

Отзыв

научного консультанта

на диссертационную работу Макаева Талгата Саятұлы «Исследование и разработка технологии выплавки ферросиликоалюминия из сырья Куу-Чекинского угольного месторождения», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – Металлургия

Диссертационная работа Макаева Т.С. направлена на исследование физико-химических свойств и фазового состава высокосолеобразных углей месторождения «Куу-Чекинское» и разработку технологических приемов выплавки ферросиликоалюминия (ФСА) на их основе.

Ферросиликоалюминий является комплексным сплавом железа, кремния и алюминия, который может широко использоваться в сталеплавильном производстве для раскисления спокойных и низколегированных сталей широкого марочного состава.

Технология использования ФСА для раскисления спокойных и низколегированных марок стали была освоена в конверторном цехе АО «АрселорМиттал Темиртау» (1999-2010 гг). Были проведены опытно-промышленные испытания по раскислению стали ферросиликоалюминием на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ЗАО «Омутнинский металлургический завод» (Российская Федерация) и на металлургическом заводе «Cholakoglu metalurgi» (г. Измит, Турция).

Было установлено, что использование взамен ферросилиция и алюминия комплексного сплава ФСА обеспечивает более эффективное раскисление стали и повышение качества стальной продукции. Отмечено сокращение отсортировки металлопроката по поверхностным дефектам (трещинам) и снижение в 0,5-2,0 раза уровня загрязнения металла неметаллическими включениями. Исключение расхода ферросилиция и сокращение на 50-100% расхода алюминия способствовало снижению себестоимости стали.

На основании вышеизложенного можно заключить, что представленная Макаевым Т.С. диссертационная работа, включающая исследование по использованию новых видов сырья, является актуальной и направленной на формирование сырьевой базы для выплавки ФСА на заводе комплексных сплавов, строительство которого планируется в г Караганда.

При выполнении диссертационной работы поставлены следующие задачи:

- исследование физико-химических свойств углей месторождения «Куу-Чекинское» и определение их соответствия к сырью требованиям для выплавки ФСА;
- исследование фазовых превращений в составе угля при нагреве;
- термодинамическое исследование возможных восстановительных реакций по зонам ванны электропечи при выплавке ФСА;
- исследование кристаллизации сплава и выяснение возможных причин рассыпания отдельных составов сплава ФСА;

- проведение опытно-промышленных испытаний по обработке стали марки Cr40 сплавом ФСА.

На основании проведенных диссертантом теоретических и экспериментальных исследований установлено, что по комплексу физико-химических и электрофизических свойств угли месторождения «Куу-Чекинское» полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к выплавке ФСА, и аналогичны по свойствам высокозольным углям месторождений «Борлы» и «Богатырь» Карагандинского и Экибастузского угольных бассейнов.

Впервые методом прокалки проб угля при температурах до 1650 °С и рентгенофазового анализа определены фазовые превращения, происходящие в исследуемых высокозольных углях. Установлено, что после выдержки угля при 1650 °С конечными продуктами являются муллит, углерод и карбид кремния. При этом отмечено, что восстановление кремнезема с образованием карбида кремния в составе золы угля начинает происходить при температурах 1450-1500 °С, что согласуется с известными литературными данными.

Диссертантом проведен обзор и термодинамический анализ возможных восстановительных реакций для системы Fe-Si-Al-O-C, с уточнением начала реакций восстановления кремнезема и муллита применительно к процессу выплавки ФСА для различных температурных зон руднотермической электропечи.

На основе расчета энергетики реакций впервые произведена триангуляция металлической системы Fe-Al-Si с определением возможных областей стабильных сосуществующих тройных фаз. На основе проведенной триангуляции системы Fe-Al-Si предложена модель кристаллизации расплава ФСА промышленных составов.

Установлено, что для сплава марок ФС45А15 и ФС45А20 имеется узкая область составов, где вначале начинает кристаллизоваться высокотемпературная модификация соединения $FeSi_2$ (лебоит), претерпевающая модификационное превращение при 940 °С с увеличением объема. Ликвация кристаллов $FeSi_2$ с накоплением в нижней части слитков, и происходящий фазовый переход приводит к растрескиванию слитков сплава некоторых составов и является причиной их рассыпания. Данная модель рассыпания достаточно точно объясняется теоретическими расчетами и подтверждается экспериментальными данными длительного хранения образцов сплава ФСА различных составов.

Диссертантом инициированы и самостоятельно организованы испытания по раскислению стали марки Cr40 сплавом ФСА марки ФС55А20 в условиях металлургического завода «Xining Special Steel Co., LTD» (КНР). Было проведено 14 плавов сравнительной и опытной стали. По результатам испытаний представлены полные химические составы опытной и сравнительной стали, конечных шлаков и металлографический анализ.

Сравнительный анализ показал, что полезное использование кремния и алюминия при применении ФСА на 9,9 % и 13,3 % выше, чем при использовании ферросилиция и алюминия по традиционной технологии.

Расчет экономической эффективности от использования сплава ФСА

при обработке стали марки Cr40 в условиях завода «Xining Special Steel Co., LTD» на момент времени май 2018 года составил 1,972 юаня (0,31\$) на 1 тонну стали. Снижение затрат произошло за счет сокращения расхода алюминиевых слитков. Полученная опытная сталь по химическому составу и механическим свойствам полностью соответствовала государственным и заводским стандартам.

Научная новизна исследований диссертанта подтверждается результатами проведенных исследований фазовых превращений и начала восстановительных реакций в составе угля до 1650 °С, триангуляцией системы Fe-Al-Si с определением причин рассыпания отдельных составов сплава ФСА после кристаллизации, а также результатами опытно-промышленных испытаний по применению сплава для обработки легированной марки стали Cr40.

Основные научные результаты диссертационной работы Макаева Т.С. представлены в 2 зарубежных публикациях в базе данных Scopus (с процентилем выше 25), 3 публикациях (рекомендованных КОКСОН), а также 4 сообщения в трудах международных конференций.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК к докторским диссертациям (PhD), а ее автор – Макаев Т. С. заслуживает присуждения ему степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – Metallurgy.

Научный консультант, д.т.н.,
руководитель отдела черной
металлургии, главный научный
сотрудник ФГБУН «Институт
металлургии УрО РАН»

A. B.

Бабенко А.А.

Подпись Бабенко А.А. удостоверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



Долматов А.В.