

РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу Макаева Талгата Саятулы на тему:

«Исследование и разработка технологии выплавки ферросиликоалюминия из сырья Куу-Чекинского угольного месторождения», представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D070900 - «Металлургия»

Актуальность избранной темы

Комплексное использование минерального сырья в металлургии предполагает максимальное вовлечение в процесс выплавки некондиционных руд, углей, флюсов, техногенных отходов. Одним из источников для получения комплексных ферросплавов являются высокочольные угли, содержащие в своем составе кроме углерода в зольной части такие элементы как кремний и алюминий, которые могут служить компонентами образующих ферросплав. Поэтому разработка рациональной технологии создания комплексных ферросплавов является актуальной задачей, которая позволит предприятиям металлургии в Казахстане увеличить объем выпускаемой продукции. Одним из путей решения данной проблемы является применение в шихте для выплавки ферросплавов высокочольных углей, которые позволят исключить из технологии дорогого и дефицитного топлива как кокс.

Комплексные ферросплавы, которые могут быть применены для раскисления и легирования стали вместо традиционных ферросилиция и металлического алюминия, должны привести к сокращению длительности плавки, снижению себестоимости стали, другим направлением их использования является металлотермическое получение низкоуглеродистых марок феррохрома, ферромарганца, а также стандартных марок ферротитана, феррованадия и др.

В настоящем исследовании была поставлена цель разработки технологии выплавки комплексного сплава ферросиликоалюминий (ФСА) с использованием в качестве восстановителя куу-чекинских высокочольных углей.

Автор в диссертационной работе привел способы достижения поставленной задачи, что подтверждается лабораторными экспериментами и промышленными испытаниями.

На основе анализа текущего состояния вопросов технологии и производства комплексных ферросплавов обосновано теоретическими и крупнолабораторными исследованиями возможность использования куу-чекинских углей для выплавки ФСА. Определены технологические режимы при выплавке высококремнистых марок сплавов ФСА.

Методом термодинамически-диаграммного анализа системы Fe-Al-Si применительно к промышленным составам сплава ФСА установлена критическая область, где происходит совместная кристаллизация метастабильной высокотемпературной фазы лебоита (FeSi_2 В) и тройного соединения FeAl_3Si_2 . Установлено, что разрушение сплавов по составу находящихся в этой области является следствием ликвации фазы (FeSi_2 В) и

дальнейшей ее перекристаллизации с увеличением объема; Лабораторные эксперименты и крупно-лабораторные испытания по выплавке комплексного сплава ФСА проведены в печи Таммана и рудно-термической печи мощностью 200 кВА. В условиях металлургического завода специальных сталей (г. Xining, КНР) проведены испытания по обработке легированной стали марки 40Cr сплавом ФСА взамен ферросилиция и металлического алюминия. Установлена принципиальная возможность применения сплава ФСА для обработки легированных сталей на примере марок Cr40 и 30CrNi₂Mo.

Предложенная технология выплавки сплава ФСА может быть реализована в проекте «Строительство Карагандинского завода комплексных сплавов».

Диссертантом Макаевым Т.С. поставленные задачи успешно решены научно обоснованным подходом при проведении лабораторных экспериментов, так и промышленных испытаний, проведена апробация результатов работы на 3 международных научно-практических конференциях, т.е. донесена до научной и технической общественности.

Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Теоретические исследования проведены на основе термодинамически-диаграммного анализа с использованием различных баз данных.

Определение технического состава отобранных проб углей, т.е. содержания влаги, летучих компонентов и золы проводился по ГОСТ 27314-91, ГОСТ 6382-2001 и ГОСТ 11022-95. Химический состав золы определялся на основании ускоренных химических методов определения элементов по методике НСАМ №138-х. Плавкость золы опытного угля определяли по ГОСТ 2057-94. Определение истинной и кажущейся плотности, а также пористости производили по ГОСТ 2160-92. Дифференциально-термический анализ проб высокочольных углей разрезов «Богатырь», «Борлы» и «Сарыадыр» проводился на дериватографе Q = 1500 D до температуры 1500°C. Исследования по измерению удельного электросопротивления высокочольных углей осуществлялись в лабораторной высокотемпературной установке по методике ИМет УРО РАН. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре «Empyrean» фирмы «PANalytical» (Нидерланды). Подготовку шлифов проводили на шлифовальном станке EcoMet 250/300. Для металлографического анализа использовалась программа Thixomet Pro, при этом оценивался балл зерна структуры и индекс загрязненности неметаллическими включениями. Лабораторные эксперименты и крупно-лабораторные испытания по выплавке комплексного сплава проведены в печи Таммана и рудно-термической печи. Опытно-промышленные испытания проведены в условиях завода специальных марок стали «Xining Special Steel Co., LTD». Уровень напряжений в получаемых слитках определялся с помощью феррозондового магнитометра со сканирующим устройством типа 1-8M методом магнитометрической диагностики.

Научные и технологические результаты исследований, выводы и заключения,

сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны, так как они базируются на обширных экспериментальных данных, обработанных с применением современных физико-химических методов анализа, на сертифицированном научно-исследовательском оборудовании и приборах.

Новизна научных результатов:

В настоящей работе впервые:

-проведены физико-химические исследования высокозольных разновидностей угля месторождения «Куу-Чекинский» в сравнении с ранее использовавшимся углистым сырьем других угольных месторождений;

-выполнен термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-Al-Si применительно к промышленным составам сплава ФСА. На основании триангуляции системы Fe-Al-Si установлена критическая область составов сплава ФСА, где происходит совместная кристаллизация метастабильной высокотемпературной фазы лебоита ($\text{FeSi}_2 \text{ B}$) и тройного соединения FeAl_3Si_2 . Выявлено, что разрушение сплавов по составу находящихся в этой области является следствием ликвации фазы ($\text{FeSi}_2 \text{ B}$) и дальнейшей ее перекристаллизации с увеличением объема;

- на основании исследований в условиях высокотемпературного нагрева определен механизм фазовых превращений в объеме высокозольного угля и установлена температура начала газификации диоксида кремния и образования карбида кремния и муллита. Установлено, что весь свободный диоксид кремния в составе угля превращается в карбид кремния и остаточными конденсированными фазами являются карбид кремния, муллит и твердый углерод;

Соответствие принципам самостоятельности при выполнении диссертационной работы свидетельствует большой объем проведенных теоретических и экспериментальных исследований, выполненных диссертантом самостоятельно и авторские разработки подтвержденные статьями. Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается использованием известных научных положений теории металлургических процессов, в частности производства ферросплавов, использованием термодинамически-диаграммного анализа для выявления закономерностей кристаллизации комплексного ферросплава ФСА и сравнением результатов исследований с известными теоретическими и экспериментальными данными.

Соответствие принципам внутреннего единства подтверждается последовательным изложением выполнения поставленной задачи, взаимосвязью теоретических исследований и экспериментальных результатов, все главы

диссертации обладают внутренним единством и отражают в полном объеме тематику работы.

Практическая значимость

- на основе высокотемпературных изотермических выдержек определено, что применительно к куу-чекинским углям, начало восстановления диоксида кремния происходит в температурном интервале 1450-1500°C, а восстановление оксида алюминия происходит только из муллита;
- в ходе проведенных крупно-лабораторных испытаний в электропечи мощностью 200 кВА была установлена возможность применения в качестве компонента шихты высокозольных куу-чекинских углей для получения высококремнистых марок комплексного сплава ФСА и разработана технология их выплавки при оптимальных технологических режимах;
- технология выплавки сплава ФСА на основе высокозольного угля месторождения «Куу-Чекинский» в качестве потенциального сырья, могут быть использованы для реализации в проекте «Строительство Карагандинского завода комплексных сплавов».
- в условиях завода специальных марок стали «Xining Special Steel Co., LTD» были проведены опытно-промышленные испытания по использованию сплава ФСА при выплавке стали марки Cr40. Полученная сталь опытных плавков по химическому составу и качественным характеристикам соответствует заводским нормам и международным стандартам.
- результаты проведенных лабораторных исследований показали, что использование ФСА при обработке легированных улучшаемых марок сталей, в частности 30CrNi₂Mo, благотворно влияет на формирование мелкозернистой структуры, а саму сталь после некоторых методов обработки можно рассматривать как аналог стали Hardox 500 в качестве износостойкого материала;
- на основе триангуляции системы Fe-Al-Si определены критические области составов сплава ФСА, подверженных рассыпанию. Рекомендованы стабильные составы сплава ФСА;
- рекомендована корректировка марочных составов ФСА в технических условиях (СТ ДГП 38911750-001-2019).

Недостатки по содержанию и оформлению диссертации

1. При проведении экспериментов по дериватографическому исследованию высокозольных углей для выявления фазовых превращений, одним из вариантов нагрева могло быть проведение его в инертной атмосфере для исключения влияния окисления.

2. Обоснование использования традиционного термодинамически-диаграммного анализа вместо известных программных моделирующих комплексов «Селектор», «Астра», «Terra» представляется весьма спорным решением.

3. Для полной характеристики механических свойств улучшаемой стали 30CrNi₂Mo не приведены показатели пластичности и ударной вязкости.

Заключение

Указанные замечания не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы. Диссертационная работа Макаева Т.С. является завершённой научной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую существенно новые результаты и технические решения, направленные на получение комплексного ферросплава из высокозольных углей Куу-Чекинского месторождения.

Считаю, что рецензируемая работа в полной мере отвечает требованиям, которые предъявляются к диссертациям на соискание степени PhD Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК и может быть рекомендована к защите, а её автору - Макаеву Талгату Саятулы может быть присуждена степень доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 - «Металлургия».

Рецензент:

к. т. н., доцент кафедры

«Металлургия и материаловедение»

НАО КИУ



Мусин Д.К.