

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Хоанга Ван Виена
на тему «**Переработка рафинировочного шлака кремниевого производства с получением Al-Si сплавов**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

1. Актуальность темы исследования

Продвижение новых научных идей и технологических решений по расширению сырьевой базы получения металлов и сплавов за счет вовлечения техногенных отходов производства в настоящее время является важным направлением в поддержании высокой эффективности и конкурентоспособности отечественной металлургии на мировом рынке.

В АО «Кремний» компании «РУСАЛ» (г. Шелехов, Иркутская область) – крупнейшем производителе металлургического кремния – производят рафинированный кремний, который имеет широкое применение в различных областях народного хозяйства. В результате окислительного рафинирования получаемого при плавке кремния образуются кремний и рафинировочный шлак. Данный шлак является техногенным отходом, который в своем составе значительное количество элементного кремния (до 70 %). Это, в свою очередь, приводит к снижению эффективности получения кремния.

В связи с этим тема диссертации Хоанга В.В. является актуальной, так как направлена на разработку новых технических решений по переработке техногенного сырья кремниевого производства, что способствует снижению наносимого ущерба окружающей среде ввиду уменьшения площадей складирования отходов металлургического производства, а также повышению эффективности производства металлургического кремния за счет извлечения ценного продукта в алюмокремниевый сплав.

2. Научная новизна и практическая ценность работы

Научные положения, выносимые автором диссертации на защиту, в достаточной степени раскрывают суть основной идеи работы, заключающейся

в разработке и научном обосновании технических решений, обеспечивающих извлечение кремния из рафинировочного шлака в виде сплава с алюминием.

Научная новизна и практическая ценность работы заключаются в предложенных технических решениях, обеспечивающих извлечение кремния из шлака в виде алюмокремниевого сплава (дозвтектического силумина) при использовании в качестве флюсов оксидов кремния, алюминия, кальция, фторида кальция в определенных соотношениях.

Авторы получены экспериментальные образцы Al-Si сплавов, которые по структуре и данным спектрального анализа, выполненного в центральной заводской лаборатории службы качества Иркутского алюминиевого завода, относятся к дозвтектическим силуминам; содержание алюминия находится в диапазоне 90,3081–96,8863 %, кремния – 2,261–9,269 %. Методом планирования трехфакторного эксперимента были определены оптимальные условия: температура плавки – 1350-1400 °С; содержание CaF₂ во вводимой в шихту флюсовой смеси (CaF₂+CaO) – 25 %, крупность частиц кремниевого шлака – 1,5 мм. При этом извлечение кремния в сплав составило ~75,8 %.

Автором была оценена перспектива дальнейшего использования полученных Al-Si сплавов в качестве основы для производства промышленных силуминов и рекомендована технологическая схема получения металлургического кремния с дополнительным участком по переработке рафинировочного шлака с получением силуминов.

Практическая значимость диссертационного исследования Хоанга Ван Виена подтверждается патентом Российской Федерации на изобретение. Также практическую ценность представляет возможность использования разработанных компьютерных программ для ЭВМ в учебном процессе при подготовке обучающихся по направлению «Металлургия».

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность научных положений в диссертации, выводов и рекомендаций обеспечена необходимым объемом проведенных экспериментальных исследований и полученных данных, подтверждается их

соответствием ранее проведенным разработкам и исследованиям в области металлургии кремния. Также доказывается применением современных методов физико-химического анализа (сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового, рентгенофлюоресцентного, металлографического, спектрального, рентгеноспектрального микроанализа) и обработки экспериментальных данных с применением современных средств вычислительной техники и методов математической обработки данных. Часть аналитических исследований исходных материалов и экспериментальных образцов силуминов была выполнена в аккредитованных лабораториях Иркутского алюминиевого завода и АО «Кремний» компании «РУСАЛ».

По теме диссертации автором опубликовано 16 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья – в издании из базы Scopus, 1 патент РФ на изобретение; имеются также 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и публикации в других изданиях и материалах конференций.

4. Замечания по содержанию диссертации

При ознакомлении с диссертационной работой Хоанга В.В. возникли следующие вопросы и замечания.

1 В главе 1 имеются общие обзоры и описания, не относящиеся непосредственно к теме работы. Например, анализ мирового производства кремния, его экспорта и импорта или таблицы с требованиями ГОСТ и ТУ к химическому составу кремния.

2 В главе 4 (раздел 4.1) автор с помощью программы «ProCAST 2013» рассчитывает и сравнивает свойства промышленного сплава 4043 и экспериментального силумина с содержанием 5,79 % кремния. Непонятно, зачем сравнивать два одинаковых по содержанию кремния сплава с получением заведомо одинаковых результатов. И в диссертации нет данных, какой полный химический состав сплавов принят для расчёта в том и другом сплаве. Содержание некоторых примесей (например железа) или их определённое сочетание может кардинально изменить свойства сплава.

3 Имеются замечания к рекомендации автора относительно использования полученных силуминов в литейных отделениях алюминиевых заводов. В частности, на примере Филиала ПАО “РУСАЛ Братск” в г. Шелехов (ИркАЗа), который расположен на одной промышленной площадке с АО “Кремний”, замечания следующие:

- возникнут технологические и организационные сложности с использованием сплавов разного химического состава (содержание Si в экспериментальных силуминах варьируется от 2,2 до 9,2 %);

- в экспериментальных силуминах содержание Fe как основной вредной примеси составляет 0,30 – 0,35 %, что значительно выше ограничения содержания Fe в литейных сплавах производства ИркАЗа – не более 0,12 % или не более 0,10 %;

- литейные производства алюминиевых заводов в целом рассчитаны на использование жидкой шихты и только на небольшие добавки твёрдой.

Учитывая сказанное, потребителями указанных вторичных силуминов могли бы стать предприятия вторичной металлургии или литейные цеха машиностроительных заводов.

4 В диссертации не сказано, сколько всего силумина может быть получено при переработке 2500 т/год рафинировочного шлака, а такой итоговый показатель был бы интересен.

5 Встречаются незначительные опечатки и погрешности оформления. В двух случаях не соблюдены правила переноса таблиц (таблицы 2.6 и 2.8) и подрисуночные подписи оторваны от самих рисунков (рисунки 2.11 и 2.14).

5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

С учетом актуальности выбранного направления, научной обоснованности, оригинальности и новизны технических разработок, а также их значения для повышения эффективности кремниевого производства, имеющего важное значение для экономики Российской Федерации, можно сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой.

Работа изложена технически грамотным языком, все главы логически связаны между собой, что говорит о целостности раскрываемой проблемы. Работа производит благоприятное впечатление: аккуратность оформления, наличие цветных иллюстраций, достаточно глубокий анализ имеющихся литературных источников по тематике диссертации, в т.ч. иностранных, значительный объем экспериментальных исследований по подбору оптимального состава шихты для плавки флюсов, а также температурного режима переработки шлака. Использование нескольких компьютерных программ свидетельствует о хорошем уровне подготовки соискателя в этой части. Текст автореферата полностью соответствует основному содержанию диссертации и дает представление о структуре, научной новизне и практической значимости работы, а также обоснованности и достоверности защищаемых положений, апробации и публикациях соискателя.

Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель – **Хоанг Ван Виен** заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

29.03.2023

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
ООО «РУСАЛ Инженерно-технологический центр»,
Обособленное подразделение в г. Шелехов
начальник отдела литья ЛЦ ИркаЗ (г. Шелехов)



Кузьмин
Петр Борисович

Полное наименование организации:
Общество с ограниченной ответственностью
«РУСАЛ Инженерно-технологический центр»,
Обособленное подразделение в г. Шелехов
Почтовый адрес:
666034, Иркутская обл., г. Шелехов, ул. Индустриальная, 4;
Раб. тел.: +7 (39550) 9-23-49;
Сот. тел.: 8-914-937-7273
E-mail: petr.kuzmin@rusal.com



Подпись заверяю

Директор ДТ и ГРАП

Р.А.