

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Сергеева Дмитрия Владимировича

«Технология получения полой заготовки методом электрошлакового переплава по одноэлектродной схеме», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность темы диссертации

Важнейшие задачи, стоящие перед ответственными изготовителями отечественных металлоизделий атомного, энергетического, тяжёлого и нефтехимического машиностроения, связаны с достижениями высоких служебных характеристик материалов, эксплуатационной надёжности корпусов, роторов, дисков, бандажей, элементов трубопроводов и другого оборудования.

Возможность вывести эти показатели на новый уровень связаны с использованием современных способов производства исходной заготовки, в т.ч. полой. Несмотря на значительный прогресс технологии выплавки и внепечной обработки стали, обеспечивающих высокую степень рафинирования металла, решение вопроса управления затвердеванием носит статистический характер.

Технологией, позволяющей экономически эффективно осуществлять совместное управление процессом рафинирования и затвердевания, является электрошлаковый процесс (ЭШП). Мировая тенденция последнего десятилетия проявилась в строительстве печей ЭШП нового поколения, применение которых обеспечивает конкурентоспособность технологии в сравнении с традиционными способами производства полых и сплошных заготовок при расширении номенклатуры материалов. Следует отметить, что приятый тренд основан на использовании многоэлектродных схем, альтернативу которым сегодня представить достаточно сложно, что заставляет мериться с теми недостатками, которые несут в себе многоэлектродные схемы исходя из своего конструктива.

Научная новизна

Безусловным достоинством работы, имеющей все признаки научной новизны, является то, что впервые показано, что в случае вращения расходуемого электрода тепловой центр трансформируется в тепловое кольцо, у которого внутренний периметр располагается на некотором расстоянии от оси формируемого слитка, что обусловлено величиной центробежных сил. Таким образом, использование технологии вращения расходуемого электрода позволяет управлять тепловым центром шлаковой ванны, что позволяет снизить негативное воздействие на головку прошивающего дорна.

Получена система дифференциальных уравнений первого порядка в каноническом виде и граничные условия для приближенного расчета трехмерного ламинарного течения жидкого флюса вблизи торца вращающегося электрода.

Физическое моделирование, представленное в работе, также подтвердило верность аналитических выражений, позволяющих рассчитать оптимальную скорость вращения для необходимых диаметров электрода и кристаллизатора, что позволяет прогнозировать траекторию и место доставки электродного металла в реальном процессе.

Теоретическая и практическая значимость

Выявленные зависимости влияния размеров прошивающего дорна, кристаллизатора и расходуемого электрода, позволяют рассчитать скорость вращения электрода и место доставки электродного металла в жидкую металлическую ванну.

На основе представленных моделей создана компьютерная программа «Тепловая картина кристаллизующейся полый заготовки при ЭШП», позволяющая определять необходимые технологические параметры (величину тока, скорость вращения) для каждого конкретного случая реализации предлагаемой технологии.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные защищаемые положения работы подтверждены результатами исследований опытных слитков полученных по предлагаемой технологии.

Достоверность результатов диссертации и обоснованность сделанных выводов обеспечивается использованием современных теоретических представлений и экспериментальных методов при получении и интерпретации результатов, включающих использование компьютерных программ: Matcad, MatLab, Ansys Fluent. Работа оформлена и написана понятным и современным научным языком.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, изложена на 126 страницах машинописного текста, включающего 30 рисунков, 18 таблиц, списка использованных источников из 96 наименований отечественных и зарубежных источников, 3 приложений. **Содержание диссертации** полно отражено в тексте автореферата.

Во введении раскрыта актуальность работы по теме диссертации, сформулирована цель и поставлены задачи, рассмотрены научная новизна и практическая значимость работы, а также приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу способов и технологических решений используемых для производства полых заготовок методом ЭШП, с указанием их преимуществ и недостатков. Данный анализ показал необходимость поиска новых оптимальных решений. Наиболее привлекательным направлением представляется совершенствование технологии с использованием одноэлектродной схемы с прошивающим дорном. Для этого следует решить, как избежать зарастания дорна электродным металлом, как уменьшить тепловое воздействие на его прошивающую часть. Как показал проведенный анализ, наиболее полно проблемы при получении полых заготовок методом ЭШП можно применить технологию вращения расходного электрода вокруг собственной оси при ЭШП.

Вторая глава посвящена моделированию предлагаемой технологии. Физическое моделирование показало возможность путём воздействия центробежных сил менять гидродинамическую обстановку в шлаковой ванне и обеспечивать радиальное течение жидкого металла на оплавленном торце. Наряду с изменением направления течения металла на оплавленном торце происходит изменение направленности электронного потока подэлектродной

зоны, т.е. электроны, идущие от электрода в жидкую металлическую ванну, смещаются относительно оси переплавляемого электрода. Математическая модель показала, что в случае вращения расходуемого электрода тепловой центр представляет собой кольцо, у которого внутренний периметр располагается на некотором расстоянии от оси формируемого слитка, определяемом величиной центробежных сил. Таким образом, подтверждено, что использование технологии вращения расходуемого электрода позволяет снизить негативное воздействие на головную часть прошивающего дорна. На основе созданной математической модели и предложенного численного алгоритма решения краевой задачи создана компьютерная программа «Тепловая картина кристаллизующейся полый заготовки при ЭШП». Программа позволяет вводить геометрические и технологические параметры ЭШП для определения необходимой скорости подачи прошивающего дорна в зависимости от скорости плавления электродного металла и выдавать результирующие температурные поля, что позволяет задавать технологические параметры для ведения процесса.

Третья глава описывает процесс разработки и конструирования установки для проведения опытных переплавов по получению полых и цельных слитков ЭШП, полученных с вращением расходуемого электрода. Представлены результаты исследования опытного металла выплавленных полых заготовок на переменном токе, которые показали, что имеет место небольшое снижение длин дендритов по сечению слитков до 10 %. Так же во время проведения исследований механических свойств, выявлено некоторое повышение показателей слитков полого сечения, а именно: повышение ударной вязкости на 10-15 %, увеличение временного сопротивления, твердости и предела текучести на 10 %. Последующие исследования показали, что технология получения полый заготовки по одноэлектродной схеме с прошивающим дорном с применением технологии вращения расходуемого электрода позволяет изготавливать полые отливки на постоянном токе, с сопутствующим увеличением зерна с 1 до 2,5 балла.

Четвертая глава посвящена оценке экономической эффективности предлагаемой технологии, представленный расчет показывает снижение затрат

начиная с экономии на переделах при получении расходуемого электрода, энергетической эффективности технологии вращения, заканчивая уменьшением стадий механической обработки и сопутствующим снижением отходов при производстве конечных изделий.

Полученные автором результаты могут послужить хорошим стимулом для дальнейших научных исследований в этой области.

Работа прошла серьезную апробацию, ее результаты доложены на 8-ми конференциях, в том числе и международного уровня. Материалы соискателя представлены в 14 научных публикациях, 5 из которых представлены ведущими научными журналами, рекомендованными ВАК или входящими в международную базу данных и систему цитирования Scopus.

Замечания, рекомендации и выводы по работе

По представленной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Повышение энергоэффективности процесса, за счёт ухода от переменного к постоянному току, не вызывает сомнения, однако в работе не представлены конкретные численные показатели энергозатрат переплавов на переменном и постоянном токе.

2. Заготовки полого сечения применяются для изготовления деталей различного назначения, в некоторых частых случаях требуются заготовки переменного сечения. Позволяет ли разработанная технология получать заготовки переменного сечения, если да, то в чём плюс?

3. В работе не представлено экспериментальная проверка предложенного математического аппарата прогнозирования теплового состояния рассматриваемой системы. На чем основывается адекватность предложенных решений?

4. Проведенное холодное моделирование смещения потока относительно оси расходуемого электрода за пределы прошивающего дорна, не подтверждено в полной мере и требует дополнительных исследований.

5. При описании макроструктур слитков описано исследование темплетов вырезанных из центральной части слитков. Производилось ли исследование образцов по высоте заготовок?

Общее заключение

Сделанные замечания ни в коей мере не умаляют основных достоинств диссертационной работы автора. Диссертационная работа Сергеева Дмитрия Владимировича «Технология получения полой заготовки методом электрошлакового переплава по одноэлектродной схеме» является законченной научно-квалификационной работой и полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения учёных степеней»), предъявляемым к кандидатским диссертациям, поскольку в ней предложено решение задач, имеющих существенное значение в области электрошлакового переплава. Автор диссертации Сергеев Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент, директор
института металлургии, машиностроения и
материалобработки ФГБОУ ВО
«Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»


Савинов Александр Сергеевич

Россия, 455000, Челябинская область, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Телефон: +7 (3519) 29-85-18,

e-mail: savinov_nis@mail.ru

«16» февраля 2023 г.

Подпись Савинова А.С. заверяю.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

Начальник отдела делопроизводства
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»


Д.Г. Семенова

Я, Савинов Александр Сергеевич, согласен на автоматизированную
обработку персональных данных, приведенных в этом документе 