

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Островерхова Евгения Владимировича «Генератор протяжённых объёмно-однородных пучково-плазменных образований для азотирования сталей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника

Актуальность темы. Получение однородных плазменных образований в больших вакуумных объёмах имеет ряд прикладных задач в области ионно-плазменной обработке поверхности металлов и сплавов. Данное направление перспективно так же и для моделирования плазменных образований в верхних слоях атмосферы, например для моделирования зарядов возникающих на поверхности летательных аппаратов. Диссертационная работа Островерхова Е.В. нацелена на азотирование поверхности крупногабаритных изделий из металлов и сплавов в плазменном образовании несамостоятельного (с инъекцией электронов) тлеющего разряда. Показано два способа решения задачи по получению однородного распределения концентрации плазмы в рабочей камере, с использованием двух инжекторов электронов и с использованием оригинальной (цилиндрической, длиной 1 м) формы анода вспомогательного дугового разряда, который в свою очередь являлся эмиттером электронов и формировал радиально расходящийся поток электронов в плазму тлеющего разряда. Автор работы оценивает возможность прогнозирования результирующего распределения концентрации плазмы основываясь на принципе суперпозиции. Приводится так же и моделирование радиально сходящегося потока ионов в полость цилиндрического анода. Представленные в работе системы генерации объёмно-однородных плазменных образований перспективны для масштабирования, находят свое практическое применение и внедрены в цикл производства промышленных предприятий, что подтверждается актами внедрения.

Оценка содержания работы и её завершенности.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Работа имеет общий объем 123 страницы и содержит 74 иллюстрации, 21 таблицу, список литературы из 110 наименований. Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и основные задачи исследований, положения, выносимые на защиту, и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена обзору электродных систем, которые применялись в различных электрофизических установках для генерации однородной по концентрации плазмы. В завершении главы делаются выводы о перспективности использования несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления с полым катодом для генерации однородной по концентрации плазмы.

Во **второй главе** описывается разработанный генератор плазмы на основе несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом большой площади. В описываемой системе для генерации пучково-плазменного образования несамостоятельного тлеющего разряда используется два инжектора электронов на основе дугового разряда с интегрально холодным полым катодом, с целью создания однородной плазмы. Приводятся результаты исследования данной системы,

исследуется возможность и границы применения принципа суперпозиции распределений концентрации плазмы в полном катоде тлеющего разряда.

Третья глава посвящена системе генерации пучково-плазменного образования на основе несамостоятельного тлеющего разряда с инжекцией электронов из протяженного цилиндрического сетчатого эмиттера электронов, создающего радиально расходящийся поток электронов. Длина эмиттера электронов 1 метр. Рассматриваются зависимости распределения плазмы по длине полого эмиттера электронов от его диаметра, напряжения горения основного тлеющего разряда, давления и рода газа.

В четвертой главе приводятся параметры разработанного плазмогенератора и результаты азотирования штамповой и инструментальной сталей. Было проведено низкотемпературное азотирование тонкостенных стальных трубок длиной 500мм, диаметром 450мкм, и пуансонов высотой до 800 мм и массой до 150 кг. Результаты азотирования пуансонов внедрены в производственный цикл промышленных предприятий, что подтверждается актами внедрения.

В Заключении приведены основные результаты работы. Список цитируемой литературы (110 наименований) содержит обширную и достаточную библиографию по всем вопросам, рассмотренным в диссертации.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается систематическим характером исследований, использованием современных методов диагностики и методик обработки данных, воспроизводимостью результатов экспериментов, сопоставлением экспериментально полученных результатов и численных оценок, а также практической реализацией полученных выводов при создании генератора объемной плазмы.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме. Содержание диссертации полностью отвечает заявленной специальности и теме.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Научная новизна. Решение поставленных в работе задач позволило диссертанту получить ряд новых научных результатов, заключающихся в следующем:

- в осесимметричной цилиндрической системе генерации пучково-плазменных образований на основе сильноточного несамостоятельного разряда низкого давления с полым катодом большой площади с использованием двух инжекторов электронов расположенных на торцах полог катода определены условия применимости принципа суперпозиции распределений концентрации заряженных частиц; а так же границы, когда этот принцип нарушается в сторону снижения степени неоднородности плотности генерируемой плазмы.

- установлены зависимости степени неоднородности распределения концентрации плазмы в полном цилиндрическом аноде вспомогательного дугового разряда от его диаметра, давления рабочего газа, напряжения горения несамостоятельного тлеющего, создающего радиально расходящийся поток электронов в полый катод основного несамостоятельного тлеющего разряда.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанный генератор объемно-однородных пучково-плазменных образований с полым катодом объемом 0,34 м³ используется на практике для ионно-плазменного азотирования крупногабаритных протяженных изделий из конструкционных и инструментальных сталей высотой до 800 мм и массой до 150 кг. Выявлены закономерности низкотемпературного азотирования конструкционных и инструментальных сталей (08X18H10, 4X5МФС, X12МФ, 40X, 38X2МЮА). Также предложен способ упрочнения поверхностных слоёв игл медицинских катетеров, снижающий величину прогиба готовых игл на 20 % по сравнению с немодифицированными изделиями. Результаты работы можно рекомендовать для широкого использования в современной промышленности.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов обеспечивается корректностью постановки решаемых задач и их обоснованностью, применением современной аппаратной базы при разработке, достаточным объемом экспериментальных данных и их обработкой с использованием современного программного обеспечения и диагностического оборудования, непротиворечивостью данных, полученных в исследовательской части работы с результатами, полученными другими научными группами и опубликованными в научной печати.

Основные результаты диссертации обсуждены на российских и международных конференциях и в полной мере отражены в 10 научных публикациях, входящих в Перечень ВАК РФ и индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, получен 1 патент на изобретение.

Диссертация написана ясным технически грамотным языком, хорошо оформлена и содержит большое количество экспериментальных результатов, достаточных для их понимания, оценки и использования.

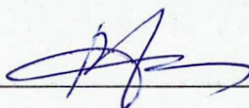
По работе были высказаны следующие замечания и вопросы:

1. В работе приводятся результаты азотирования протяженных, длиной до 1 м, стальных изделий, однако не приведены данные по распределению толщины азотированного слоя по длине обрабатываемого изделия.
2. В Главе 3 приводятся данные по распределению плотности ионного тока внутри полого анода вспомогательного дугового разряда, который является эмиттером электронов, инжектируемых в полый катод основного несамостоятельного тлеющего разряда. Данные по распределению концентрации плазмы в полном катоде тлеющего разряда в данных условиях не приведены.
3. В диссертации представлены результаты исследований процессов низкотемпературного азотирования тонкостенных трубок из нержавеющей стали, однако не указано, зачем требуется проводить азотирование при таких, (до 430 °С) относительно низких температурах.

Диссертационная работа Островерхова Е.В. «Генератор протяжённых объемно-однородных пучково-плазменных образований для азотирования сталей», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – «вакуумная и плазменная электроника» представляет собой законченное исследование и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013.,

№ 842, а ее автор Островерхов Евгений Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

Кандидат технических наук _____



Телех В.Д.

Телех Виктор Дмитриевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Плазменные энергетические установки» (Э-8) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1,
telekh@bmstu.ru, +7 (499) 263-60-24

Подпись В.Д. Телеха удостоверяю, ведущий документовед научно-учебного комплекса «Энергомашиностроение» ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)»



Щепеткова Т.В.

«20» декабря 2024 г.