

Министерство промышленности и торговли
Российской Федерации
Государственный научный центр
Российской Федерации



**Центральный
научно-исследовательский
институт черной металлургии
им. И.П.Бардина**

Федеральное государственное унитарное предприятие
(ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»)

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. (495) 777-93-01; Факс (495) 777-93-00
ИНН/КПП 7701027596/770101001
E-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

_____ 20__ г. № 48/1114
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. генерального директора
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»,
к.т.н. Углов В.А.



« 7 » нояб 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Алпатовой Анны Андреевны «Исследование процессов пылеобразования при дуговом нагреве металла и свойств пыли с целью её утилизации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов»

Актуальность диссертационной работы

Современное высокопроизводительное производство стали основано на использовании высокотемпературных процессов, сопровождающихся интенсивным испарением и образованием мелкодисперсных отходов в результате утилизации пыли в газоочистных устройствах. Но из-за наличия в них вредных веществ, например цинка, олова, свинца и др., эти отходы не перерабатываются и накапливаются в отвалах металлургических предприятий, загрязняя окружающую среду. Образование отходов в металлургии привело к возникновению техногенных месторождений. Необходимость снижения пылеобразования и разработки технологии утилизации уловленной пыли обусловлена негативным воздействием пыли на окружающую среду и здоровье человека. Диссертационная работа А.А. Алпатовой «Исследование процессов пылеобразования при дуговом нагреве металла и свойств пыли с целью ее утилизации» посвящена разработке новых технологических решений утилизации пылевидных отходов, удалением этих вредных веществ и извлечением ценных компонентов. Это позволит вернуть в оборот вторичные железорудные ресурсы, сократить отходы и улучшить экологию окружающей среды. Утилизация пыли осложняется из-за наличия в ней цинка и свинца, содержание которых будет постоянно увеличиваться из-за

прогнозируемого увеличения доли оцинкованной стали и ухудшения качества металлического лома. Поэтому исследование образования пыли в дуговой печи, свойств этой пыли и возможностей её утилизации является актуальной задачей с точки зрения снижения воздействия на окружающую среду и увеличения ресурсной базы отрасли.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Проект №14.578.21.0023 «Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий производства сложнолегированных марок сталей и сплавов с заданными свойствами для деталей и узлов авиакосмической техники». Соглашение о предоставлении субсидии №14.578.21.0023 от «5» июня 2014 года, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57814X0023.

Научная новизна работы и достоверность результатов.

В качестве наиболее важных новых научных результатов работы следует выделить:

- на основе экспериментальных данных плавки в лабораторной плазменно-дуговой печи получена зависимость количества образующейся пыли от размера анодного пятна, плотности тока и длительности нагрева, которая с использованием теоретических данных удельной скорости испарения позволяет определять объемы пылеобразования при электродуговом переплаве, в том числе периоды плавки с интенсивным выделением вредных веществ. Полученные расчетные объемы пылевыведений согласуются с данными практики работы дуговых печей;
- установлено, что дисперсный состав пыли электросталеплавильного производства описывается кривыми распределения, имеющими четко выраженные максимумы, которые объясняются определяющим воздействием на процесс пылеобразования на начальном этапе расплавления лома и интенсивной продувки ванны кислородам и активного обезуглероживания расплава на следующих этапах.
- теоретически доказана и экспериментально подтверждена возможность селективного извлечения легковозгоняющихся химических элементов из пыли, например цинка и свинца, степень извлечения которых составляет более 95%.
- установлено, что легковозгоняющиеся вещества входят в состав ультрадисперсных частиц на основе железа, но при значительном увеличении сила тока могут менять основу на углерод в виду повышения испаряемости графитовых электродов.

Достоверность научных результатов диссертационной работы подтверждается применением современных методик исследования, аттестованных измерительных приборов, программных систем и экспериментального оборудования.

Практическая значимость.

Не вызывает сомнения значимость полученных результатов:

- параметры технологии селективного извлечения легковозгоняющихся химических элементов (цинка, свинца, олова) позволяют начать использование отходов сталеплавильного производства и обеспечить ресурсосбережение извлекаемых компонентов
- предложена технологическая схема получения порошка оксидов свинца и цинка для дальнейшего использования в различных сферах применения;
- показано увеличение термостабильности пленочных и волокнистых композиционных материалов на основе полиакрилонитрила (ПАН) при добавлении мелкодисперсной фракции пыли ДСП (5-10 %);
- предложена схема использования пыли электросталеплавильного производства для повышения магнитных свойств композитов;

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

По материалам диссертационной работы о возможности селективного извлечения цинка и свинца из пыли электросталеплавильного производства зарегистрировано ноу-хау «Процесс селективного извлечения цинка и свинца из электросталеплавильной пыли с использованием плазменно-дугового нагрева» и получено свидетельство о его регистрации № 17-338-2014 ОИС.

Исследования и решения, представленные в работе приняты к использованию в условиях НП «Научно-образовательного центра «Инновационные горные технологии» для повышения магнитных свойств композитов и ООО «Экологический региональный центр» при моделировании состава металлургических отходов.

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 129 источников, и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, приведены цель и задачи работы, представлена научная новизна, практическая значимость результатов исследований, методология и методы исследований, а также сведения о достоверности и обоснованности полученных результатов и их публикаций в печати.

В первой главе представлен анализ литературных данных по образованию пыли в дуговых печах, её составе, свойствах и существующих технологиях утилизации. Показана

необходимость исследования образования, состава и свойств пыли и поиск путей её утилизации.

Во второй главе приведены результаты экспериментального исследования процессов испарения под воздействием дуг. Установлена зависимость интенсивности испарения металла (железа) в зоне анодного пятна от плотности тока. Показано, что при дуговом нагреве оцинкованной стали цинк практически полностью испаряется в процессе расплавления металла ($\tau=20$ с). Предложена зависимость для определения количества образующейся пыли в промышленных печах и установлен безразмерный коэффициент (критерий подобия), зависящий от диаметра электродов и допустимой плотности тока определения удельное образование пыли в зоне воздействия электрических дуг.

В третьей главе приведены данные исследования состава и свойств пыли, полученной при производстве стали в электропечах. Проведено моделирование вещественного состава, которое показало присутствие сложных соединений в пыли. Получено, что содержание цинка и свинца в пыли ДСП составляет 16,3 и 1,3 %, соответственно, а пыли вакууматора – 4,61 и 1,61 %. Дисперсный анализ пыли подтверждает, что в дуговой сталеплавильной печи ультрадисперсная фракция пыли формируется в результате воздействия дугового разряда и струи кислорода, что отсутствует в вакууматоре.

В четвертой главе содержатся данные термодинамического расчета с использованием программы «Тетга». Теоретически установлено, что пары цинка, свинца и железа образуются с временным интервалом, что позволяет селективно извлекать цветные металлы из пыли, в зависимости от содержания в ней углерода.

В пятой главе приведены результаты экспериментального изучения процессов извлечения цинка и свинца из пыли электросталеплавильного производства с использованием плазменного нагрева на лабораторной плазменно-дуговой установке (ЛПДУ). Установлено, что при обработке пыли электросталеплавильного производства плазменным способом без дополнительного введения восстановителя достигается степень извлечения цинка и свинца до 99 и 97 %, соответственно. Показана возможность селективного извлечения цинка и свинца с низким содержанием углерода.

Замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа охватывает широкий диапазон исследований и по ряду полученных результатов отсутствуют обоснования, в том числе :

1. Исследование проведены на опытной установке плазменно-дугового нагрева с расходом аргона $0,06-0,12 \text{ м}^3 / \text{час}$. Однако расход аргона не учитывается при определении температуры поверхности расплава и пылеобразовании ;

2. Исходя из опытных данных изменение массы технически чистого железа под действием плазменной дуги изменяется во времени по экспоненциальному закону, а в расчетах принимается прямо пропорциональным;
3. Не дается объяснение факту увеличения скорости испарения оцинкованного железа в два раза по сравнению со скоростью испарения технического железа;
4. Отсутствуют результаты исследований опытных образцов композиционного материала на основе полиакрилонитрила, полученного с добавлением пыли

Указанные замечания не имеют принципиального характера и не снижают ценности проведенного исследования. Диссертационная работа Алпатовой А.А. отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: она актуальна, содержит новые научные результаты, основные ее положения вполне обоснованы, опубликованы в печати и имеют широкие перспективы для развития и внедрения не только в металлургической, но в других отраслях промышленности. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Алпатовой А.А. «Исследование процессов пылеобразования при дуговом нагреве металла и свойств пыли с целью её утилизации» является законченным исследованием, в которой изложены результаты исследования процессов испарения под воздействием дуг в электропечах для определения условий минимального пылеобразования, изучения состава и свойств пыли для поиска путей её утилизации и использования. Обоснованность научных положений и основных выводов диссертационной работы не вызывает сомнений. Практическая эффективность от внедрения результатов работы подтверждена актами внедрения и выполнением работы в рамках федеральной целевой программы.

Исследование выполнено на высоком научном уровне, грамотно изложено и достаточно подробно иллюстрировано, полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Диссертация соответствует требованиям Положения, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор работы, Алпатова А.А., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов».

Основные результаты работы доложены и обсуждены на заседании объединенного научно-технического совета Института качественных сталей и Центра сталей для труб и

сварных конструкций ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», протокол №95 от «02» ноября 2016 г.

Заместитель председателя НТС ИКС и ЦТСК
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



Ю.Д. Морозов

Заведующий сектором сталеплавильного производства
ЦТСК ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



Б.Ф. Зинько

Секретарь НТС ИКС и ЦТСК
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



О.В. Ливанова

Подписи Ю.Д. Морозова, Б.Ф. Зинько и О.В. Ливановой
Ученый секретарь ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



Р.И. Москвина

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина»
Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»
Тел. (495)777-93-01, e-mail: chermet@chermet.net

Сведения о ведущей организации

по диссертации Алпатовой Анны Андреевны на тему «Исследование процессов пылеобразования при дуговом нагреве металла и свойств пыли с целью ее утилизации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – Metallurgy техногенных и вторичных ресурсов

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина»

105005, Российская Федерация,

г.Москва, ул.Радио, 23/9, стр.2

Телефон: (495) 777-93-01

E-mail: chermet@chermet.net

www.chermet.net

Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Пак Ю.А., Глухих М.В., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Юсупов Д.И. Применение плазменного подогрева металла в промежуточном ковше на примере технологии получения непрерывнолитых слэбов на ОАО «ММК»// Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2013. №2. С. 21-25.
2. Щукина Л.Е., Семин А.Е., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А. Влияние режимов плазменно-дугового переплава на содержание азота в стали 10Х8НМВФБ// Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2015. №1. С. 46-49.
3. Могутнов Б.М. Международный симпозиум, посвященный комплексной переработке техногенных отходов металлургического производства // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2010. № 1. С. 89-92
4. Шакуров А.Г., Журавлев В.В., Паршин В.М., Школьник Я.Ш., Чертов А.Д. Комплексная переработка жидких сталеплавильных шлаков с восстановлением железа и получением качественной товарной продукции // Сталь. 2014. № 2. С. 75-81.
5. Журавлев В.В., Шакуров А.Г., Паршин В.М., Школьник Я.Ш., Чертов А.Д. Технология восстановления оксидов железа из жидких сталеплавильных шлаков в процессе их комплексной переработки // Черная металлургия. 2014. № 1 (1369). С. 74-78.

6. Шакуров А.Г., Школьник Я.Ш., Журавлев В.В., Паршин В.М., Чертов А.Д., Ковалев В.Н., Федотов О.В., Мороз Д.В. Результаты разработки технологии и оборудования для переработки и стабилизации шлакового расплава в товарный продукт // Черная металлургия. 2014. № 2 (1370). С. 82-86.
7. Паршин В.М., Школьник Я.Ш., Ковалев В.Н., Федотов О.В. Проблемы и перспективы промышленной переработки жидких сталеплавильных шлаков // В сборнике: Научно-технический прогресс в черной металлургии I Международная научно-техническая конференция. Ответственный редактор А. Л. Кузьминов. 2013. С. 258-260.
8. Косырев К.Л., Фоменко А.П., Паршин В.М. Предпосылки и концепция создания энергометаллургических комплексов для переработки техногенных отходов // Экология и промышленность России. 2013. № 7. С. 2.
9. Косырев К.Л., Фоменко А.П., Паршин В.М., Костин А.С., Жихарев П.Ю. Предпосылки и концепция создания энергометаллургических комплексов для переработки техногенных отходов // Экология и промышленность России. 2013. № 7. С. 4-10.
10. Ильичев М.В., Тюфтяев А.С., Ливанова О.В., Филиппов Г.А. Влияние технологических параметров плазменной обработки на формирование структуры и свойств стали типа 60Г // Металлург. 2008. № 10. С. 59-62.
11. Il'ichev M.V., Isakaev M., Zhelobtsova G.A., Alekseeva L.E., Filippov G.A. Efficient method of plasma application of coating // Металлург. 2002. № 2. С. 55-57.
12. Ильичев М.В., Исакаев Э.Х., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А. Плазменная обработка сталей с различным химическим составом // Черная металлургия. 2008. № 10 (1306). С. 54-57.
13. Филиппов Г.А., Тюфтяев А.С., Ливанова О.В., Никитин В.Н. Влияние плазменной обработки на механические свойства, структуру и характер разрушения низкоуглеродистой высокопрочной свариваемой стали // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2012. № 3. С. 87-93.
14. Исакаев Э.Х., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Юсупов Д.И. Исследования макроструктуры и механических свойств стали, разлитой с применением плазменного подогрева в промежуточном ковше МНЛЗ // Металлург. 2013. № 5. С. 69-74.
15. Пак Ю.А., Глухих М.В., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Юсупов Д.И. Применение плазменного подогрева металла в промежуточном ковше на примере технологии получения непрерывнолитых слэбов на ОАО «ММК» // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2013. № 2. С. 21-25.

16. Исакаев Э.Х., Мордынский В.Б., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Юсупов Д.И. Состояние и пути развития плазменного подогрева стали в промежуточном ковше МНЛЗ. Часть 1. // Черная металлургия. 2014. № 4 (1372). С. 42-48.
17. Исакаев Э.Х., Мордынский В.Б., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Юсупов Д.И. Пути развития плазменного подогрева стали в промежуточном ковше МНЛЗ. Часть 2. // Черная металлургия. 2014. № 5 (1373). С. 50-56.
18. Пак Ю.А., Филиппов Г.А., Глухих М.В., Тюфтяев А.С., Сарычев Б.А. Исследование и разработка температурных режимов непрерывной разливки при плазменном подогреве стали в промежуточном ковше МНЛЗ // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2014. № 2. С. 54-58.
19. Исакаев Э.Х., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А., Мордынский В.Б. Плазменные технологии для металлургии // Черная металлургия. 2016. № 3 (1395). С. 72-77.

Исполняющий обязанности
Генерального директора
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина

