

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы докторанта на тему:

«ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»

Представлена на соискание учёной степени доктора философии PhD по специальности 6D071000-«Материаловедение и технология новых материалов»

Цель работы. Исследование фазового состава, структуры и свойств низколегированных сталей и сплава алюминия, разработка высокоэффективной, энергосберегающей и экологически чистой технологии термоциклической электролитно-плазменной обработки деталей бурильных установок нефтегазового оборудования, обеспечивающая высокую поверхностную прочность и износостойкость, а также технологичность изготовления бурового нефтегазового оборудования.

Задачи исследований:

– Спроектировать и изготовить лабораторную установку электролитно-плазменной обработки для образцов деталей из сплавов черного и цветных металлов.

– Исследование закономерностей формирования фазового состава и структуры поверхностных слоев низколегированных сталей и сплавов цветных металлов в зависимости от режимов электролитно-плазменной обработки;

– Исследование влияния фазового состава и структуры поверхностных слоев на механическую прочность, твердость и износостойкость деталей нефтегазовой отрасли из стали 20X;

– Разработать технологический процесс изготовления деталей нефтегазового оборудования с электролитно-плазменным упрочнением.

Методы исследования.

При выполнении работы применялись теоретические методы исследования, которые базируются на основных положениях теории подобия, теории химико-термической обработки и физики твердого тела, современные экспериментальные методы компьютерного анализа изображений микроструктур, растрового электронно-микроскопического и элементного анализов, рентгеноструктурного анализа, а также методы определения механических свойств и износостойкости материалов из стали 20X нефтегазового оборудования. Металлографический анализ проводили на микроскопе «Axioscop - 2MAT» с цифровой фотокамерой «Sony». Качественный и количественный фазовый анализ структуры образцов стали проводили на рентгеновском дифрактометре «X'PertPRO» фирмы «PANalytical», с применением Cu-K излучения. Измерения микротвердости проводили на приборе ПМТ-3, с алмазной пирамидкой, при нагрузке на индентор 2Н в соответствии с ГОСТ 9450–76. Износостойкость образцов оценивали по потере массы в единицу времени, в результате истирания

испытуемого образца на диск с абразивом, при трении скольжения без смазочного материала. Для измерения массы образцов использовались весы электронные ВЛ-120 с точностью до 0,1 мг.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

– Закономерности фазовых превращений и структурных изменений в поверхностном слое при электролитно-плазменной обработке деталей из низколегированных сталей и цветных металлов;

– Установление механизмов повышения поверхностной твердости и износостойкости деталей бурового долота в результате легирования и модификации поверхностного слоя при электролитно-плазменной обработке; основные принципы прогнозирования параметров качества модифицированного слоя в зависимости от режимов электролитно-плазменной обработки;

– Метод математического моделирования структурно-фазовых превращений, происходящих при электролитно-плазменной обработке низкоуглеродистой легированной стали 20Х, расчет и экспериментальное подтверждение выбора оптимальных режимов электролитно-плазменной обработки для стали деталей нефтегазового оборудования, аналитическая зависимость температуры нагрева от времени нагрева и охлаждения, а также значений напряжения тока: $T = 4,5xt_{\text{наг}}^2 + 4,8xU - 18xt_{\text{охл}}$;

– Технология термоциклического электролитно-плазменного упрочнения низкоуглеродистой легированной стали бурового долота;

– Результаты внедрения электролитно-плазменной обработки деталей, как более энергосберегающего и экологически чистого метода химико-термической обработки, в техпроцесс изготовления деталей нефтегазового оборудования, вместо цементации на твердом карбюризаторе с последующей закалкой.

Основные результаты исследования. Диссертация посвящена разработке технологии термоциклической электролитно-плазменной обработки низкоуглеродистой легированной стали и алюминиевых сплавов деталей горнорудной промышленности.

С использованием теоретических и современных экспериментальных методов металлографического, растрового электронно-микроскопического и рентгеноструктурного анализов, а также методов исследования механических свойств и износостойкости, изучено целенаправленное изменение структуры и свойств тонких поверхностных слоев деталей под внешним физическим воздействием ионов высокотемпературной плазмы и электрического разряда при циклической электролитно-плазменной обработке. Показана принципиальная возможность поверхностного легирования и модифицирования при электролитно-плазменной обработке деталей.

Определены оптимальные режимы электролитно-плазменной обработки деталей. Предложен к внедрению энергосберегающий и экологически чистый технологический процесс изготовления деталей подшипникового узла бурового долота с электролитно-плазменным упрочнением.

Обоснования новизны и важности полученных результатов.

Научная новизна результатов исследований: Теоретически и экспериментально изучены закономерности изменения фазового состава, структуры и свойств поверхностных слоев образцов низколегированных сталей в зависимости от режимов электролитно-плазменной обработки (ЭПО);

– Микроструктура образцов сталей после ЭПО характеризуется наличием темного поверхностного слоя толщиной до 100 мкм, под темным слоем наблюдается тонкоигольчатая структура мартенситного происхождения, которая переходит в исходную пластинчатую перлитно-ферритную структуру; общая толщина упрочненного поверхностного слоя составляет 1000-1700 мкм; микротвердость упрочненной зоны с мартенситной структурой составляет 6500-7200 МПа;

– С целью определения оптимальных условий электролитно-плазменной обработки стальных изделий, реализован план полного многофакторного эксперимента; установлено, что основными факторами, определяющими качество упрочнения стали при ЭПО являются: время нагрева, время закалки и напряжение тока; установлена зависимость температуры нагрева от времени нагрева и охлаждения, а также значений напряжения тока:

$$T = 4,5xt^2 + 4,8xU - 18xt.$$

– Растровый элементный анализ поверхностного слоя показал, что в плазменном потоке при ЭПО активизируется направленный массоперенос легирующих элементов как из анода, так и из электролита; в результате перераспределения легирующих элементов в поверхностном слое образцов при электролитно-плазменном нагреве образцов происходит химическая модификация поверхностного слоя металла;

– Установлено, что в плазменном слое электрического газового разряда, при протекании электрического тока из водного раствора кальцинированной соды Na_2CO_3 образуются заряженные ионы углерода, которые науглероживают поверхность образцов и приводит к образованию карбидных фаз;

– Рентгеноструктурный анализ показал, что на дифрактограммах образцов стали 20Х в состоянии поставки, присутствуют линии α – фазы на основе Fe, линии $\text{Cr}_{0,6}\text{Fe}_{1,4}$ – фазы, а также линии $\text{Fe}_{2,7}\text{Mo}_{0,8}\text{Ni}_{0,1}$ – фазы; после электролитно-плазменной обработки на дифрактограммах образцов, кроме линий выше перечисленных фаз, появляются линии остаточного цементита Fe_3C , образование которого приводит к резкому повышению поверхностной прочности и износостойкости стали;

– Установлены зависимости поверхностной твердости и глубины закаленного слоя от режимов электрических параметров электролитно-плазменной обработки;

– Спроектирована и изготовлена опытно-лабораторная установка электролитно-плазменной обработки для образцов деталей из стали 20Х.

Практическая ценность работы заключается в создании и апробации технологии электролитно-плазменного упрочнения в технологических процессах производства деталей. Предлагаемая технология позволяет значительно повысить, по сравнению с существующей технологией, поверхностную прочность, твердость и износостойкость деталей нефтегазового

оборудования.

Основными ее преимуществами являются:

- Возможность упрочнения сложного профиля, внутренних поверхностей и полостей; отсутствие необходимости специальной подготовки поверхностей перед нанесением покрытий;

- Электролитно-плазменная обработка обладает высокой экологической безопасностью: не требуется утилизация отходов и использование специальных очистных сооружений;

- Электролитно-плазменная обработка является энергосберегающей технологией при низкой трудоемкости;

- Легко поддается автоматизации, как на этапе конструирования, так и производства, что приводит к повышению качества и значительному снижению себестоимости;

- Для исследования образцов на износостойкость, обработанных в различных условиях, спроектирована и изготовлена лабораторная установка для испытания на абразивную износостойкость;

- Основное преимущество ЭПО - отсутствие деформаций металла; в отличие от упрочнения газовой цементацией с последующей закалкой, электролитно-плазменная обработка проводится локально, что исключает образование трещин, коробления металла, обезуглероживания поверхности.

Соответствие направлением развития науки или государственным программам. Научные исследования, направленные на разработку высокоэффективной технологии производства новых материалов из отечественного сырья, а также технологии получения и обработки готовых изделий из них являются актуальной проблемой инновационно-индустриального развития Республики Казахстан.

Уточнение теоретических аспектов легирования, модифицирования и термической обработки поверхностных слоев изделий, а также изучение их структуры и свойств позволяют решить актуальную задачу создания новых, высокоэффективных технологических процессов получения упрочняющих и защитных покрытий, повышающие надежность и долговечность работы машин и механизмов.

Повышение требований к качеству деталей машин стимулирует создание новых методов целенаправленного изменения фазового состава и структуры их поверхностных слоев. В частности, широкое распространение получили методы воздействия на поверхность деталей концентрированными потоками энергии. Наиболее перспективной, энергосберегающей и экологически чистой технологией среди них является метод электролитно-плазменной обработки (ЭПО). При этом происходит изменение структуры и свойств материала в тонких поверхностных слоях вследствие физического воздействия ионов высокотемпературной плазмы и электрического разряда.

Дополнительное повышение поверхностной прочности, твердости и износостойкости деталей при ЭПО можно также достичь за счет целенаправленного изменения химического состава поверхностного слоя путем

легирования и модифицирования.

В диссертационной работе для исследований выбраны детали «Оборудование колонии клиновых» с действующего завода АО «УстьКаменогорский завод промышленной арматуры». Контактная долговечность, абразивная и ударно-абразивная износостойкость деталей колонн клиновых из стали 20Х на производстве АО «УЗПА» удовлетворяются цементацией на твердом карбюризаторе с последующей закалкой. Недостатками такой технологии обработки деталей являются образование коробления и растрескивание деталей из низкоуглеродистых сталей, а также высокая трудоемкость и энергоемкость производства.

Анализ существующих технологий термической обработки подобных изделий из низкоуглеродистых и легированных сталей показывает что, задача разработки электролитно-плазменной обработки для деталей бурового инструмента, обеспечивающая высокие эксплуатационные характеристики, является актуальной и своевременной.

Апробация практических результатов. Диссертационная работа является составной частью госбюджетной темы №277 КазНТУ и ТОО «АЛАКОЛ-PLANT» Результаты исследований целенаправлены к внедрению в производство АО «УЗПА», а также используются в учебном процессе кафедры «Машиностроение и технология конструкционных материалов» ВКГТУ им. Д.Серикбаева.

Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации. Постановка задач, способ их решения, теоретические и экспериментальные исследования выполнены и основные научные результаты получены лично диссертантом.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, а также получены 2 заключения: о выдаче инновационного патента на изобретение, и о выдаче патента на полезную модель.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, общих заключений, списка использованных источников. Материалы диссертации содержат 109 страниц текста, 30 таблиц, 54 рисунка и 6 приложений. Список использованных источников включает 113 наименований.