

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Одно из главных направлений развития современного электросталеплавильного производства - совершенствование технологии плавки, направленное на снижение энергозатрат на процесс и повышение эффективности электроплавки стали, поэтому тема представленной работы весьма актуальна и соответствует уровню требований к кандидатским диссертациям.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время для дуговых сталеплавильных печей повышенной вместимости, существует довольно большой объем технологических и конструктивных приемов, позволяющих значительно снизить как затраты производства стали, так и повысить производительность агрегатов, однако прямой перенос этих технологий на ДСП средней и малой вместимости, как правило, малоэффективен либо практически невозможен. Поэтому поиск технологических приемов, обеспечивающих снижение энергоемкости производства стали в ДСП малой и средней вместимости являются актуальной задачей, так как данные печи являются основными агрегатами для выплавки высоколегированных сталей и сплавов в различных отраслях промышленности.

Эти задачи диссертант предлагает решить путем замены сплошных электродов трубчатыми.

Представленная работа обладает существенной новизной и имеет определенное практическое и теоретическое значение, т.к. предлагаемые рекомендации по усовершенствованию технологии электроплавки стали в дуговых печах малой и средней вместимости позволяют улучшить энергетические и технико-экономические показатели процесса.

Работа смотрится в целом достаточно логично и содержательно.

К содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. В пятой главе представлен сравнительный анализ двух промышленных плавов, что не совсем достаточно для получения достоверных результатов.
2. Из автореферата не совсем понятно, за счет чего происходит довольно существенное уменьшение удельного расхода электроэнергии (в среднем на 65 кВт*ч/т) и времени работы печи под током (в среднем на 13 мин).

3. В автореферате на представлены данные о количестве промышленных плавов и каким методом они выполнялись.

Однако эти замечания не уменьшают общего хорошего впечатления от работы, которая выполнена на достаточно высоком уровне. Представленные результаты, на наш взгляд, являются определённым вкладом в практику электросталеплавильного производства и могут быть использованы в агрегатах малой и средней вместимости.

Диссертационная работа, представленная к защите Ткачевым А.С., является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени - кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Начальник сталеплавильного бюро
сталеплавильной лаборатории ТУ АО ОЭМК,
кандидат технических наук



А.А. Бондарчук

*Подпись заверено.
Инспектор по
кадрам ТУ.
Ирму Чернышова Е.В.*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Требования к качеству производимой стальной продукции с каждым годом ужесточаются, вместе с этим растет конкуренция в ценовой политике. На фоне этого металлурги вынуждены увеличивать энергоэффективность металлургических агрегатов, путем внедрения различных методов интенсификации выплавки стали. Наиболее выражено этот процесс наблюдается в последние годы. Но, не смотря на это, наблюдается дефицит объемных, глубоких исследований особенностей работы современных ДСП малой и средней вместимости.

Исследование применения трубчатых электродов в ДСП представляется своевременным и важным. Изучение этого вопроса позволит повысить технико-экономические показатели ДСП, без внесения изменений в конструкцию ДСП, модернизации цеха, а также не несет за собой затрат на закупку дополнительного дорогостоящего оборудования.

В связи с этим, диссертационная работа Ткачева Александра Сергеевича, направленная на исследование эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости, является актуальной.

В автореферате приведена количественная зависимость снижения степени выдувания электрической дуги из-под торца электрода путем применения трубчатых электродов. Показано, что изменяя отношение диаметра отверстия в электроде к диаметру электрода можно получить определенную направленность тепловых потоков электрической дуги в рабочем пространстве ДСП, за счет изменения электромагнитной силы «выдувания» электрической дуги.

Установлено, что изменяя величину отношения внутреннего к внешнему диаметру трубчатого электрода от 0,1 до 0,35 можно обеспечить снижение угла отклонения электрической дуги от оси электрода до $20^\circ - 10^\circ$. При этом наибольший положительный эффект наблюдается при отношении равном 0,1, исходя из критериев максимизации механической прочности и минимизации расхода электродов за счет окисления и эрозии рабочих торцов, обеспечивающее снижение энергетических затрат на выплавку электростали и повышение тепловых и технологических показателей работы ДСП, а именно повышение доли тепла передаваемой ванне на 15 %, снижение доли излучения

тепла на поверхность футеровки стен и свода на 9 %.

Аспирант проанализировал большое количество промышленных плавков в ДСП-6-2н с использованием трубчатых электродов. Провел сравнительный анализ плавков с использованием трубчатых и сплошных электродов. Выполнил необходимый объем соответствующих термодинамических расчетов и экспериментальных исследований.

Приведенные автором данные о влиянии трубчатых электродов на поведение электрической дуги, имеют высокий практический интерес и актуальны для современных ДСП малой и средней вместимости. Предложенный вариант технологии выплавки стали с использованием трубчатых электродов с отношением внутреннего к внешнему диаметру электрода, равный 0,1, заслуживает интереса и позволяет решать поставленные задачи - повышение эффективности производства.

В ходе выполнения исследований аспирант применял методы планирования эксперимента, математическое моделирование, выполнил необходимый объем расчетов. Представленные данные свидетельствуют о самостоятельности и достаточной квалификации диссертанта.

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее:

1. В экспериментальных лабораторных исследованиях, описанных в главе 2 и 3, использовались только электроды диаметром 35 мм, используя другие диаметры электродов полученные результаты могли иметь несколько иные данные, поэтому для получения более точных результатов необходимо было выполнить исследования на электродах различных диаметров.

2. При выполнении экспериментальных лабораторных исследований по изучению скорости расплавления шихты, для получения более объективных данных необходимо было выполнить большее количество опытов для каждого типа электродов.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. Работа обладает научной новизной, практической значимостью и полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым кандидатским диссертациям, а ее автор Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени - кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Начальник группы ЛОМ ТУ АО «ОЭМК»
к.т.н.
309515, Белгородская область, город Старый
Оскол, проспект Алексея Угарова, 218, здание 2

Шевченко

Шевченко Александр
Александрович

*Подпись заверяющего
Шевченко по кандид.
Серг. Чернышев Б.В.*



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

ТКАЧЕВА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВИЧА

на тему «ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СТАЛИ В ДУГОВЫХ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ВМЕСТИМОСТИ»

на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких
металлов»

Работа соискателя посвящена актуальной научно-технической задаче – исследованию влияния трубчатых (полых) электродов на тепловые и технологические показатели работы печей средней и малой вместимости и оценка эффективности использования электродов для снижения энергетических затрат в печах. В работе исследованы режимы горения электрической дуги при использовании трубчатых электродов, эксплуатационные характеристики трубчатых электродов, влияние трубчатых электродов на характер распределения тепловых потоков в рабочем пространстве печи, оценены эффективность тепловой работы и технико-экономические показатели печи при применении трубчатых электродов.

Однако по автореферату имеются отдельные замечания.

1. Разработка компьютерной программы не относится к научной новизне. Научной новизной могут обладать алгоритмы и методы, на основе которых программа создана.

2. В автореферате (с. 11) указано, что «исследование распределения мощности теплового излучения электрической дуги по поверхности стен проводилось с использованием тепловизионной аппаратуры». Вместе с тем тепловизор фиксирует тепловое излучения непосредственно излучающих тел. Таким образом в опытах измерялась не тепловое излучение электрической дуги, а температура поверхности стен, на величину которых кроме мощности теплового излучения электрической дуги оказывают влияние так же ее теплотехнические свойства, величина и градиент теплового потока через стены.

Вместе с тем проделанная автором работа заслуживает безусловно-го внимания, полезна с научной и практической точек зрения. Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы ТКАЧЕВА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВИЧА несомненны. Результаты диссертации обоснованы на современном научном уровне, представляют собой законченное научное исследование, должным образом опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК, представлены на ряде региональных. международных конференциях.

В целом, на основании автореферата, можно сделать вывод о том, что представленная диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, в том числе и требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор ТКАЧЕВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Трубаев Павел Алексеевич,

доктор технических наук (специальности 05.13.08 – Процессы и аппараты химической технологии и 05.13.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), доцент, профессор кафедры Энергетики теплотехнологии БГТУ им. В.Г. Шухова, тел. +7 910-322-83-91, e-mail: trubaev@gmail.com



П.А. Трубаев
10.10.2016г

Подпись Трубаева П.А. удостоверяю

**Проректор по научной работе
БГТУ им. В.Г. Шухова,
д-р техн. наук, проф.**



Е.И. Евтушенко

Адрес федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова): 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Отзыв

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича “ Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости” на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность темы

Выбранная диссертантом тема представляет интерес для металлургов, сталкивающихся с проблемами вспенивания шлака, автоматизации плавки, низких технико-экономических показателей, перегрева футеровки и др. в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости

Конкретное личное участие автора в получении результатов диссертации

Автор рассматривает в работе методы оценки вязкости и вспениваемости шлака, проводит одновременные измерения температур металла и шлака. На основании анализа существующих проблем автор разрабатывает технологический прием реализации рационального режима плавки в ДСП, а также метод оперативного контроля качества вспенивания шлака по параметрам электрического режима плавки в ДСП переменного тока.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Представленный в первой главе анализ литературных данных показал необходимость исследования проблемы эффективности применения полых электродов в ДСП малой и средней емкости. Автор обоснованно делает выводы о необходимости исследования поведения дуги, горящей на полой электроде, на теплообмен в печи и оценки её влияния на футеровку ДСП.

С математической точки зрения серьезных просчетов в выдвижении гипотез, логичности выводов, применяемых методов обработки экспериментальных данных не обнаружено.

Оценка новизны и практической значимости

В качестве новых научных результатов, выдвинутых диссертантом, следует признать следующие положения:

- исследовано влияние отношения внутреннего к внешнему диаметру трубчатого электрода на механическую прочность электрода и эрозионную стойкость в окислительной среде;
- разработан оригинальный метод исследования поведения открытой электрической дуги с помощью разработанной компьютерной программы цифровой обработки видеоизображений;
- практическая значимость работы подтверждена серией промышленных испытаний.

По теме диссертации имеется 26 печатных работ, в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Замечания

1. На стр.7 автореферата приведены результаты исследований поведения открытой электрической дуги на лабораторной установке и сделана попытка приближения условий моделирования к поведению дуги в ДСП – «близкому к реальному». Однако, автор не учитывает, что в печи дуга горит в атмосфере, образованной, в частности, продуктами испарения шлакообразующих веществ, которых в эксперименте не было, а гидродинамика газовых потоков, омывающих дугу, определяется гидродинамикой всего рабочего пространства печи. Поведение слаботочных и сильноточных дуг – отличается друг от друга, поэтому результаты эксперимента с открытой дугой с током менее 1 кА (например, формула 1, стр.8) могут иметь лишь качественную оценку и не могут аппроксимироваться на реальные условия. В этой связи вывод о «наиболее оптимальном соотношении диаметра отверстия к диаметру электрода, равном 0.1» нельзя считать корректным для промышленного использования.

2. Основным преимуществом дуг постоянного тока является стабильность горения. Однако автор, проводя эксперименты на установке (рис.4, стр.11), не обеспечивает условий для стабильного горения и в серии экспериментов, где моделируется какой - то период плавки (нужны комментарии, т.к. шлака нет, в качестве катода – чистый, не окисленный металл) по серии опытов, не превышающих 3 минут – делает вывод о стабильности дуги по числу обрывов, достигающих уровня 40– 60. Из автореферата следует, что устройств автоматического

перемещения электродов и поддержания параметров тока дуги в установке нет, то зажигание дуги, вероятно, производилось вручную. В этом случае удельное число обрывов зависит от скорости перемещения электрода между обрывами за время эксперимента, т.е. человеческого фактора. Можно ли в этом случае говорить об оценке стабильности горения дуги путем сопоставления между собой удельного числа обрывов?

3. На стр.24 автореферата представлены графики изменения тока дуги во время плавки с использованием сплошного и полого электрода, которые визуально отличаются только цветом, поэтому – на каком основании сделан вывод о снижении пульсаций тока на 9% при использовании полых электродов и с помощью какой методики был проведен анализ графиков – необходимо уточнить.

4. На рис.15 (стр.25) видно, что в начале плавки (в течение первого часа), когда дуга не закрыта шлаком, температура футеровки печи при работе на полых электродах - выше, чем при работе на сплошных электродах в среднем на $50 - 70^{\circ}\text{C}$. Известно, что этот период наиболее сложен для работы футеровки, с точки зрения возникающих термонапряжений. Тогда на каком основании делается вывод на стр.15 о том, что температура футеровки при работе на полых электродах снижается в среднем на 26.7°C и как автор получил эту цифру? Корректно ли использовать её для характеристики всей плавки?

5. В таблице 7 стр.25 потребление электроэнергии на плавку выражено в кВт, а не в кВт·ч, поэтому необходимо прокомментировать, как была получена цифра удельного расхода электроэнергии на плавку, например $912 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т}$.

Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

Заключение

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач области металлургии дуговых сталеплавильных установок.

Автореферат содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики. Написан технически квалифицированно и аккуратно оформлен. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, его автор Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Заведующий кафедрой теплотехнических и энергетических систем
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»
Д-р.техн. наук, профессор

Евгений Борисович Агапитов

455000, РФ, г. Магнитогорск, Челябинская обл., пр. Ленина, д.38
E – mail: ties_magtu@mail.ru
Тел.: 8(3519) 298421
Дата: 26.09.2016 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В работе рассмотрена актуальная тема по изучению влияния трубчатых электродов на энергетические показатели дуговых сталеплавильных печей малой и средней вместимости. При написании диссертации использовано 108 литературных источников.

Теоретическая и практическая части выполнены на хорошем академическом уровне. Следует отдельно отметить выбор темы работы: действительно, за последние несколько десятилетий работ по изучению ведения плавки при использовании трубчатых электродов встречается очень мало.

Автор тщательно исследовал данные, полученные на действующем предприятии и получил четкие закономерности, сформулировал рекомендации для совершенствования технологии производства на предприятии.

Также следует отметить большой массив, который был проанализирован автором как стохастическими, так и термодинамическими методами.

С точки зрения практического применения на металлургических предприятиях интересна полученная на основании результатов исследований величина $\mu = 0,1$ для трубчатых электродов, обеспечивающая уменьшение времени плавки, снижение удельного расхода электроэнергии и увеличение срока службы огнеупорной футеровки. величины эрозии рабочих концов электродов на 9 % и повышение механической прочности на 10 %, в сравнении с ранее предлагаемой величиной $\mu = 0,2$.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Результаты замеров времени расплавления металлической заготовки представленные в таблице 5, не учитывают погрешности измерения.
2. В автореферате не показана экономическая эффективность от внедренных мероприятий при плавке стали.

Сделанные замечания не влияют на положительное впечатление от работы.

Работа обладает научной новизной, практической значимостью и полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертационной работы «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости» Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Заместитель главного инженера
технологии ПАО «ОЗММ»



А.В. Климентьев

309504 Белгородская обл., г. Старый Оскол-4

подпись заверено: Нагайкин А.С.
А.В. Турмушев с.и.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **ТКАЧЕВА Александра Сергеевича** «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной в диссертационный совет Д 212.132.02 при Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» по специальности 05.16.02 Metallургия черных, цветных и редких металлов

В российской металлургии в последние годы наблюдается рост производства проката в сегменте металлургических мини-заводов. Все производственные мощности завода включают, как правило, электродуговую печь малой или средней вместимости, машину непрерывной разливки стали и прокатный стан. Это позволяет обеспечить рентабельность металлургического мини-завода значительно более высокую, чем традиционного металлургического предприятия полного цикла. В этой связи диссертационная работа ТКАЧЕВА А.С., в которой, на основании выполненных автором исследований, представлены результаты влияния трубчатых электродов на тепловые и технологические показатели работы ДСП малой и средней вместимости, дается оценка эффективности их применения на печах данного типа с целью снижения энергетических затрат на выплавку электростали, является несомненно актуальной.

Важным является то, что основываясь на известных данных о тепловой работе ДСП высокой вместимости, диссертантом предложены решения, позволяющие за счет изменения конструкции стандартного графитированного электрода, влиять на направленность тепловых потоков электрической дуги в рабочем пространстве ДСП. Как следует из автореферата, автором впервые установлено, что изменяя величину отношения внутреннего диаметра трубчатого электрода к внешнему ($\mu = d/D$) от 0,1 до 0,35 можно обеспечить снижение угла отклонения электрической дуги от оси электрода до $20^0 - 10^0$. При этом наибольший положительный эффект наблюдается при $\mu = 0,1$. Это, по данным диссертанта, соответствует повышению доли тепла, передаваемого ванне на 15 %, снижению доли излучения тепла на поверхность футеровки стен и свода на 9 %.

В части, касающейся **научной новизны** диссертационной работы ТКАЧЕВА Александра Сергеевича, следует отметить, что автором с использованием методов физического и математического моделирования установлены особенности горения электрической дуги при использовании трубчатых электродов, представлен механизм влияния угла отклонения электрической дуги от оси электрода на распределение тепловых потоков в рабочем пространстве ДСП, обеспечивающий снижение энергетических затрат на выплавку электростали, а также на расход трубчатых электродов заданной механической прочности в условиях окисления и эрозии их рабочих торцов.

Необходимо отметить **практическую значимость**, представленной к защите работы, заключающуюся, как следует из автореферата, в том, что на основе результатов промышленного опробования трубчатых электродов (с величиной $\mu = 0,1$) на ДСП емкостью 7 т, установлено, что их применение позволяет сократить общее время плавки в среднем на 13 мин., снизить удельный расход электроэнергии в среднем на 65 кВт·ч/т, а также увеличить срок эксплуатации футеровки на 16 %, что подтверждено актом проведения промышленных исследований на ОАО «ОЗММ».

Основные **научные результаты** диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации ТКАЧЕВА А. С. на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью соответствует требованиям п. 13 Положения ... (7 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России).

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Замечания по автореферату диссертации ТКАЧЕВА А. С. «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости»:

1. Из данных автореферата не ясно, имеет ли разработка технологическую новизну, защищенную патентом.

2. Из данных автореферата не ясно, разработан ли автором хотя бы проект технических условий на трубчатые электроды для ДСП малой и средней вместимости.

3. Вряд ли, на мой взгляд, научная новизна работы может характеризоваться положениями, представленными в автореферате:

- «Предложена аналитическая зависимость, которая позволит

рассчитать угол отклонения электрической дуги от оси электрода в зависимости от ...”;

-“Разработана компьютерная программа цифровой обработки видеоизображений, позволяющая оценить угол отклонения электрической дуги ...” .

Тем не менее, давая оценку работы в целом, следует отметить, что несмотря на имеющиеся замечания по автореферату, **диссертационная работа** «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости» по содержанию, научной и практической значимости полученных результатов **соответствует требованиям** действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор **ТКАЧЕВ Александр Сергеевич** заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Metallurgy of black, colored and rare metals.

**Доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
заведующий кафедрой ТКМ ДГТУ**

А.Ю.Кем
16.11.2016

Почтовый адрес: 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1,
ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет.
Тел. +78632381397; E-mail: akem@donstu.ru

Подпись А.Ю. Кема заверяю.

Ученый секретарь Ученого Совета,
канд. техн. наук, доцент



В.Н.Анисимов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В работе рассмотрена актуальная тема, посвящённая исследованию технологии плавки стали в дуговых печах малой и средней вместимости с использованием трубчатых электродов. Актуальность темы применительно к мировой металлургии вызвана необходимостью поиска технологических приемов, обеспечивающих снижение энергоемкости производства стали в ДСП малой и средней вместимости.

Теоретическая часть работы выполнена на хорошем уровне. В результате выполненных исследований предложена наиболее рациональная величина отношения диаметра отверстия к диаметру электрода, обеспечивающая снижение величины эрозии рабочих концов электродов в процессе их эксплуатации и повышение механической прочности электродов.

Практическая значимость заключается в теоретическом и экспериментальном доказательстве, эффективности применения трубчатых электродов, в сравнении с типовыми, на печах малой и средней вместимости, за счет снижения времени плавки и удельного расхода электроэнергии, а также увеличения срока эксплуатации футеровки.

По автореферату можно сделать следующее замечание:

Из рисунка 4 автореферата следует, что исследование распределения мощности теплового излучения электрической дуги по поверхности стен проводилось в открытой системе (отсутствует свод), в результате чего часть энергии от электрической дуги уходило в открытую атмосферу. Все это приводит к искажению результатов эксперимента и не в полной мере отражает реальную картину распределения тепловых потоков в дуговой печи.

Сделанное замечание не влияет на положительную оценку работы.

Работа обладает научной новизной, практической значимостью и полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертационной работы «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости» Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Генеральный директор
АО «КМАРУДОРЕМОНТ»



А.А. Дробышев



Группа НЛМК

Открытое акционерное общество
СТОЙЛЕНСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ

ОАО «Стойленский ГОК», площадка Фабричная, проезд-4,
Юго-Западный промрайон, г. Старый Оскол,
Белгородская область, 309500, Россия
тел.: +7 (4725) 417 209, 449 435 | факс: +7 (4725) 449 562
e-mail: info@sgok.ru | www.sgok.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Рост конкуренции на внутреннем и международных рынках между производителями стали, наряду с возрастающей стоимостью энергоносителей, ставит перед всеми, без исключения, производителями задачу не только повышения качества, но и снижение затрат на производство. В связи с этим тема данного диссертационного исследования, направленного на изучение влияния трубчатых электродов на тепловые и технологические показатели работы ДСП малой и средней вместимости, с целью снижения энергетических затрат на выплавку электростали, является значимой и актуальной в современной металлургии.

В работе автору удалось установить, что изменяя величину отношения внутреннего к внешнему диаметру трубчатого электрода от 0,1 до 0,35 можно обеспечить снижение угла отклонения электрической дуги от оси электрода до $20^\circ - 10^\circ$. При этом наибольший положительный эффект наблюдается при отношении 0,1, исходя из критериев максимизации механической прочности и минимизации расхода электродов за счет окисления и эрозии рабочих торцов, обеспечивающее снижение энергетических затрат на выплавку электростали и повышение тепловых и технологических показателей работы ДСП. На основе установленных закономерностей им даны рекомендации по усовершенствованию технологии выплавки стали с использованием трубчатых электродов.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, за счёт чего и каким образом был установлен характер обгорания и эрозии графитированных электродов представленный на рисунке 16.
2. При изучении скорости расплавления металлической шихты на лабораторной электропечной установке, для получения более точных результатов необходимо было выполнить большее число опытов.





Группа НЛМК

Эти замечания не влияют на положительную оценку работы.

Работа обладает научной новизной, практической значимостью и полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертационной работы «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости» Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

И.О.Технического директора



В.Н.Чаков

Подпись завершено.

*Начальник отдела
управления*

21.11.2016



*руководителя цехового обеспечения
В. И. Козлов*



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В настоящее время проблема снижения энергоемкости производства стали и повышение технико – экономических показателей работы современных дуговых сталеплавильных печей является одной из актуальных задач стоящих перед отечественной металлургией. Таким образом, диссертационная работа Ткачева Александра Сергеевича, посвященная поиску решения проблемы снижения энергетических затрат на выплавку электростали, является актуальной.

К достоинствам работы можно отнести внушительный массив экспериментальных данных, базирующийся на промышленных и лабораторных плавках стали. Важно отметить также высокий научный и творческий подход автора к анализу экспериментальных данных в купе с расчетами на основе математического моделирования.

В ходе теоретических и экспериментальных исследований автору удалось получить данные, имеющие научную новизну и практическую значимость. Установлено, что изменяя величину отношения внутреннего к внешнему диаметру трубчатого электрода ($\mu = d_{\text{отв}}/D_{\text{эл}}$) от 0,1 до 0,35 можно обеспечить снижение угла отклонения электрической дуги от оси электрода до $20^\circ - 10^\circ$. При этом наибольший положительный эффект наблюдается при $\mu = 0,1$, исходя из критериев максимизации механической прочности и минимизации расхода электродов за счет окисления и эрозии рабочих торцов, обеспечивающее снижение энергетических затрат на выплавку электростали и повышение тепловых и технологических показателей работы ДСП, а именно повышение доли тепла передаваемой ванне на 15 %, снижение доли излучения тепла на поверхность футеровки стен и свода на 9 %. Показано, что изменяя отношение диаметра отверстия в электроде ($d_{\text{отв}}$) к диаметру электрода ($D_{\text{эл}}$) можно получить определенную направленность тепловых потоков электрической дуги в рабочем пространстве ДСП, за счет изменения электромагнитной силы «выдувания» электрической дуги. Разработана компьютерная программа цифровой обработки видеоизображений позволяющая оценить угол отклонения электрической дуги от оси электрода, во время ее горения в рабочем пространстве дуговой печи; разработан алгоритм и программа расчета распределения тепловых потоков в рабочем пространстве печи, учитывающая геометрические размеры трубчатого электрода.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В работе не представлен расчет экономической эффективности применения трубчатых электродов, в связи с чем отсутствует возможность оценить влияние данных типов электродов на себестоимость стали.

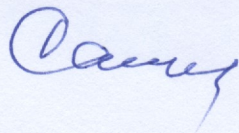
2. Из рисунка 3 не ясно, почему начиная с отношения $\mu = 0,3$ происходит рост угла отклонения электрической дуги.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость проведенного исследования. Работа обладает научной новизной, практической значимостью и полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения ВАК Министерства образования и науки России, применяемым кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертационной работы «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости» Ткачев Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Доктор технических наук, профессор,

Заслуженный деятель науки России,

главный научный сотрудник ИПУ РАН



Салихова З.Г.



Салихова З.Г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ткачева Александра Сергеевича «Исследование и оценка эффективности применения трубчатых электродов с целью снижения энергетических затрат при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска высокоэффективных способов интенсификации электроплавки направленных на снижение энергетических затрат в дуговых сталеплавильных печах малой и средней вместимости.

Суть работы представляет разработка концепции повышения энергоэффективности электроплавки стали в дуговой печи с использованием трубчатых электродов, в соответствии с которой, обеспечивается снижение энергетических затрат на выплавку электростали и повышение тепловых и технологических показателей работы ДСП.

Автором показано, что изменяя отношение диаметра отверстия в электроде к диаметру электрода можно получить определенную направленность тепловых потоков электрической дуги в рабочем пространстве ДСП. Установлено, что изменяя величину отношения внутреннего к внешнему диаметру трубчатого электрода от 0,1 до 0,35 можно обеспечить снижение угла отклонения электрической дуги от оси электрода до $20^\circ - 10^\circ$. При этом наибольший положительный эффект наблюдается при отношении 0,1, исходя из критериев максимизации механической прочности и минимизации расхода электродов за счет окисления и эрозии рабочих торцов, обеспечивающее снижение энергетических затрат на выплавку электростали и повышение тепловых и технологических показателей работы ДСП, а именно повышение доли тепла передаваемой ванне на 15 %, снижение доли излучения тепла на поверхность футеровки стен и свода на 9 %. Разработана компьютерная программа цифровой обработки видеоизображений, позволяющая оценить угол отклонения электрической дуги от оси электрода во время ее горения в рабочем пространстве дуговой печи; разработан алгоритм и программа расчета распределения тепловых потоков в рабочем пространстве печи, учитывающая геометрические размеры трубчатого электрода.

Базовые теоретические положения, изложенные диссертантом в работе, не вызывают возражений. Полученные результаты выглядят вполне убедительно и, несомненно, представляют практическую ценность. Однако при анализе автореферата возникают некоторые замечания:

1. Допущения, принятые при математическом моделировании тепловой работы дуговой сталеплавильной печи, не позволяют в полной мере описать теплообмен в реальной печи.
2. В таблице 1 автореферата приведенные данные расхода электродов по массе за

счет окисления и эрозии рабочих торцов имеют незначительные различия, для получения более точных данных необходимо было увеличить время эксперимента.

Вместе с тем, считаю, что представленная диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне и практической ценности, объему и уровню исследований отвечает квалификационным требованиям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Ткачев Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Metallurgy черных, цветных и редких металлов.

Никитченко Т.В. - главный специалист
отдела планирования и технической экспертизы
проектов модернизации производства
Департамента горнорудного производства
ООО УК "МЕТАЛЛОИНВЕСТ",
к.т.н. по специальности 05.16.02
Metallurgy чёрных, цветных и редких металлов

16.11.2016

Лозовская И. М.

главного управления
кадрового администрирования
ООО УК "Металлоинвест"

