

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Дьякова Ильи Геннадьевича «Теория и практика анодного электролитно-плазменного насыщения стальных и титановых сплавов азотом и углеродом», представленную на соискание степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. – Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv i spлавov

Актуальность темы

Процесс анодного электролитно-плазменного насыщения может быть использован для скоростного химико-термического насыщения поверхности деталей с небольшой обрабатываемой поверхностью или для локального упрочнения, что позволяет повысить их прочность, коррозионное сопротивление и износостойкость. Востребованность научных исследований по данной тематике обусловлена сложным характером процессов, протекающих в системе анод – парогазовая оболочка – электролит, которые изучались главным образом с позиции упрочнения поверхностного слоя. Изучение процессов растворения и окисления поверхности анода из сталей и титановых сплавов в режиме анодного электролитно-плазменного насыщения ранее системно не проводилось. Выявление закономерностей распределения диффундирующих легких элементов (азота и углерода) при термической обработке данным методом имеет важное влияние на повышение однородности свойств по высоте обрабатываемой детали для обеспечения требуемых функциональных свойств. Поэтому считаю исследования в области расширения понимания механизма анодного электролитно-плазменного насыщения крайне актуальными.

Общая характеристика работы

Представленная работа структурирована согласно сложившимся традициям в области metallovedeniya i технологий термической обработки металлов и сплавов. Критически проанализированы результаты исследований, касающихся режимов обработки, структуры и свойств сталей и титановых сплавов после анодного электролитно-плазменного насыщения. Основное внимание уделено получаемому фазовому и структурному составу поверхности, а также изменению механических свойств после обработки. Изложены методы проведения исследований и свойства

изучаемых материалов. Обоснован выбор исследуемых марок сталей и титановых сплавов. Описана схема экспериментальной установки для анодного электролитно-плазменного насыщения и модификации поверхности. Представлены методики исследования структуры поверхностного слоя, морфологии поверхности, а также методики рентгеноструктурного анализа, коррозионных и трибологических испытаний. Особенно стоит отметить использование метода обратного ядерного рассеяния протонов, что позволило получить уникальные научные результаты.

Результаты экспериментальных исследований изложены подробно с надлежащей иллюстрацией в виде графиков, таблиц, оптических и электронных фотографий. Анализ полученных данных выполнен на достаточно высоком уровне, полученные выводы представляются достоверными и обоснованными.

Автореферат полностью отражает содержание работы.

Научная новизна

Автором четко сформулированы основные научные результаты, к числу наиболее существенных и содержащих научную новизну, можно отнести следующие.

Выявлена связь формирования и структура оксидного слоя с режимами анодного электролитно-плазменного насыщения, а также составом электролита. Предложен механизм процесса формирования оксидов железа за счет высокотемпературного окисления поверхности в парах воды с учетом процессов растворения материала анода. Показано, что добавление в раствор углеродсодержащих компонентов приводит к частичному восстановлению оксидного слоя и повышению скорости растворения.

Выявлены основные закономерности образования упрочненных слоев после анодного электролитно-плазменного насыщения сталей азотом углеродом. На основе решения уравнения диффузии найдены зависимости коэффициентов диффузии углерода в сталь для разных составов электролита, а также найдено решение для случая совместной диффузии азота и углерода, позволяющее по данным распределения этих элементов в поверхностном слое найти не только собственные коэффициенты диффузии, но и перекрестные. На основе этих данных показано ускорение диффузии углерода азотом за счет снижения температуры аустенитизации.

Показана возможность упрочнения титановых сплавов методом анодного электролитно-плазменного насыщения. Установлено, что цементация титанового сплава

BT20 в ходе обработки приводит к искажению кристаллической решетки титановой матрицы, следствием чего является повышение микротвердости поверхностного слоя. Показано, что после анодного электролитно-плазменного насыщения сплавов титана происходит изменение механизма трения с микрорезания на пластическое оттеснение за счет формирования твердого поверхностного оксида титана (IV) – рутила.

Выявлена связь градиента температуры по высоте образываемой детали с изменением знака теплового потока в анод, связанная с расширением парогазовой оболочки. Предложен и экспериментально апробирован способ снижения вертикального градиента за счет формирования вертикальных распределенных потоков электролита в прианодной зоне.

Практическая значимость работы

Результаты диссертационного исследования расширяют возможности практического применения процесса анодного электролитно-плазменного насыщения. Выработанные технологические рекомендации могут служить для совершенствования производства изделий из металлов и сплавов при использовании различных электролитно-плазменных методов обработки поверхности сталей и титановых сплавов. Так, предложены режимы обработки сталей, позволяющие повысить микротвердость до 900 HV при снижении поверхностной шероховатости по параметру Ra в диапазоне от 1,0 до 0,2 мкм и снизить интенсивность износа при сухом трении в 5 раз. Новизна технических решений, разработанных при участии автора, подтверждена патентом Российской Федерации, а востребованность в реальном секторе экономики – актами внедрения на предприятиях машиностроения и текстильной промышленности.

Достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается существенным объемом экспериментально полученных данных, зафиксированных с помощью современной приборной базы, надежных измерительных средств и независимых методов исследования, а также согласием результатов эксперимента с литературными данными, полученными при сопоставимых условиях.

По тексту диссертации и автореферата имеются следующие замечания

1. Отсутствует единство терминологии для обозначения исследуемого процесса. В названии указывается анодное электролитно-плазменное насыщение, по тексту диссертации встречается: электролитно-плазменная обработка, электролитно-плазменный нагрев, анодная электролитно-плазменная цементация, электролитно-плазменная цементация, а также их сокращения. Не приведен список сокращений, что может затруднять понимание диссертации и автореферата читателями, на погруженными в тематику электролитно-плазменных процессов.

2. В научной новизне (п. 5) и в выводах (п. 8), а также в тексте автореферата и диссертации фигурирует восходящая (возрастающая) ветвь вольт-температурной характеристики, но ее формализация и/или указание на чертеже отсутствуют. Возможно, имеется в виду участок III на рис. 1.6. диссертации и участок CD на рис. 1.7.

3. В выводе 2 указывается, что наибольшее значение толщины мартенситного слоя наблюдается при концентрации углеродсодержащих компонентов 2% (масс). Здесь неясен механизм, почему данная концентрация является оптимальной для разных углеродсодержащих компонентов – ацетона, этиленгликоля, сахарозы, глицерина, так как данные вещества имеют различное массовое содержание углерода в органической молекуле.

4. Часть графиков не имеет доверительных интервалов, а часть графиков, наоборот, их имеет. Отсутствие доверительных интервалов, например, на рис. 3.19, 3.30, 3.32, не позволяет сравнивать зависимости между собой, что также затрудняется отсутствием линий аппроксимации между экспериментальными точками.

5. В автореферате и диссертации имеются опечатки. Например, в автореферате на стр. 5, 11, 15, 39, а в диссертации на стр. 15, 359.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Заключение:

В целом диссертация Дьякова И.Г. «Теория и практика анодного электролитно-плазменного насыщения стальных и титановых сплавов азотом и углеродом» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые, научно обоснованные

технические и технологические решения и закономерности анодного электролитно-плазменного нагрева сталей и титановых сплавов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на международных и всероссийских научно-технических конференциях, опубликованы в 120 печатных работах, в том числе в 12 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК и в 12 статьях, индексируемых в WoS и Scopus. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в научно-исследовательских институтах, университетах, проектных институтах, связанных с машиностроением и другими отраслями.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа соответствует специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, удовлетворяет всем требованиям п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Дьяков Илья Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор, проректор по цифровизации ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»



Парфенов Евгений Владимирович

Тел.: +7 908 350 50 32

Email: parfenov.ev@ugatu.su

Адрес: 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12, корпус 5, ком. 210

