їх подолання;

– проаналізувати процес розсипання феросплавів на прикладі

досліджень різних країн;

– розглянути технологію виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних і вторинних ресурсів як приклад самодиспергування сплавів марганцю;

– провести дослідження розсипання марганцевих сплавів та проаналізувати результати мікрофрактографії шліфів;

– проаналізувати потенційно-небезпечні та шкідливі чинники при зберіганні та транспортуванні марганцевих та кремнієвих сплавів.

Об'єкт дослідження: феросиліцій, феромарганець, техногенні і вторинні ресурси, що містять кремній та марганець.

Предмет дослідження: закономірності процесів розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів.

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

Наукова новизна одержаних результатів. Приведені рекомендації щодо попередження і запобігання розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів можна використовувати в лабораторних та промислових умовах в процесі зберігання, транспортування даних сплавів, що, в свою чергу, надасть можливості зменшити негативний вплив феросплавного виробництва на навколишнє середовище.

Практичне значення одержаних результатів. Результати аналітичних досліджень можуть бути використані в освітньому процесі Запорізького національного університету при викладанні дисципліни «Сучасні проблеми металургії» для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 136 «Металургія» освітньо-професійних програм «Металургія чорних металів», Металургія кольорових металів» та «Обробка металів тиском», а також при роботі студентської наукової проблемної групи «Сучасні технології підвищення ефективності виплавки та обробки чорних металів та сплавів» в якості матеріалу для наукових семінарів, зокрема за темою «Розсипання феросплавів: проблема чи норма?».

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались і обговорювались на 1 конференції:

1. Аналіз причин та наслідків розсипання та руйнування марганцевих та кремнієвих сплавів. *Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід* : VII Міжнародна конференція (Дніпро, 23–25 грудня 2024 р.). Дніпро : Журфонд, 2024. С. 93–96.

1 РОЗСИПАННЯ МАРГАНЦЕВИХ ТА КРЕМНІЄВИХ СПЛАВІВ: РІЗНОВИДИ, ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ

Прооцес розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів процес впливає на механічні, хімічні та фізичні властивості кінцевого продукту (зокрема сталі, що виплавляється).

Навіть при нормальному (стандартному) вмісті фосфору (0,03–0,04%) феросиліцій з 49-51% Si схильний до розсипання. З цих причин в сплаві марки ФС45 кількість кремнію регламентовано межами 41–47% при вмісті фосфору не більше 0,05%.

При зберіганні і транспортуванні феросиліцію марки ФС75 слід очікувати виділення PH_3, CH_4, C_2H_2, H_2 та CO.

При формуванні в структурі ФС75 надлишкових фаз виділення, ініціюють розсипання зливків з виділенням отруйних газів PH_3 (фосфін) та AsH_3 (арсін), в основному беруть участь три елементи – кальцій, алюміній і фосфор.

Руйнування високовуглецевого феромарганцю може відбуватися внаслідок руйнування з'єднання Mn_3C, а розсипання феросиліцію з вмістом більш як 50% Si ускладнюється тим, що відбувається при охолодженні лебоітним розпадом. При швидкому охолодженні α-лебоіт фіксується у вигляді метастабільної фази, яка в подальшому розпадається зі збільшенням об'єму до 20% і викликає внутрішні напруги в сплаві, що сприяють розсипанню.

1.1 Причини розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів

Основні причини розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів:

1. Крихкість сплаву (феросплави при механічних впливах (удари, падіння) вони можуть легко розколюватися на дрібні частини) (рис. 1.1).

2. Неоднорідність мікро-та мікроструктури (при наявності внутрішніх

дефектів (наприклад, порожнин, мікротріщин або неоднорідності), вони стають більш вразливими до розсипання).

3. Високий вміст домішок (наявність сірки або фосфору можуть знижувати механічну міцність сплаву, сприяючи його розсипанню).

4. Термічні впливи (коливання температури можуть спричинити термічні напруження в матеріалі, особливо якщо феросплав містить компоненти з різними коефіцієнтами теплового розширення).

5. Корозійні процеси (висока вологість або контакт із корозійно-активними середовищами (наприклад, під впливом луг, кислот, сірчастого газу) може призводити до окислення поверхні та послаблення структури).

6. Порушення умов зберігання (наприклад, вплив вібрацій, механічних ударів, надмірного тиску при транспортуванні (здійснюватися у контейнерних поїздах) може спричинити руйнування сплавів) (рис. 1.2) та транспортування (рис. 1.3).

7. Особливості гранулометричного складу.

Методи попередження розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів (зокрема, феромарганцю та феросилицію (рис. 1.4–1.7)):

– треба використовувати сплави з оптимальним хімічним складом (відповідно до ДСТУ) та структурою.

– процес зберігання сплавів проводити в у сухих умовах, захищених від механічних ударів.

– треба проводити своєчасний контроль якості продукції (зокрема, феросиліцію та феромарганцю) на етапі виробництва, особливо на предмет дефектів структури.

– слід забезпечити надійну упаковку під час транспортування марганцевих та кремнієвих сплавів.



Рисунок 1.1 – Приклад розсипання феросплавів у цеху

1.2 Наслідки розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів

Наслідки розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів полягають у наступному:

1. Порушення дозування при додаванні їх в піч у якості легуючих матеріалів чи модифікаторів.

Розсипання може призвести до втрати матеріалу та порушення співвідношення компонентів, що погіршує якість сталі.

2. Зниження ефективності технологічного процесу:

При розсипанні марганцевих та кремнієвих сплавів їх дрібні частинки можуть забрати потоком газу або осісти на стінках печі, знижуючи ефективність їх розчинення в металі.



Рисунок 1.2 – Процес збегігання марганцевих сплавів



Рисунок 1.3 – Процес транспортування марганцевих сплавів



Рисунок 1.4 – Феросиліцій марки ФС65



Рисунок 1.5 – Феромарганець марки ФМн95



Рисунок 1.6 – Залишки феросилицію, що розпипався (у вигляді порошку)



Рисунок 1.7 – Залишки феромарганецю, що розпипався (у вигляді порошку)

3. Збільшення кількості відходів (брухту):

Залишки марганцевих та кремнієвих сплавів, що розсипалися, часто важко зібрати та використовувати повторно.

4. Пошкодження основного обладнання металургійного процесу:

Зношування або поломки механізмів, що використовуються для подачі та змішування, можуть бути спричинені наявністю дрібних частинок. Це призведе до додаткових капітальних витрат.

5. Негативний вплив на навколишне середовище (забруднення ґрунту (наприклад, хром, марганець, які при попаданні в ґрунт можуть викликати токсичну дію на рослини та мікроорганізми), вплив на атмосферу (пил від марганцевих та кремнієвих сплавів, що розсипалися, підніматися у повітря, що погіршує його якість, що прямо завдає загрози здоров'ю людини).

1.3 Рекомендації щодо мінімізації наслідків розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів

Рекомендації щодо мінімізації наслідків розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів полягають у наступному:

1. Слід використовувати автоматизовані системи подачі марганцевих та кремнієвих сплавів із мінімізацією ризику їх розсипання.

2. Треба застосовувати системи контролю дозування та фільтрації.

3. Доцільно проводити регулярне технічне обслуговування основного та додаткового обладнання цеху.

4. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище слід організувати герметичні системи зберігання та транспортування марганцевих та кремнієвих сплавів, встановлювати пиловловлюючі фільтри на виробничих ділянках, а також створювати аварійні плани на випадок ситуацій, коли будуть розсипання цих сплавів.

5. Для запобігання розсипання 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.

1.4. Аналіз питання розсипання феросплавів на прикладі досліджень різних країн

В багатьох країнах світу стоїть проблема оцінки впливу на виробничі процеси та навколишнє середовище розсипання феросплавів.

Аналіз публікацій науковців Німеччини показав, що ними особлива увага приділяється точності дозування легуючих елементів у процесі виплавки сталі. Декілька досліджень показали, що втрата феросплавів під час транспортування та завантаження в піч може призвести до того, що складом сплаву не буде відповідами нормативам. Це, у свою чергу, знижує якість продукції та збільшує витрати на переробку. Використання автоматизованих систем дозування та покращення логістики доставки феросплавів дозволяє знизити ці втрати до 3–5% від початкового значення.

У дослідженнях, проведених у США, з метою підвищення ефективності металургійного процесу було розроблено метод оптимізації дозування феросплавів з урахуванням їх реальних втрат. Застосування автоматизованих систем дозування у поєднанні із сенсорами для контролю складу сплаву дозволило мінімізувати втрати феросплавів та покращити якість сталі.

Особливу увагу у Китаї приділяється екологічним наслідкам розсипання феросплавів. Показано, що надмірне розсипання феросплавів, особливо при низькій кваліфікації працівників та недостатній автоматизації процесів, призводить до підвищеного рівня пилу, що містить важкі метали, такі як хром, марганець та ванадій. Пропонуються вченими Китаю: спеціальні фільтри для пиловловлення в цехах металургійних підприємств; застосування більш безпечних методів транспортування феросплавів, таких як закриті конвеєри та герметичні контейнери.

У Японії, де екологічні стандарти суворо дотримуються, вчені провели

дослідження, пов'язані з впливом феросплавів, що розсипаються, на водні ресурси. Так, наприклад, феросплави, що містять хром та марганець, можуть потрапляти у водойми з дощовими водами та забруднювати водні екосистеми. В результаті цих досліджень було розроблено нові системи фільтрації та очищення стічних вод, а також методи захоплення пилу, що дозволило суттєво знизити рівень забруднення водойм.

Австралійський досвід направлено на дослідження щодо впровадження нових типів транспортних контейнерів, які значно знижують розсип матеріалів у процесі переміщення. Особливо ефективними виявилися контейнери з герметичними кришками, які запобігають випаданню дрібних частинок феросплавів під час транспортування на великі відстані.

В свою чергу у Європі було проведено безліч досліджень, спрямованих на розробку та впровадження більш точних та надійних систем для зберігання та транспортування феросплавів. Зокрема, у деяких країнах було впроваджено системи автоматизованого контролю на етапі завантаження феросплавів у електросталеплавильні печі, що дозволило скоротити втрати матеріалу до 1-2% від загального обсягу.

У Великій Британії були проведені дослідження, присвячені економічному впливу розсипання феросплавів на металургійні підприємства. Витрати, пов'язані із втратою матеріалів, очищенням забруднених територій та ремонтом обладнання, можуть становити значні суми. Одне з досліджень показало, що поліпшення системи збирання та переробки розсипаних матеріалів може зменшити економічні втрати на 10–15% [3–8].

Таким чином, що розсипання феросплавів це не лише технологічна, а й екологічна проблема. Впровадження нових технологій, автоматизації процесів, покращення методів транспортування та зберігання, а також суворіші екологічні норми значно зменшують ризики, пов'язані з цим. Однак для повного вирішення проблеми потрібен комплексний підхід, включаючи покращення як виробничого процесу, так і методів управління екологічним впливом.

2 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ САМОДИСПЕРГУВАННЯ СПЛАВІВ МАРГАНЦЮ

В даному розділі розглядається самодиспергування сплавів марганцю. Зокрема описані дослідження науковці Грузії, які запропонували технології виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних і вторинних ресурсів. Як техногенні і вторинні ресурси розглядаються (табл. 2.1 та табл. 2.2):

– марганецьвміщуючий пил, отриманий після фільтрації колошникових газів виробництва марганцевих феросплавів (рис. 2.1);

– шлам виробництва електролітичного діоксиду марганцю (рис. 2.2);

– шлами мокрої сепарації шлаків силікомарганцю (рис. 2.3);

– алюмовмісний шлак виробництва вторинного алюмінію (відходи переплавки алюмінієвого брухту) (рис. 2.4);

– відсів коксику (рис. 2.5);

– окалина сталепрокатних цехів (рис. 2.6);

– попутний шлак товарного силікомарганцю (рис. 2.7);

– відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібульского родовища (рис. 2.8).

Оцінка фізико-хімічних процесів відновлення оксидів при плавці алюмосилікомарганцю із застосуванням вторинних матеріалів показує, що найбільш міцним оксидом є Al_2O_3, відновлення якого починається при температурі 2310 К.

Експериментальні дослідження проводилися на великій лабораторній однофазній печі потужністю 100 КВА. Силове живлення печі забезпечувався трансформатором типу ОСУ-100 / 0.5- УХЛ4 380В / 49.00В-4.60В, ступенями вторинної напруги 24 і 36 В.

Було проведено чотири серії плавок з застосуванням різних компонентів шихти (табл. 2.2), результати яких окреслені в тал. 2.3. Встановлено, що електрокарботермічна переробка техногенних і вторинних ресурсів

Таблиця 2.1 – Характеристики вторинних шихтових матеріалів Грузії для виробництваалюмосилікомарганцю

Техногенний і вторинний ресурс	Хімічний склад основних елементів, мас %								Фракція та вміст елементів, мас %			
	SiO_2	Al_2O_3	$Mn_{заг}$	$Fe_{заг}$	CaO	MgO	$P_{заг}$	н.п.п.	зола	летучі мате-ріали	волога	фракція, мм
Марганецьсміс-ний 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 марки FeMnSi17	40-45	5-6	16-20	-	15-16	5-7	0,01	2-3	-	-	-	10-50
Шлам сепарації шлаку марки 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 коксику	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 вуглів Ткібульского родовища	25-30	14-15	-	4-5	5-15	0,5-2	0,015	-	50-55	15-20	4-5	1-13



Рисунок 2.1 – Марганецьвміщуючий пил, отриманий після фільтрації колошникових газів виробництва марганцевих феросплавів, х 50



Рисунок 2.2 – Шлам виробництва електролітичного діоксиду марганцю



Рисунок 2.3 – Шлами мокрої сепарації шлаків силікомарганцю, х50



Рисунок 2.4 – Алюмовмісний шлак виробництва вторинного алюмінію



Рисунок 2.5 – Ввідсів коксику



Рисунок 2.6 – Окалина сталепрокатних цехів



Рисунок 2.7 – Попутний шлак товарного силікомарганцю



Рисунок 2.8 – Відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібульского родовища

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. 2.3).

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 складали 90 хв. При плавці з усередненою компонування шихти, температура колошника досягала 750–800 К. Зі збільшенням в шихті частки шлакувторинного алюмінію, температура

колошника подіймався ще вище і фінішний етап плавки проходив з польним розплавленням шихтових матеріалів. При плавках так само било виявлено, що процес вимагав надмірної кількості твердого вуглецю в шихті в межах 5–10%від стехіометричного розрахункового.

Таблиця 2.2 – Кількісні показники компонентів шихти для виплавки алюмосилікомарганцю

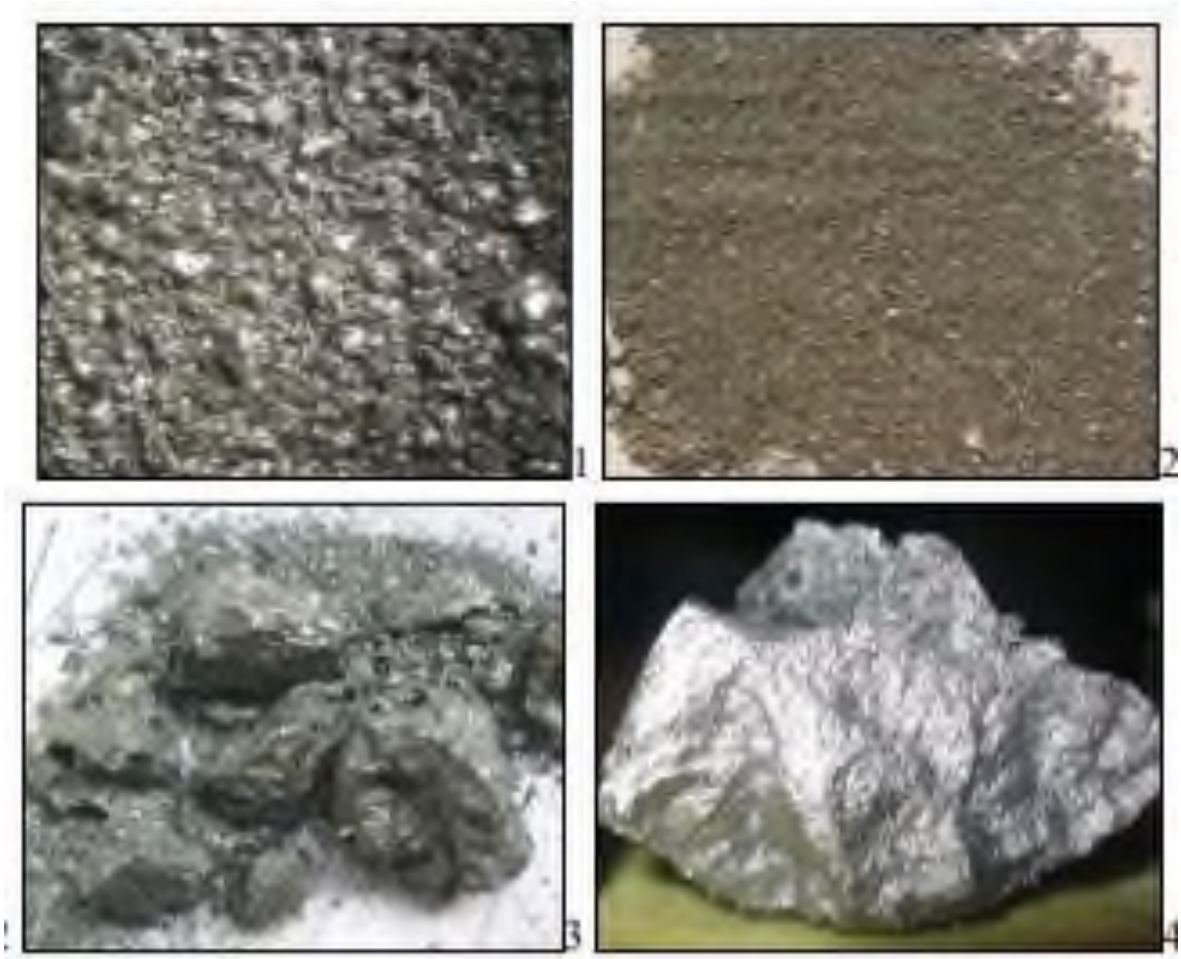
Шихтові матеріали, мас. %	Серія плавки			
Відходи збагачення високозольного кам'яного вугілля Ткібулского родовища	1	2	3	4
Відсів коксу	30-40	30-35	25-30	20-25
Пил виробництва арки FeMnSi17	20-22	22-25	25-27	27-30
Шлак виробництва марки FeMnSi17	25-30	20-25	-	-
Шлам сепарації шлаку марки FeMnSi17	5-10	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

Таблиця 2.3 – Хімічний склад дослідних алюмосилікомарганцевих проб

№ серії плавки	Вміст хімічних елементів, %							Вилучення хімічних 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

Ефект так званого самодиспергуванняалюмосилікомарганцю пояснюється

перш за все високою концентрацією фосфору і карбідних включень по границях зерен при кристалізації сплаву. Експериментально його було виявлено у сплавах серії 1. При цьому 60–65% цього сплаву розсипається в частинки крупністю >0,1 мм. Показано, що сплави серій 2 диспергувалися в порошок фракції >3 мм, але не повністю. Сплави серії 3 значно втрачали механічну міцність, але розсипалися частково, а сплави серії 4 зберігали свою структуру та міцність.



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

Рисунок 2.9 – Структура отриманого фероалюмосилікомарганцю (зовнішній вигляд через 24 год. після випуску)

Таким чином, аналіз технології виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних і вторинних ресурсів Грузії показав що застосування цих відходів має переваги не тільки з економічної точки зору, але і екологічна складова притаманна. Використання таких малофосфористих марганецьвмісних вторинних матеріалів, як пил, шлак і шлам сепарації, дає можливість отримання алюмосілікомарганца бажаної якості за вмістом фосфору (від 0,020 до 0,025%) [9].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗСИПАННЯ МАРГАНЦЕВИХ СПЛАВІВ

3.1 Методи та методологія дослідження розсипання марганцевих сплавів

Необхідність дослідження чинників, що впливають на розсипання марганцевих сплавів (самосиспергування) обумовлюється тим, що якість виробленої сталі різного сортаменту безпосередньо залежить від якості легуючих матеріалів (феросплавів). Є необхідність дослідження втрати міцності феросплавів, це сприяє утрудненням при подрібненні і фракціонуванні феросплавів, схильних до саморозсипання.

Окрім вище згаданих чинників треба звернути увагу, що феросплави, які втратили свою механічну міцність, схильні до самозаймання. В процесі розсипання виділяються отруйні гази, що наражає на пряму небезпеку життя людей на виробництві.

Робота підрозділяється на декілька етапів:

– виплавка зразків;

– аналіз хімічного складу зразків

– виготовлення шлифів;

– мікрофрактографії шліфів;

– аналіз та обробка даних.

Хімічний склад лабораторних та промислових зразків приведено у табл. 3.1. Склад фазових переходів приведено у табл. 3.2.

Скоректовані об’єднані данні хімічного та фазового складу дослідних зразків приведено в табл. 3.3.

Були проведені розрахунки фазового складу лабораторних проб (окрім зразка №1, для якого не було мікрофрактографії).

Результати мікрофрактографічного аналізу приведені на рис. 3.1–3.26.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад лабораторних та промислових зразків

№ зразку	Масова частка, %				
	C	Si	Mn	Fe	Сума
№ 2	0,07	32,15	60,50	6,70	99,4
№ 2*	0,07	32,35	60,90	6,75	100,0
№ 3	0,08	28,3	60,75	9,73	98,86
№ 3*	0,08	28,6	61,60	9,80	100,0
№ 4	0,51	24,4	58,64	14,0	98,75
№ 4*	0,52	24,7	60,70	14,2	100,0
№ 5	2,32	18,51	59,18	19,66	99,62
№ 5*	2,33	18,55	59,25	18,70	100,0
№ 5**	-	19,10	60,70	20,20	100,0
№ 6	3,49	14,8	56,90	23,6	100,0
№ 6	-	14,9	60,70	24,4	100,0
№ 7	3,67	8,58	58,32	27,80	98,37
№ 7*	3,74	8,72	59,30	28,30	100,0
№ 7**	-	9,06	61,70	29,4	100,0
№ 8	3,68	4,80	57,86	33,73	100,0
№ 8*	4,40	2,30	93,30	-	100,0
№ 9	7,64	0,62	54,84	38,0	100,0
Зразок МнС17 промисловий	0,96	18,8	74,5	3,98	0,24
Зразок МнС17* промисловий	0,97	19,1	75,6	4,04	0,24
Зразок МнС17 промисловий з підвищеним вмістом заліза	1,55	17,9	69,50	10,2	0,25
Зразок МнСП промисловий	0,10	31,40	63,0	3,33	0,04

Примітка: * перерахунок на 100 %;

** розрахунковий хімічний склад зразку;

* ** хімічний склад твердого ррозчину

Таблиця 3.2 – Склад фазових переходів

№ зразку	FeSi	MnSi	Mn_5Si_3
№ 2	FeSi-10,5	MnSi-77,04	Mn_5Si_3-13,95
№ 5*	Fe_5Si_3-26,3	-	Mn_5Si_3-55,3
№ 5**	Fe_5Si_3-25,7	-	Mn_5Si_3-54,0
№ 6*	Fe_5Si_3-31,8	-	Mn_5Si_3-51,5
№ 6**	Fe_5Si_3-30,7	-	Mn_5Si_3-49,7
№ 6***	$(Fe,Mn)_5$-98,32	Mn_3Si-31,9	Mn_5Si_3-19,7
№ 7	$(Fe,Mn)_3$-1,68	-	-
№ 7**	Fe_3Si-37,1	-	Mn_5Si-66,6
	Fe_3Si-1,13	-	Mn_5Si-1,56
№ 8*	Fe_3Si-37,23	Si-1,3	-

3.2 Дослідження мікрофрактографії шліфів

Дослідження мікрофрактографії шліфів дало наступні результати:

1. Зразок №1 не виготовлялся, вважаючи його підвищену пористість і крихкість.

2. Зразок №2. До того, як труїли характеризувався: невеликою крихкістю, зерна закруглені, серед деяких спостерігаються сіруваті утворення (рис. 3.1).

Після травлення зразок характеризується:

– дуже великі світлі поля розмежовані декілька темнуватою фазою з поперечними лініями травлення.

– спостерігається сильне коливання товщини цієї фази, дуже порізана.

– у деяких місцях спостерігаються великі зерна смужчастої структури.

3. Зразок №3. До травлення характеризується невеликою крихкістю.

Після травлення (рис. 3.2) зразок характеризується ялинкоподібним полем крупних дендритів розмежовані дуже великими полями дрібно

Таблиця 3.3 – Скоректовані об’єднані данні хімічного та фазового складу дослідних зразків

№ зразку	Хімічний склад, %					Фазовий склад, %								
	C	Si	Mn	Fe	Fe/Mn	C+Si	(Mn, Fe)Si	$(Mn, Fe)_5Si_3$	Mn_3Si	Fe_3Si	$(Mn, Fe)_5Si$	$C_{впровадж.}$	$C_{тв.розчин}$	$(Mn, Fe)_3C$
1	0,10	36,73	61,38	0,96	0,015	36,83	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,07	32,15	60,50	6,70	0,11	32,22	85,9	14,0	-	-	-	0,07	-	-
3	0,08	28,30	60,75	9,73	0,16	28,38	54,1	45,9	-	-	-	0,08	-	-
4	0,51	24,4	59,84	14,00	0,23	24,91	14,3	85,1	-	-	-	0,5	-	-
5	2,32	18,51	59,18	19,66	0,33	20,83	-	79,7	-	-	-	0,6	-	-
6	3,49	14,40	56,90	23,60	0,41	17,89	-	30,7	31,9	17,7	-	1,3	19,7	-
7	3,67	8,58	56,32	27,80	0,49	12,25	-	-	0,5	1,1	96,4	3,55	17,3	-
8	3,69	4,80	51,86	33,73	0,58	8,49	-	-	-	-	37,2	0,80	57,0	5,00
9	7,64	0,62	54,84	38,00	0,69	8,22	-	-	-	-	-	-	-	100,00

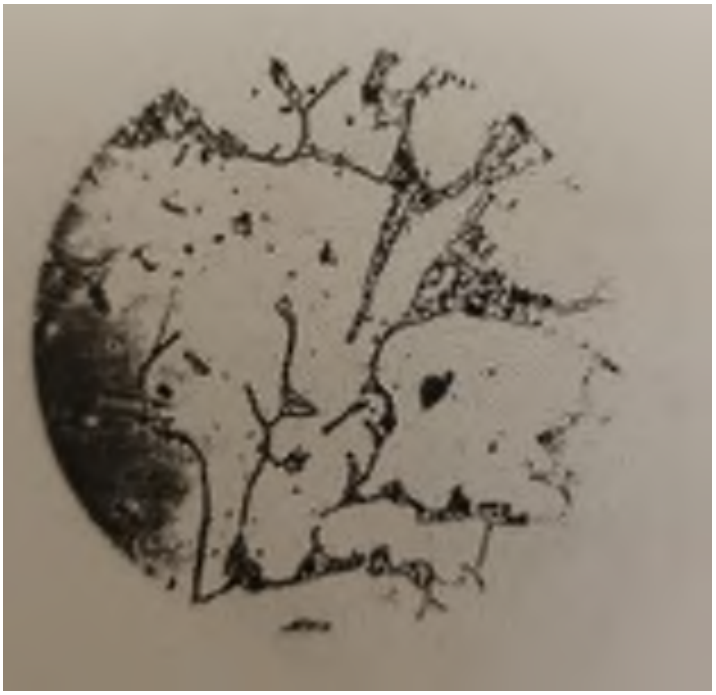


Рисунок 3.1 – Шліф №2 (після травлення): світла фаза – (Mn, Fe)Si, тамно-сіра смугаста фаза - Mn_5Si_3



Рисунок 3.2 – Шліф №3 (після травлення): світлі поля – MnSi, розміщені усереднені евтектики – [$(Mn, Fe)_5Si_3$]. Кількість евтектики 64,8%

що складається з дрібних зерен світлої фази, подібної до великих полів і смужчастої структури темнішої, такої, що має поперечні трихіни травлення. Крихкість переважає на межах великих зерен. Зернистість смужчастою фази змінюється.

4. Зразок №4. До травлення світлі поля сильно крихкі.

Травлення 34 % розчином HNO_3 протягом 10 хв. не привело до виявлення структури. Додаткове протравлення суміщаю розчина $NO_{3+}HF$ протягом 5 хв. привело до виявлення подовженої структури (рис. 3.3).

5. Зразок №5. До травлення було видно дві фази. Шліф сильно крихкий. Шліф не травився розчином HNO_3 протягом 10 хв. Сильні кольори мінливості.

Травлення комплексним травником на протязі 3хв. крупні вуглеваті зерна розділені ділянками дрібнозернистих структур (рис. 3.4). Світлі поля кристалів розбиті поперечними тріщинами. До травлення протягом 2 хв. привело до збільшення кількості поперечних тріщин на світлому полі. Дещо темніше стала перлітообразна структура, в ній з’явилися слабкі кольорові мінливості.

6. Зразок №6. До травлення сильна крихкість “зірочками “. Травлення розчинами не виявляє структури. До травлення комплексним травником NO_3+HF виявило смугасту структуру. Крупних полів не має, більше світлої фази, є ділянки плямистої структури (рис. 3.5). Напрям зростання прямого дентриту хаотичний. Кількість світлої фази до темно-сірої відноситься як 2/3: 1/3.

Додатково до травлення привело до роз’єднання поперечних смужое на подовжних зернах.

7. Зразок №7. Травлення розчином HNO_3+HF виявило структуру, що складається зі світлих полів, розмежованих довгастою, а в деяких місцях комірчастою сіткою (рис. 3.6).

8. Зразок №8. Травлення HNO_3. На шліфі спостерігається велика кількість світлих зерен закругленої і подовженої форми, сильно порізаних. Основна маса темнуватого поля розбита порівняно великими зернами сіруватого тону (рис. 3.7).



Рисунок 3.3 – Шліф №4 (після травлення): світлі поля – силіцид (Mn, $Fe)_5Si_3$], розсічені вузькою евтектикою – [MnS+(Mn, $Fe)_5Si_3$]



Рисунок 3.4 – Шліф №5 (після травлення): світлий силіцид (Mn, $Fe)_5Si_3$], розсічені вузькою евтектикою – [MnS+(Mn, $Fe)_5Si_3$]



Рисунок 3.5 – Шліф №6 (після травлення). Постійна евтектика, складається з дрібних кристалів і в твердому розчині. Видні світлі поля кристалів $(Mn, Fe)_5Si_3$, які мають поперечні смуги



Рисунок 3.6 – Шліф №7 (після травлення). Світле поле – кристали розчинівши в собі вуглець впровадження. Евтектика складного складу розмежує поля



Рисунок 3.7 – Шліф №8 (після травлення). Світлі гостровуглові ділянки, є фазами, які різко виділяються і складаються з $(Mn,Fe)_3Si$. Світло-сірі ділянки – складний силіцид $(Mn.Fe)_5Si$, темні і дрібнодисперсні ділянки – твердий розчин вуглецю і кремнію в марганці

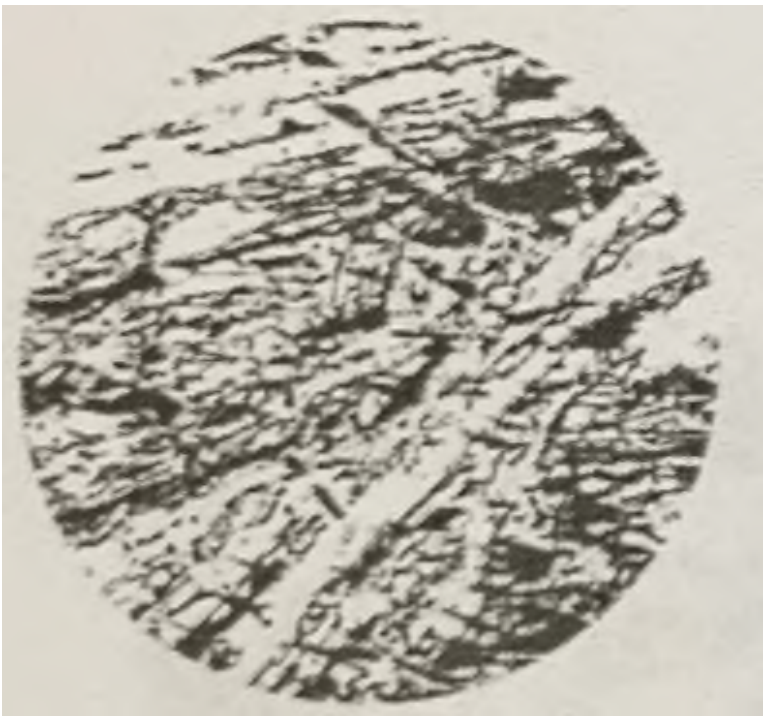


Рисунок 3.8 – Шліф №9 (після травлення). Фаза однорідна, вміст її – складні карбіди марганцю та заліза $(Mn, Fe)_3C$

9. Зразок №9. Травлення розчином HNO_3 виявило великі подовжні дендрити ледве відмінних відтінків (рис. 3.8).

10. Зразок №10. Травлення комплексним травником HNO_3+HF впродовж 3 хв. виявило три області. Дві фази, що декілька відрізняються (рис. 3.9). одна від одної тональністю, які не труються і великі зерна рівномірного роз'єднання, сіруватого кольору. Основне вкрошення серед зерен з поперечними тріщинами роз'єднання.

Додаткове травлення 2 хв. світлі області подовженої форми не травляться, вони розмежовані дещо темнішими ділянками тієї ж орієнтації з поперечними смужками протравлення.

11. Зразок №11. Структура не виявлена навіть при травленні комплексним травником HNO_3+HF. Мабуть вона однофазна (рис. 3.10).

12. Зразок №12. При травленні розчином HNO_3 продовж 10 хв. структура не виявляється. Повторне травлення комплексним травником HNO_3+HF – добре видно перлітоутворена структура, дуже вугловата і розіткнута, на ній видно кольори мінливості. Великі подовжні зерна світлого кольору мають поперечні смуги (рис. 3.11).

13. Зразок №13. Травлення розчином HNO_3 продовж 10 хв. призводить до утворення кольорів мінливості, при знятті яких видно структуру, але не ясно (рис. 3.12).

14. Зразок №14. Структура зразка не міцна, оскільки зерна розділені великими шматками графіту. Травлення комплексним травником HNO_3+HF – структура однорідна з невеликою кількістю фаз двох тональностей (рис. 3.13).

15. Зразок №15. Легко травиться розчином HNO_3. Виявлена дуже складна структура. Невеликі різко обкреслені світлого кольору зерна перетинають як сіру, так і темну фази (рис. 3.14).

16. Зразок №16. Травлення розчином HNO_3. Видно дендрити, розташовані в площині шліфа (рис. 3.15). Вони розділені темними ділянками – порожнечами.

17. Зразок №17. Травлення розчином HNO_3 впродовж 5 хв. Кольори

мінливості відсутні. Світлі довгасті поля обплямовані темною неоднорідною фазою (рис. 3.16).

18. Зразок №18. Травлення комплексним травником HNO_3+HF впродовж 1 хв. Світлі подовжні поля розмежовані сильно протравленою темною структурою. Серед світлих зерен є дві різниці: темніша дрібнозерниста і дещо більша, світліша – менше протравлена (рис. 3.17).

19. Зразок №19. Травлення розчином HNO впродовж 10 хв. сильне фарбування в кольори мінливості ділянок сруватоого тону. Світла сітка не забарвлюється (рис. 3.18).

20. Зразок № 20. Травлення розчином HNO_3. Видно дві світлі фази: одна різкорозкреслина стріловидної форми, інша - світло-сіра з розмитими краями. Різко обкреслені ділянки розташовуються серед світло-сірої фаза. Тепнв однорідні ділянки розмежують цю фазу (рис. 3.19).

21. Зразок №21. Легке травлення розчином HNO_3, при цьому поверхня шліфа покривається білим нальотом. На шліфі видно скелет дендриту. Междендритні усадкові порожнини заповнені легкотравимою фазою. Додаткове травлення призводить до утворення поперечних тріщин на поверхні цієї фази (рис. 3.20).

22. Зразок №22. Поверхня шліфі, що легко трується розчином HNO_3, складається з конгломерату світлих та світло-сірих зерен, розділених тріщинами. Видно невеликі ділянки тепно-сірої фази. Світлі зерна виділяються рідше (рис. 3.21). При травленні поверхня шліфа побіліла, відчувся запах ацетону.

23. Зразок №23. Легке травлення розчином HNO_3. Структура стрічки сильно викришена. Серед неї видно великі подовжені кристали світлого тону (рис. 3.22). При травленні відчувся запах ацетону.

24. Зразок №24. Легке травлення розчином HNO_3. На щліфі видно поперечний проріз дендриту. Темні ділянки – міждендритні пори (рис. 3.23).

25. Зразок №25. Травлення 5 % розчином HNO_3 (рис. 3.24).

26. Промисловий зразок №26. Травлення комплексним травником



Рисунок 3.9 – Шліф №10. Сіросмугаста фаза $(Mn,Fe)_5Si_3$, Світлі дрідні зерна Mn Si розташовані усередині поля $(Mn,Fe)_5Si_3$. Фаза $(Mn,Fe)_5Si_3$, легко викрошується



Рисунок 3.10 – Шліф №11 (після травлення). Система однофазна, складається із $(Mn,Fe)_5Si_3$, надзвичайно крихка



Рисунок 3.11 – Шліф №12 (після травлення). Світлі подовжені кристали з поперечними тріщинами складаються з $(Mn,Fe)_5Si_3$. Дріброзернистий евтектоїд складається з твердого розчину вуглецю в марганці



Рисунок 3.12 – Шліф №13 (після травлення). Дрібродисперсний евтектоїд, складений зі світлих кристалів $(Mn,Fe)_5Si_3$ і дрібних зерен силіцидів Mn_3Si та Fe_3Si



Рисунок 3.13 – Шліф №14 (після травлення). Основна фаза полягає з $(Mn,Fe)_5Si_3$, усередині якої розташовані світлі ділянки Mn_3Si. Посередині зерна – темні утворення. Видно чорні лусочки графіту



Рисунок 3.14 – Шліф №15 (після травлення) Світла фаза, що різко виділяється, складається з $(Mn,Fe)_3C$. Дещо темніші подовжені кристали $(Mn,Fe)_5Si_3$. Темна неоднорідна евтектика складається з твердого розчину вуглецю в марганці і залізі

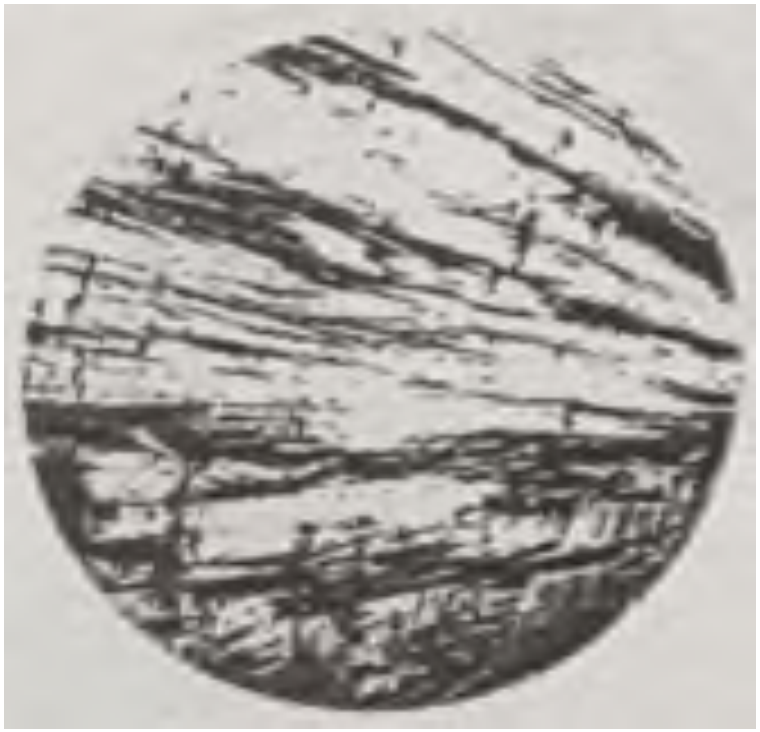


Рисунок 3.15 – Шліф №16 (після травлення). Основна фаза – $(Mn,Fe)_3Si$ при неповному насиченні вуглецем. Шліф виготовлений паралельно площині дендриту



Рисунок 3.16 – Шліф №17 (після травлення). Світлі подовжені кристали $(Mn,Fe)_5Si_3$. Темний евтектоїд складається з твердого розчину вуглецю в марганці та залізі



Рисунок 3.17 – Шліф №18 (після травлення). Постійний евтектоїд з дещо більшими кристалами $(Mn,Fe)_5Si$. Дрібнодисперсні кристали складаються з Mn_3Si_3 і твердого розчину вуглецю в марганці і залазі

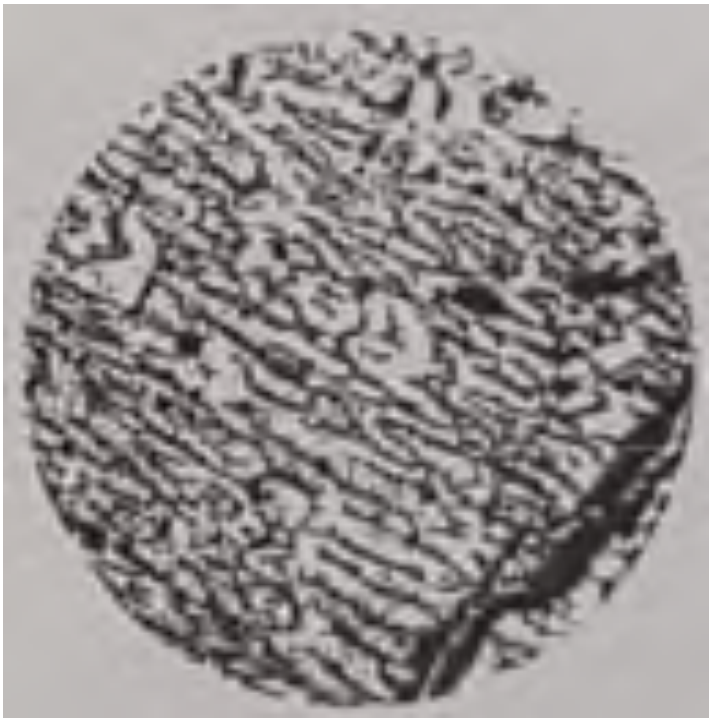


Рисунок 3.18 – Шліф №19 (після травлення). Світла фаза, утворюючи сітку, складається з $(Mn,Fe)_3Si$, кількість її від 10 до 12 %. Посередині цієї фази видно точкові утворення. Основна сірувата фаза – це складний силіцид $(Mn,Fe)_5Si$

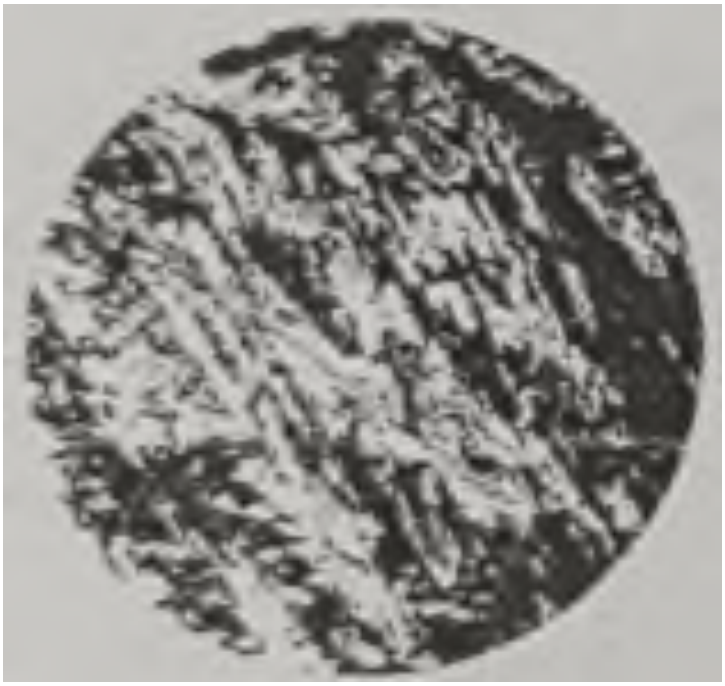


Рисунок 3.19 – Шліф №20 (після травлення). На шліфі видно невелику кількість зерен, що різко виділяються $(Mn,Fe)_3C$ – від 5 до 8 %. Інші світлі поля – кристали складного силіциду $(Mn,Fe)_5Si$, серед яких розташовані ділянки евтоктоїда, що складається з твердого розчину вуглецю і кремнію в марганці та залізі



Рисунок 3.20 – Шліф №21 (після травлення). Основна фаза – складний карбід $(Mn,Fe)_3C$

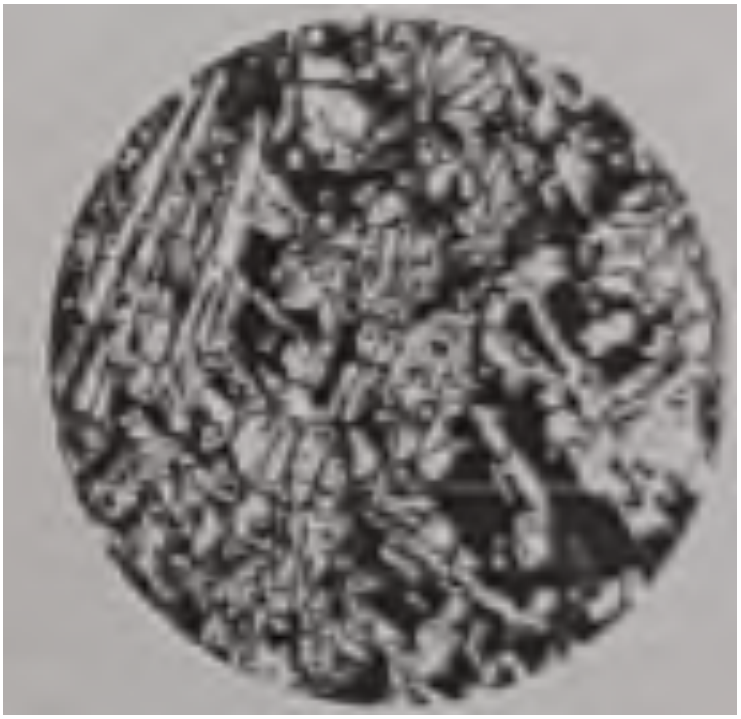


Рисунок 3.21 – Шліф №22 (після травлення). Складається в основному з фази Mn_5Si, між якою видно темні ділянки твердого розчину. Зерна Mn_5Si дуже крихкі, шліф не міцний



Рисунок 3.22 – Шліф №23 (після травлення). Подовжні кристали складного силіциду $(Mn,Fe)_3Si$ становлять 65–68 % усього обсягу шліфа. Ці зерна оточені карбідом марганцю Mn_3C. Шліф дуже важко виготовити. Легко розсипається навіть на повітрі

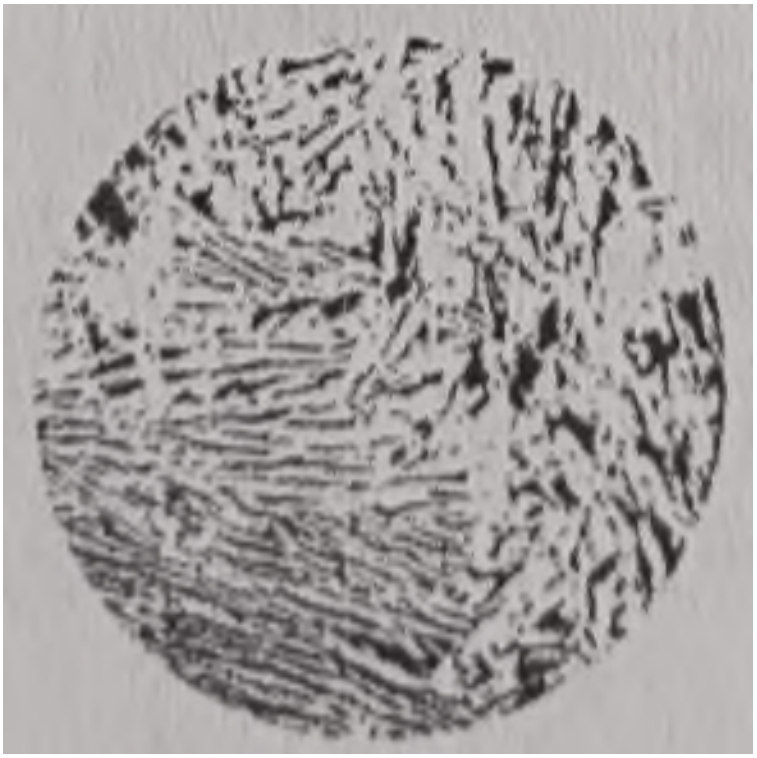


Рисунок 3.23 – Шліф №24 (після травлення). На шліфі видно дендрити складного карбіду $(Mn,Fe)_3C$ при поперечному їх перерізі. Метал охолоджується дуже повільно. Темні ділянки – між дендритні порожнини.



Рисунок 3.25 – Шліф №26 (після травлення). Товарний феросилікомарганець марки МнС17. Хімічний склад: C – 0,96 %, Si – 18,8 %, Mn – 74,5 %, Fe – 3,98 %



а



б



в

а – чистий карбід марганцю. Структура – смугастий цементит, місцями сильно деформований. Частина кристалів розірвана тріщинами. Метал окислюється на повітрі;

б – чистий карбід марганцю, через дві годин;

в – чистий карбід марганцю, через чотири годин;

Рисунок 3.24 – Шліф №25 (після травлення)

27. Промисловий зразок №27. Хімічний склад: C- 0,1 %, Si – 31,4 %, Mn – 65%, Fe – 3,3%. Світла фаза – складний моно силіцид (Mn, Fe)Si – 76,5 %,

світло-сіра фаза складної, дуже порізаної форми Mn_5Si_3 – має поперечні тріщини (рис. 3.26).

28. Промисловий зразок №28.



Рисунок 3.26 – Шліф №27. Переробний феросилікомарганець марки СМнП

Вплив вмісту кремнію у марганцевих сплавах на значення мікротвердості представлені на рис. 3.27.

Таким чином, розспинання деяких сплавів системи C – Si – Mn – Fe пов'язано з утворенням карбідів марганцю і їх гідратацією. Гідратація карбідів марганцю призводить до порушення зв'язку між зернами силіцидів, та кінець кінцем, до руйнування структури зливка. Карбід марганцю Mn_3C утворюється в твердому розчині сплаву. Кількість твердого розчину залежить від повноти зв'язування марганцю в силіциди. Повнота зв'язування останнього визначається співвідношенням концентрації кремнію і заліза в сплаві. Підвищення концентрації заліза в марганцевому сплаві понад 10% веде до утворення карбіду $(Mn,Fe)_3C$, який не піддається гідратації.



Рисунок 3.27 – Залежність мікротвердості від вмісту кремнію в марганцевих сплавах

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Охорона праці при зберіганні феросплавів

На складах шихтових матеріалів, що знову будуються, вздовж всього приміщення повинен бути забезпечений вільний прохід шириною не менше 0,7 м. Через кожні 80–100 м за довжиною складу мають бути влаштовані поперечні проходи.

Залізничні естакади повинні мати захисні пристрої, що унеможливлюють пошкодження або підрив грейферами їхньої верхньої будови (шпал, брусів, кріплень).

Для відкривання люків вагонів на естакадах допускається замість майданчиків встановлювати самохідні мости або обладнати грейферні, магнітно-грейферні та мостові крани з майданчиками, що опускаються.

Забороняється подавати склад шихтових матеріалів гарячі прошлакованные оборотні відходи.

При необхідності виконання робіт зі спуску матеріалу, що застряг всередині вагона, робітники повинні прив'язуватися страхувальними мотузками запобіжних поясів і знаходитися на спеціальних настилах з дощок або користуватися спеціальними сходами.

При розвантаженні та навантаженні вагонів грейферним краном перебування людей у вагоні не допускається.

Забороняється очищати залізничні вагони вручну над засіками складу після їх розвантаження, крім випадків, коли засіки повністю заповнені.

Подача матеріалів грейфером повинна проводитися повним захопленням, що унеможливлює випадання шматків при перенесенні.

Зберігання порошкових шихтових матеріалів повинно проводитись у закритих складських будівлях та спорудах.

Зберігання в цехах легкозаймистих матеріалів або матеріалів, що сприяють швидкому розгоранню (магнієві сплави та стружка, селітра,

бертолетова сіль та інші) [7].

4.2 Охорона праці при транспортуванні феросплавів

Охорона праці при транспортуванні (рис. 4.1 та рис. 4.2) феросплавів включає наступні аспекти:

1. Підготовкою до транспортування матеріалів (в нашому випадку феросплавів) є проведення та відповідно прослуховування вступного та регулярного інструктажу з техніки безпеки персоналу.

2. Ознайомлення з характеристиками вантажу (вагою, формою, хімічною активністю метеріалів (в нашому випадку феросплавів)).

3. Перевірка наявності в транспортному засобів індивідуального захисту (рис. 4.3): аптечки (рис. 4.4), вогнегасника (рис. 4.5), спеціального одягу (рис. 4.6) та інше).

4. Проведення перевірки обладнання для завантаження матеріалів (в нашому випадку феросплавів) в транспортний засіб.

Організація робочого простору проходить наступним чином:

– Зони навантаження/розвантаження матеріалів в нашому випадку феросплавів) мають бути вільними від сторонніх предметів.

– Ставиться огородження небезпечних ділянок.

– Треба використовувати лише справні крани та інші механізми.

– Не допускається перебування людей у радіусі дії вантажу, що піднімається.

– Треба слідкувати за рівномірним розподілом ваги для запобігання перекиданню транспортного засобу.

– Слід надійно фіксувати вантаж, щоб уникнути його усунення.

При транспортуванні матеріалів (в нашому випадку феросплавів) слід дотримуватися правил перевезення:

– Контролювати швидкість транспортного засобу, особливо на поворотах і нерівностях.

– Враховувати маршрути з мінімізацією ризиків (наприклад, уникнення мостів з обмеженням по масі).

– Проводити моніторинг стану вантажу [8, 9].



Рисунок 4.1 – Завантаження феросплавів у контейнери для транспортування

4.3 Контроль якості феросплавів

Вхідний/вихідний контроль феросплавів здійснюється під час закупівлі, доставки товару на склади або в порт, а також при вивезенні зі складів металургійних підприємств.

Інспектор візуально проводить оцінку стану приміщення на придатність до зберігання вантажу, перевірить наявність бірок з маркуванням, відповідність вантажу інформації, зазначеної на маркувальній етикетці,

проконтролює вагу вантажу, що надходить, проведе відбір проб і експрес-аналіз хімічного складу феросплавів.

Приймає чистоту контейнерів/трюмів суден перед навантаженням феросплавів.

Це візуальний огляд контейнерів та порожніх трюмів на предмет їхньої чистоти та придатності для перевезення феросплавів. Інспектор ретельно оглядає їх внутрішні поверхні, перевіряє цілісність та стан замків, петель та інших кріпильних елементів на дверях контейнерів, гумових ущільнювачів дверей контейнерів та кришок трюмів.

Візуальний контроль процесу завантаження та відбору проб феросплавів.

У процесі навантаження інспектор контролює навантаження феросплавів, що підтверджує вагу брутто/нетто при переважанні; у разі завантаження феросплавів у трюми - первинну, проміжну та остаточну перевірку ваги вантажу, що завантажується методом драфт-огляду, контролює процес фумігації; проводить візуальну оцінку якості вантажу, відбирає проби відповідно до правил відбору проб, формує композитні проби. Після закінчення навантаження інспектор пломбує завантажені контейнери чи трюми.

В лабораторних умовах обов’язково треба проводити відбір, підготовку, хімічний аналіз відповідно до чинних стандартів щодо визначення якості феросплавів.

Якість феросплавів визначають шляхом визначення вмісту та меж коливань у них провідного елемента, концентрації домішок (азоту, вуглецю, фосфору, сірки, кольорових металів та інші), а також щільності, стану поверхні, температури плавлення, вмісту кисню, водню та неметалічних включень.

Після оцінки якості товару (в нашому випадку феросплавів) треба отримати Сертифікат відповідності на продукцію (рис. 4.7) [13, 14] .



Рисунок 4.1 – Транспортування феросплавів залізничним транспортом



Рисунок 4.2 – Транспортування феросплавів морським транспортом



Рисунок 4.3 – Засоби індивідуального захисту [12]



Рисунок 4.4 – Аптечка "Першої допомоги" ТУ (02-040-М) [13]



Рисунок 4.5 – Вогнегасник вуглекислотний типу ВВК-1,4 (ОУ-2) [14]



Рисунок 4.6 – Спеціальний одяг [15]



ОРГАН З СЕРТИФІКАЦІЇ ТОВ «СЕРТСТАНДАРТ» Україна,
01011, м. Київ, вул. Волинська, 22

СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ

Зареєстровано в Реєстрі ОС за № UA.P.000941-21

Термін дії з 24 листопада 2021 р. до 23 листопада 2022 р.

Продукція ПРОДУКЦІЯ

код ДКПП 2106 код УКТ ЗЕД

Відповідає вимогам ДСТУ 7126:2009 (п.5.1.9 – таблиця 4)

Виробник продукції «RATIN KHOSH COMPANY», No7. Keyvan Alley, Babataher st., Fatemi Ave, Tehran - Іран

Сертифікат видано ТОВ ПІДПРИЄМСТВО, 02068 м. Київ, 02068, вул.Драгоманова 1111, , ІПН 12345678

Додаткова інформація продукція, що виготовляється серійно з 24.11.2021 р. по 23.11.2022 р. з проведенням технічного нагляду за сертифікованою продукцією один раз на рік

Сертифікат видано органом з сертифікації Орган з сертифікації продукції ТОВ «Сертстандарт», 01011, м. Київ, вул. Волинська, 22

На підставі ВЛ ДУ «Київський обласний лабораторний центр МОЗ України», м. Київ, вул. В.Бердичівська, 64, (атестат акредитації НААУ №1234567 дійсний до 13.06.2024) - протокол №1962 від 18.11.2021р.

Заступник [redacted] органу з сертифікації _____ підпис Л.І.Приходько ініціали, прізвище

№ 007979

Чинність сертифіката можна перевірити за тел.: (044) 42-00-58

Рисунок 4.7 – Приклад Сертифіката відповідності на продукцію [16]

4.4 Вплив процесу розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів на здоров’я людини

Відомо, що при розсипанні ферососиліцію виділяються токсичні речовини, які спричиняють зростання захворюваності та зниження середньої тривалості життя.

Частки пили, що утворюється при розсипанні марганцевих та кремнієвих сплавів, можуть зберігати підвищені концентрації металів та оксидів, що робить їх небезпечними для працівників металургійних підприємств, лабораторій чи вантажників, які безпосередньо з ними пов’язані. Перш за все можуть розвиватися респіраторні захворювання. Так при вдиханні пилу можуть виникнути подразнення верхніх шляхів, кашель та утруднене дихання. . Вплив пилу може призвести до серйозних захворювань, таких як хронічний бронхіт, пневмоконіоз або силікоз. Безпосередньо оксиди марганцю (MnO, MnO_2) є токсичними, можуть викликати забруднення дихальних шляхів, а оксид кремнію (SiO_2) призводить до силікозу [17] –[20].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Процес розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів впливає на механічні, хімічні та фізичні властивості кінцевого продукту. Порушення умов зберігання та транспортування - основні попередники розсипання марганцевих та кремнієвих сплавів.

2. Розсипання феросплавів - це не лише технологічна, а й екологічна проблема. Впровадження нових технологій, автоматизації процесів, покращення методів транспортування та зберігання, а також суворіші екологічні норми значно зменшують ризики, пов'язані з цим. Однак для повного вирішення проблеми потрібен комплексний підхід, включаючи покращення як виробничого процесу, так і методів управління екологічним впливом.

3. Розглянуто технологію виплавки алюмосилікомарганцю із застосуванням техногенних і вторинних ресурсів Грузії як приклад самодиспергування сплавів марганцю.

4. Встановлено, що розсипання деяких сплавів системи C – Si – Mn – Fe пов'язано з утворенням карбідів марганцю і їх гідратацією. Гідратація карбідів марганцю призводить до порушення зв'язку між зернами силіцидів, та кінець кінцем, до руйнування структури зливка. Карбід марганцю Mn_3C утворюється в твердому розчині сплаву. Кількість твердого розчину залежить від повноти зв'язування марганцю в силіциди. Повнота зв'язування останнього визначається співвідношенням концентрації кремнію і заліза в сплаві. Підвищення концентрації заліза в марганцевому сплаві понад 10% веде до утворення карбіду $(Mn,Fe)_3C$, який не піддається гідратації.

5. Процес гідратації Mn_3C супроводжується виділенням газоподібних продуктів і тепловим ефектом.

6. Надано практичні рекомендації щодо зниження розспинання марганцевих сплавів:

– збільшення швидкості охолодження;

– підвищення концентрації заліза в сплаві більше 10% (для феросилікомарганцю);

– зниження вмісту кремнію і заліза в марганцевому сплаві до 5% (для низько-, середньовуглецевого феромарганцю та металевого марганцю) призводить до утворення значної кількості твердого розчину.

7. Процес розспинання марганцевих та кремнієвих сплавів можна розглядати як спосіб виготовлення порошкових матеріалів:

– як компоненту обмазки при виготовленні якісних електродів;

– у ливарному виробництві для процесу порційного легування;

– у порошковій металургії.

8. Проаналізувано потенційно-небезпечні та шкідливі чинники при зберіганні та транспортуванні марганцевих та кремнієвих сплавів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 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.

2. 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 доступу: http://mtmcongress.com/proceedngs/2013/1/29.SMELTING%20OF%20ALUMOSILICOMANGANESE%20FROM%20TECHNOGENIC%20AND%20SECONDARY%20RESOURCES%20MINING-METALLURGICAL%20INDUSTRY%20OF%20GEORGIA.pdf (дата звернення: 01.11.2020).

3 Неклеса М. А. Екологічні аспекти виробництва марганцевих феросплавів. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eprints.kname.edu.ua/52308/1/%D1%871-126-127.pdf (дата звернення: 01.12.2024)

4. Коваленко О. В. Проблеми та перспективи розвитку феросплавного виробництва як важної складової металургії України. URL: http://global-national.in.ua/issue-4-2015/12-vipusk-4-berezen-2015-r/598-kovalenko-o-v-problemi-ta-perspektivi-rozvitku-ferosplavnogo-virobnitstva-yak-vazhlivoji-skladovoji-metalurgiji-ukrajini (дата звернення: 01.12.2024)

5. Маховський В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Захист обладнання від корозії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Кам’янське : ДДТУ, 2018. 44 с.

6. Ганоченко М. О., Воденнікова О. С. Проблеми розсипання 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.

7. Обладнання складів шихти. URL: https://studfile.net/preview/7726969/ (дата звернення: 01.12.2024)

8. Ferroalloys inspection. URL: https://ciss-group.com/service/survey/survey-by-industry/metals-and-minerals/metal-inspection/597-ferroalloys-inspection.html (дата звернення: 01.12.2024)

9. Перевезення феросплавів. URL: https://e-trans.com.ua/services/perevezennja-ferosplaviv/ (дата звернення: 01.12.2024)

10. Левченко О. Г., Полукаров О. І., Зацарний В. В., Полукаров Ю. О., Землянська О. В. Охорона праці та цивільний захист : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

11. Пістун І. П., Катренко Л. А., Кіт Ю. В. Охорона праці : навч. посіб. з практикумом. Київ : Унівеситетська книга, 2020. 540 с.

12. Засоби індивідуального захисту. URL: https://kramnichka-stendov.in.ua/ua/p750804018-stend-sredstva-individualnoj.html (дата звернення: 01.12.2024)

13. Аптечка "Першої допомоги" ТУ (02-040-М). URL: https://poputchik.ua/catalog/tovary-medychnoho-pryznachennya/aptechky/pershoyi-dopomohydlya-domu/aptechka-pershoyi (дата звернення: 01.12.2024)

14. Вогнегасник вуглекислотний типу ВВК-1,4 (ОУ-2). URL: https://es-101.com/ua/ognetushitel-uglekislotnyjj-ou-2-vognegasnik-vuglekislotnijj-vvk-14-000013402.html/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=cid_20567731826_search_&utm_content=gid_153062448705_g_c_9194182_674468420613&utm_term=__&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIlsLCre-NigMV-EKRBR1gSyK7EAQYASABEgIC5vD_BwE (дата звернення: 01.12.2024)

15. Костюм робочий FORECO (куртка+напівкомбінезон). URL: https://pro-safe.com.ua/kostyum-robochiy-foreco-kurtkapolukombinezon/?gclid=Cj0KCQiAx9q6BhCDARIsACwUxu58EORmheTHZOWn9s4tbpJAomHOlpQJenxWlldVFTPLUII4bKFooRUaAlq1EALw_wcB (дата

звернення: 01.12.2024)

16. Сертифікація продукції. URL: https://nvppoint.com/uk/sertifikatsiya-produktsiyi/ (дата звернення: 01.12.2024)

17. Грибан В. Г., Казначеєв Д. Г., Бойко О. І. Безпека життєдіяльності та охорона праці у схемах : навч. посіб. Дніпро : ДДУВС, 2019. 228 с.

18. Пістун І. П., Катренко Л. А., Кіт Ю. В. Охорона праці : навч. посіб. з практикумом. Київ : Унівеситетська книга, 2020. 540 с.

19. Левченко О. Г., Полукаров О. І., Зацарний В. В., Полукаров Ю. О., Землянська О. В. Охорона праці та цивільний захист : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

20. Отруйні речовини: характеристика та вплив на організм людини. Реферат. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/bjd/25615/ (дата звернення: 01.12.2024)