

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Зубарева Кирилла Александровича «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности - 05.16.02 Metallurgy чёрных, цветных и редких металлов

Сегодня исследование процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля в вакууме и разработка предложений по совершенствованию технологии их выплавки в вакуумной индукционной печи представляет большой интерес для отечественной спецэлектрометаллургии. В связи с этим, актуальность представленной работы не вызывает сомнений.

При выполнении диссертационной работы автор разработал новую модель и алгоритм расчета испарения компонентов сложнолегированных расплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме, основанные на использовании уравнений Лангмюра и баланса масс компонентов. Сформировал базу данных для термодинамического моделирования процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля, их взаимодействия с футеровкой.

На основе проведенных исследований автор определил благоприятные интервалы остаточного давления в камере вакуумной печи при использовании магнезитовой и корундовой футеровки. Установил, что при повышенных давлениях (от 10 до 101 кПа для чистого железа и от 0,01 до 101 кПа для никеля) магнезитовая футеровка дает минимальный прирост кислорода в расплаве, а при пониженных давлениях (от 0,1 до 10000 Па для железа и от 0,1 до 10 Па для никеля) минимальный прирост концентрации кислорода дает корундовая футеровка. Показал, что введение алюминия в расплав обеспечивает снижение взаимодействия металла с корундовой футеровкой и понижает количество кислорода, поступающего из тигля в расплав за счет смещения равновесия реакции взаимодействия металла с футеровкой в сторону образования оксида алюминия. Предложил новую методику описания экспериментально наблюдаемых данных по раскислению железа кальцием, которая отличается тем, что константа равновесия реакции раскисления железа кальцием получена методом комбинирования, а содержания кислорода и кальция складываются из концентраций растворенных компонентов и связанных в неметаллические включения.

Практическая ценность научных идей, предлагаемых автором состоит в разработке компьютерных программ «Программа для расчета испарения элементов при плавке в ВИП сплавов на основе никеля» и «Программа для расчета испарения элементов при плавке в ВИП сплавов на основе железа», а также в формировании расширенной базы термодинамических данных для сплавов на основе железа и никеля. Созданная автором схема расчета испарения элементов при выплавке сплава на основе никеля в ВИП и результаты расчета максимального испарения компонентов сплава монель (K500) могут быть использованы при выполнении проектных работ по конструированию ВИП.

Все это говорит о несомненной научной и практической значимости работы.

Вместе с тем, из автореферата не совсем понятно, можно ли с помощью полученных автором результатов спрогнозировать расход раскислителей перед выпуском металла и как это сделать.

В целом на основании автореферата, можно сказать, что представленная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему и отвечает требованиям Положения ВАК о порядке присуждения научным и науч-

но-педагогическим работникам ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Зубарев Кирилл Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности - 05.16.02 Metallurgy чёрных, цветных и редких металлов.

Заведующий кафедрой
металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольского технологического института (филиала)
Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС»
доцент, к.т.н.



Кожухов А.А.

Профессор кафедры
металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольского технологического института (филиала)
Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС»
профессор, д.т.н.



Смирнов Е.Н.

Белгородская область, г. Старый Оскол
м-н. Макаренко, 42
тел. 8-4725-45-12-00 доб. 312
e-mail: koshuhov@yandex.ru



Отзыв

на автореферат диссертационной работы Зубарева Кирилла Александровича «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 — «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертация К.А. Зубарева посвящена исследованию процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи. Направление исследования актуально в связи с растущей потребностью в высококачественных сложнолегированных сталях и сплавах, которые чаще всего выплавляются в вакуумной индукционной печи.

В работе проведено исследование процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью определения оптимальных значений остаточного давления, температуры и продолжительности рафинирования, которые могут обеспечить получение чистых по примесям металла с одновременным сохранением легирующих элементов и основы сплава. Показана согласованность данных, полученных экспериментальным путем, и рассчитанных по разработанной модели испарения. По результатам выполненных исследований сформированы предложения по совершенствованию технологии их выплавки в вакуумной индукционной печи.

Наиболее важными научными результатами работы являются методика расчета испарения компонентов сплава, позволяющая рассчитывать одновременно испарение всех элементов сплава, и разработка новой методики построения кривой раскисления железа кальцием.

Практическая значимость работы состоит в разработке схемы и программы расчета испарения элементов при выплавке сплавов на основе

железа и никеля, а также их использование при разработке и анализе технологии плавки в вакуумной индукционной печи.

Достоверность результатов, имеющих важное научное и прикладное значение, обеспечена корректной постановкой задач, использованием аттестованного исследовательского оборудования и современных методик исследований.

Основные результаты работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

Замечания по автореферату:

В главе 2 автореферата представлена модель испарения элементов многокомпонентного сплава. Однако из текста не видно, как данная модель учитывает лимитирующую стадию процесса испарения.

На рисунке 1 автореферата представлена зависимость концентрации меди в сплаве от времени выдержки в вакууме, которая отвечает понижению концентрации меди в металл. Однако, на рисунке 3 представлена кривая, согласно которой содержание меди не изменяется. Данный факт в автореферате не объяснён.

Сделанные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы К.А. Зубарева, которая соответствует критериям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Зубарев Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

АО «Металлургический завод «Электросталь»
Главный инженер, канд. техн. наук



А.А. Сисёв

Помощник ген. директора, докт. техн. наук

Sagel

С.Н. Падерин

Тел.: 8-915-263-97-86; Email: info@elsteel.ru

Подписи А.А. Сисёва и С.Н. Падерина подтверждаю

А.Ю. Барашенков

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Зубарева Кирилла Александровича «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Выполненное Зубаревым К.А. исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакуумной индукционной печи является актуальным, так как в настоящее время обеспечить рафинирование металла от примесей с одновременным сохранением легирующих элементов и основы сплава, используя только эмпирический подход, достаточно сложно.

На основе проведенных исследований автор разработал новую методику расчета одновременного испарения всех элементов многокомпонентного сплава в глубоком вакууме. Методика основана на использовании уравнения Лангмюра и баланса масс компонентов для каждого компонента сплава. Данная методика позволяет определить оптимальные параметры технологии в период рафинирования в вакуумной индукционной печи (давление, температура, время рафинирования) и имеет важное практическое значение.

Автором получено новое уравнение кривой раскисления железа кальцием; сформирована предметно-ориентированная база термодинамических данных для равновесных расчетов в системе «Металл-шлак-газовая фаза».

Практическая ценность работы состоит в разработке рекомендаций, направленных на совершенствование технологии производства сложнолегированных марок сталей и сплавов, в том числе при выполнении проектных работ по конструированию ВИП.

По автореферату есть замечания:

1. В работе приведена модель и алгоритм расчета испарения элементов многокомпонентного сплава, которые удовлетворительно описывают

экспериментальные данные. Однако непонятно, можно ли использовать эту модель для расчета состава конденсата, образующегося на стенках ВИП.

2. На рисунке 6 автореферата представлено сравнение взаимодействия корундовой и шпинелидной футеровки с иттрием, содержащимся в сплаве ЖС6У (5 - 6% алюминия). Автор не выделяет влияние алюминия на стойкость футеровки в этом опыте.

Приведенные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы Зубарева К.А., которая соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор диссертационной работы «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи» Зубарев Кирилл Александрович заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доктор технических наук, профессор

Тел.: 8-495-948-28-31

Н.А. Смирнов



ЗАВЕРЯЮ
И.М. ИСАЕВ

Отзыв

на автореферат диссертации Зубарева Кирилла Александровича тему:
«Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности – 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Представленная работа посвящена исследованию процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля при вакуумной плавке в индукционной печи. Совершенствование технологии с целью повышения качества металлов и сплавов и уменьшения угара ценных компонентов является актуальной задачей для специальной электрометаллургии.

В диссертационной работе были разработаны математическая модель и алгоритм расчёта испарения компонентов сложнолегированных расплавов в глубоком вакууме, проведено исследование влияния давления и материала тигля на содержание кислорода в расплаве; результаты теоретических исследований подтверждены экспериментально.

По теме диссертации имеется достаточное количество публикаций, получены свидетельства об официальной регистрации программ для расчёта на ЭВМ. Разработанная схема расчёта испарения элементов при выплавке сплава на основе никеля в вакуумной индукционной печи и результаты расчёта максимального испарения компонентов сплава монель использовались при выполнении проектных работ по конструированию ВИП, что подтверждено соответствующими актами «НПО ЦНИИТМАШ» и ЗАО «ИОМЗ».

Однако к работе имеются некоторые замечания:

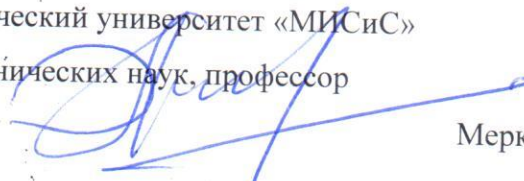
- Из текста автореферата не совсем ясно, какие преимущества даёт предложенная методика расчёта, учитывающая испарение всех элементов многокомпонентного сплава, по сравнению с существующей методикой Олетте.

- На рисунке 11 (с.22) не указана размерность на оси «Расчётные потери меди»; на рисунке 9 (с. 19) одна кривая обозначена цифрой, а вторая - надписью, что не соответствует требованиям ГОСТ.

- В работе не оценивается экономический эффект от применения усовершенствованной технологии рафинирования и раскисления сплавов основе железа и никеля при выплавке в вакуумной индукционной печи.

Несмотря на отмеченные недостатки, считаем, что представленная работа выполнена в необходимом объеме, на достаточно высоком научно-техническом уровне, имеет научную и практическую значимость, а её автор Зубарев К.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Профессор кафедры металлургии
и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольского технологического
института им. А.А. Угарова
(филиала) Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»
доктор технических наук, профессор


Меркер Эдуард Эдгарович

Контакты:

309516, Белгородская обл.,

г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, 42

Телефон: 8 903 885 61 02

E-mail: mt_kaf@mail.ru

Подпись Меркера Э.Э.

заверяю: начальник ОК СТИ НИТУ «МИСиС»




Перминова О.Н.



VESUVIUS

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Зубарева Кирилла Александровича
«Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Выплавка высокочистого металла в вакуумной индукционной печи с одновременным сохранением легирующих элементов и основы сплава – одна из важнейших задач металлургической промышленности. Решение этой задачи требует основательного научного подхода, поэтому актуальность работы Зубарева К.А. не вызывает сомнений.

Автором выполнены исследования процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля в вакууме, их взаимодействия с футеровкой тигля. Получено новое уравнение кривой раскисления железа кальцием. Доказано, что кальция в металле в чистом виде практически не существуют. Все, что отдается в металл, моментально превращается в оксиды. Это открывает дополнительные возможности понимания процесса модифицирования сталей кальцием.

Изучены существующие методы количественного описания испарения элементов многокомпонентных сплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме. На основе полученных результатов сформирована новая адекватная модель процесса испарения многокомпонентных сплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме. Разработан соответствующий алгоритм расчета. Предложены рекомендации по совершенствованию технологий выплавки сложнолегированных сталей и сплавов в вакуумной индукционной печи.

Полнота и достоверность результатов, полученных в ходе проведения научных экспериментов, не вызывает сомнений.

По тексту автореферата можно сделать некоторые замечания:

1. В автореферате поставлена задача формирования базы данных для термодинамического моделирования, однако никакого массива термодинамических данных в автореферате не приведено.
2. На рисунке 8 автореферата представлены кривые раскисления железа кальцием. Непонятно, почему кривая раскисления железа кальцием принимает прямоугольный вид.

Несмотря на сделанные замечания следует отметить, что диссертационная работа Зубарева К.А. выполнена в достаточном объеме, на высоком научно-техническом уровне, имеет важное научное и практическое значение и соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Правительством РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к кандидатской диссертациям. Автор диссертации, Зубарев Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 — «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

VESUVIUS GmbH,

Schieferbank 2-16

45472 Mülheim a.d. Ruhr, GERMANY

Телефон +7 (916) 350-94-30

e-mail: alexey.tolstolutsky@vesuvius.com

к.т.н. Толстолуцкий Алексей Александрович,
региональный коммерческий управляющий

Подпись Толстолуцкого А.А. подтверждаю



Miroslav Pszczolka, Commercial director FC EE



**ВЫКСУНСКИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
ЗАВОД**

Акционерное общество
«Выксунский
металлургический
завод»

Россия, 607060, Нижегородская обл.,
г. Выкса, ул. Братьев Баташевых, д. 45
тел.: 8 800 250-11-50
факс: +7 (83177) 3-76-05
e-mail: vmz@vsw.ru
www.omk.ru

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Зубарева Кирилла Александровича

«Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Производство стали и сплавов включает себя одних из ключевых операций при выплавке металла – это рафинирования и раскисления. Не представляется возможным производство в вакуумной индукционной печи (ВИП) без знания уточненных технологических параметров таких как, остаточное давление, температура и продолжительность рафинирования. В целом эти параметры обеспечивают лучшее рафинирование расплава от примесей с одновременным сохранением легирующих элементов. Представленное диссертационное исследование является значимым и актуальным в современной металлургии.

В автореферате Зубарева К.А. представлена широкая научно-исследовательская работа по влиянию материала футеровки, которая напрямую меняет в металле уровень оксидных неметаллических включений. Разработанная методика испарения компонентов сложнолегированных расплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме учитывает влияние всех элементов многокомпонентного сплава. Кроме этого, определены важные интервалы остаточного давления в камере вакуумной печи при использовании магнезитовой и корундовой футеровки. А также показано, что введение алюминия в расплав обеспечивает снижение взаимодействия металла с корундовой футеровкой и понижает количество оксидов поступающего от тигля в расплав.

В работе представлены интересные допущения по раскислению железа кальцием: 1) - «Весь металл находится в равновесии с массивной неметаллической фазой, состав которой, в

случае раскисления металла кальцием, отвечает химической формуле CaO »; 2) – «Отклонение экспериментальных данных от идеальной кривой раскисления вызвано только наличием остаточных, взвешенных в металле включений $[\text{CaO}]_{\text{нв}}$ »; 3) «В связи с тем, что концентрации растворённых кислорода и кальция при раскислении кальцием очень низки, принимается, что коэффициенты активности кислорода и кальция близки к единице, а константа реакции может быть найдена методом комбинирования».

По автореферату можно сделать следующее замечание. В выводах (пункт 2) перечисляются типы неметаллических включений, одним из которых указаны нитриды. В представленной работе не изучались неметаллические включения типа нитриды и не представлена концентрация азота. По этим причинам не стоит указывать и ссылаться в автореферате на нитриды.

Указанные замечания не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы, которая полностью соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Зубарев Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Технолог цеха
по сталеплавильному производству, к.т.н.
Литейно-прокатный комплекс АО «ВМЗ»
Дата 05.12.2016 г.

С.А. Ботников

Подпись Ботникова С.А. подтверждаю

Начальник Литейно-прокатного комплекса
АО «ВМЗ»



Д.В. Мороз

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зубарева Кирилла Александровича «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи», представленный на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Получение качественной заготовки из высоколегированных сталей и специальных сплавов для последующего передела является базой для дальнейшего развития промышленности. При этом, под качеством заготовки следует понимать не только получение слитка в узких пределах легирования, но и получение максимально низких содержаний вредных примесей к которым, как правило, относят газы (кислород, водород, азот), цветные металлы (свинец, цинк, олово, кадмий, таллий и др.) и металлоиды (кремний, сера, фосфор, мышьяк, сурьму, висмут и т.д.), присутствие которых в металле существенно снижает эксплуатационные характеристики материала. В особенности это относится к литейным жаропрочным сплавам на никелевой основе, предназначенных для литья ответственных деталей газотурбинных двигателей с монокристаллической структурой.

В связи с этим тема диссертационной работы К.А.Зубарева, посвящённая исследованию процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля в вакууме и разработке предложений по совершенствованию технологии их выплавки в вакуумной индукционной печи и, в частности, разработке модели испарения летучих примесей, легирующих элементов и основы сплавов (железа и никеля) при вакуумной индукционной плавке, а так же формированию базы данных для термодинамического моделирования процессов рафинирования и раскисления сплавов на основе железа и никеля их взаимодействия с футеровкой тигля является актуальной.

Диссертантом разработана модель процесса испарения многокомпонентных сплавов на основе железа и никеля в вакууме, позволяющая прогнозировать состав сплава при данной температуре, остаточном давлении воздуха в плавильной камере и геометрических параметрах тигля, что позволяет анализировать параметры процесса рафинирования расплава. Предложена новая методика анализа экспериментальных данных раскисления сплавов на основе железа кальцием, которая отличается тем, что константа равновесия реакции раскисления железа кальцием получена методом комбинирования, а содержание кислорода и кальция складываются из концентраций растворённых компонентов и связанных в неметаллические включения. Метод может быть применён к расчёту константы равновесия реакции раскисления никелевых сплавов кальцием, которая широко используется в процессе выплавки никелевых жаропрочных сплавов. Кроме этого, диссертантом были сформированы расширенные базы термодинамических данных для сплавов на основе железа и никеля для использования их при моделировании систем «металл-шлак-газовая фаза» которые будут полезны для термодинамических расчётов технологических процессов выплавки никелевых жаропрочных сплавов в вакуумных индукционных печах.

Полученные результаты позволили К.А.Зубареву создать модель процесса испарения многокомпонентных сплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме, позволяющую прогнозировать состав сплава; базу термодинамических данных, которая необходима для моделирования процесса выплавки сложнолегированных сплавов, установить влияние остаточного давления воздуха в плавильной камере печи и химического состава плавильного тигля на содержание кислорода в готовом металле. Полученная при этом информация имеет не только научную, но и практическую ценность для разработки технологических процессов выплавки сложнолегированных сталей и сплавов на никелевой основе.

В качестве замечания надо отметить, что диссертант в своей работе, посвящённой рафинированию сложнолегированных сплавов, в том числе на никелевой основе ограничился исследованием сплавов типа «монели» и не включил в круг исследуемых материалов жаропрочные никелевые сплавы, которые более чувствительны к влиянию вредных примесей. Однако, высказанное замечание не умаляет значимости проведённого исследования, выполненного на высоком научно-техническом уровне с привлечением большого количества физико-химических методов исследования, подтверждающих обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

выполненная диссертантом работа по своей актуальности и научной новизне соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор, Зубарев Кирилл Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Кандидат технических наук по специальности

05.02.01 – Материаловедение (машиностроение)

05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов,

ведущий научный сотрудник ФГУП «ВИАМ»

Ригин

Вадим Евгеньевич

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»

Государственный научный центр Российской Федерации

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, 17. Телефон: (499) 2636-86-94. E-mail: admin@viam.ru

Подпись к.т.н., ведущего научного сотрудника Ригина Вадима Евгеньевича удостоверяю.

Учёный секретарь

Шишимиров Матвей Владимирович

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Зубарева Кирилла Александровича «Исследование процессов рафинирования сплавов на основе железа и никеля в вакууме с целью совершенствования технологии плавки в вакуумной индукционной печи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 —
Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Операции рафинирования и раскисления являются ключевыми операциями при выплавке металла в вакуумной индукционной печи (ВИП). Современные методы количественного описания испарения элементов многокомпонентных сплавов на основе железа и никеля в глубоком вакууме не дают возможности прогнозировать в полной мере протекание этого процесса и определить оптимальные параметры технологии в период рафинирования в вакуумной индукционной печи. Поэтому диссертационная работа Зубарева К.А. является достаточно актуальной.

Диссертант получил ряд новых научных результатов: уравнение кривой раскисления железа кальцием; базу термодинамических данных; модель испарения компонентов сложнолегированного сплава, которая позволяет определить оптимальные значения остаточного давления, температуру и продолжительность рафинирования в вакууме, которые могут обеспечить рафинирование металла от примесей с одновременным сохранением легирующих элементов и основы сплава. Расчеты по модели показывают согласованность расчетных и экспериментальных данных. Полнота и достоверность данных, полученных в ходе проведения экспериментов, не вызывает сомнений.

Замечания по тексту автореферата:

1. В работе не учтена зависимость механического износа футеровки и влияние его на растворение компонентов ее в металле.
2. Не проведено экспериментального апробирования теоретических выкладок по раскислению металла кальцием.

Оценивая работу в целом, считаю, что она представляет собой актуальное исследование, результаты которого имеют научную и практическую значимость. Это позволяет считать, что представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Зубарев Кирилл Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 — «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Начальник технологического отдела, к.т.н.

Тел.: +7 (916) 100 02 93, E-mail: sns@vpostal.ru

Подпись Съёмщикова Николая Семёновича подтверждаю

Съёмщиков Н.С.