

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Асылбаева Александра Владиславовича

«Влияние пластической деформации и ионно-плазменного азотирования на структуру и свойства стали Р6М5», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы диссертации

Постоянное развитие техники и технологий повышает требования к материалам и приводит к тому, что их свойства зачастую не удовлетворяют требованиям хотя бы по одному из параметров. Данная проблема ставит задачу поиска методов улучшения свойств материалов путем их структурной модификации. В настоящее время на практике используют как термическую, так и механическую обработку. Наиболее перспективным из существующих способов повышения физико-механических свойств является применение методов пластической деформации. Однако поверхности материалов с подобной структурой в условиях контактных нагрузок подвержены интенсивному износу, что обуславливает необходимость последующей химико-термической обработки (ХТО), такой как ионно-плазменное азотирование. Известно, что эффективное ионно-плазменное азотирование происходит при температурах выше 500 °С, при которых деформированная структура теряет прочность из-за рекристаллизации, а снижение температуры замедляет диффузию азота, существенно увеличивая длительность обработки. Таким образом, применение методов интенсификации низкотемпературного ионно-плазменного азотирования материалов с деформированной структурой с целью повышения скорости диффузии за счет увеличения градиента концентрации насыщающего элемента является актуальной задачей.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Асылбаева А. В. состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения, изложенных на 137 страницах и включающих 94 рисунка, 7 таблиц и 75 литературных источников.

На первом этапе работы автор раскрывает и обобщает данные о методах повышения эффективности ионно-плазменного структурно-фазового модифицирования поверхностей материалов, приводит их описание и особенности. На основании проведенного анализа автором сформулирована цель настоящей работы, которая состояла в установлении влияния ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде с магнитным полем на

структурно-фазовый состав и механические свойства пластически деформированной инструментальной стали Р6М5, а также в разработке на этой основе комбинированной технологии обработки для повышения стойкости металлорежущего инструмента. Для достижения поставленной цели автором были сформулированы и решены соответствующие задачи.

На следующем этапе было последовательно и подробно исследовано влияние режимов ионно-плазменного азотирования, в частности температуры и длительности обработки, на свойства и структуру инструментальной стали. Получены данные о влиянии предварительной пластической деформации на диффузию азота в материале. Представлены и обобщены данные о влиянии магнитного поля при ионно-плазменном азотировании на структуру и свойства пластически деформированной инструментальной стали при разной длительности процесса. Дополнительно приведены результаты исследования влияния магнитного поля на основные характеристики плазмы тлеющего разряда.

На последнем этапе работы проведены исследования по разработке комбинированной технологии ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде с магнитным полем, включающей ионно-плазменную очистку поверхности деталей в магнитном поле в режиме катодного распыления, ионно-плазменное азотирование с магнитным полем и охлаждение деталей в вакуумной камере. В результате этих исследований автором предложены схема и режимы комбинированной технологии ионно-плазменного азотирования с магнитным полем, которые обеспечивают повышение стойкости металлорежущего инструмента. Полученные результаты были внедрены на ПАО «ОДК-УМПО» (г. Уфа) в виде типового технологического процесса комбинированного ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде при упрочнении сверл, что подтверждается соответствующим актом внедрения, представленным в приложении диссертационной работы.

Научная новизна

Среди результатов, обладающих научной новизной, отметим следующие:

При ионно-плазменном азотировании в магнитном поле с индукцией 35 мТл в прикатодной области формируется градиент концентрации заряженных частиц, при этом увеличивается концентрация заряженных частиц до $4,58 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ что приводит увеличению числа актов ионизации обрабатываемой поверхности и повышению толщины упрочненного слоя с 80 до 140 мкм.

Установлено, что предварительная пластическая деформация перед ионно-плазменным азотированием с магнитным полем приводит к снижению

коэффициента трения поверхности в 2 раза и к сокращению адгезионной составляющей износа в результате увеличения поверхностной зоны с 20 мкм до 90 мкм со значением микротвердости 1400 HV_{0,1}.

Показано, что при ионно-плазменном азотировании с магнитным полем при температуре 450°C в течение 6 часов при давлении 100 Па приводит к увеличению стойкости металлорежущего инструмента на 30% по сравнению с инструментом, обработанным по исходной технологии.

Практическая значимость

Разработан способ ионно-плазменного азотирования в магнитном поле, который позволяет осуществлять процесс азотирования одновременно с генерированием в камере магнитного поля и нагревом до рабочих температур посредством плазмы азота повышенной плотности, сформированной в тороидальной области вращения электронов при помощи магнитного поля.

Разработан способ ионно-плазменного азотирования изделий с деформированной структурой в магнитном поле, заключающийся в пластической деформации структуры изделия с последующим ионно-плазменным азотированием в тлеющем разряде при наложении магнитного поля.

Разработан способ диагностики плазмы с помощью зонда Ленгмюра, оснащенного защитным кольцом из проводящего материала, который заключается в установке зонда в плазму, регистрации вольтамперных характеристик для определения параметров плазмы, при этом защитное кольцо обеспечивает возникновение на зонде и кольце перекрывающихся электрических слоев, что приводит к уменьшению их площади.

Разработанная комбинированная технология ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде с магнитным полем пластически деформированной стали Р6М5 была апробирована и внедрена в производственный процесс ПАО «ОДК УМПО» при упрочнении металлорежущего инструмента.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов работы не подлежит сомнению, так как автор использовал современные методы исследования, а выводы работы внутренне не противоречивы. Использованы методы оптической и растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурный анализ для исследования поверхности и упрочненного слоя, а также испытания механических свойств обработанных образцов. Полученные результаты согласуются с известными данными, опубликованными другими авторами. Основные результаты

прошли широкое обсуждение на всероссийских и международных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и в изданиях, включенных в базы Web of Science и Scopus.

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на высокое качество работы, стоит отметить ряд вопросов и замечаний:

1. Пробовали ли выполнить анализ азотированного слоя при использовании сканирующей электронной микроскопии с приставкой для реализации дифракции обратно отраженных электронов?

2. Замечание: Стоило результаты измерения микротвердости также привести на фотографиях с оптического микроскопа, полученных на образцах после различных режимов.

3. Была ли учтена приборная погрешность при измерении на микротвердомере при нагрузке в 0,1 кгс? Так как при небольших нагрузках приборная погрешность велика практически для всех микротвердомеров.

4. Пробовали ли использовать специальные реактивы для вытравливания определенных фаз в азотированном слое? Если не пробовали, то почему?

5. Замечание: Рентгенофазовый анализ с поверхности как будто бы недостаточен для определения многослойной структуры азотированного слоя.

6. Как было выбрано соотношение газов азотосодержащей среды?

7. Какой механизм износа более важен для режущего инструмента: абразивный или адгезионный?

8. По какой причине величина индукции магнитного поля во всех экспериментах с его использованием была выбрана в размере 35 мТл?

9. Замечание: Несомненным плюсом является количество патентов, подготовленных автором диссертации, но в самой работе при описании оборудования стоило привести больше фотографий модернизированной установки для выполнения комбинированной технологии ионно-плазменного азотирования в тлеющем разряде с магнитным полем.

Приведенные замечания не снижают значимость полученных в диссертационной работе научных результатов.

Диссертационная работа Асылбаева А. В. является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему на высоком методическом уровне. Автореферат отражает содержание диссертации. По теме диссертации опубликовано 20 научных статей, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

