

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Егорова Ивана Святославовича

на тему: «Разработка технологии контактной сварки стали с титаном и последующей термообработкой токами высокой частоты для повышения стойкости режущих пластин», представленную к защите по специальности
2.4.4. Электротехнология и электрофизика
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы

Актуальность связана с повышением износостойкости стальных сменных режущих пластин для металлообработки. Одним из методов улучшения свойств является формированием износостойкого и прочного функционального покрытия из оксида титана на стальной основе, с помощью метода высокотемпературного нагрева токами высокой частоты.

Диссертационная работа Егорова И.С. направлена на решение актуальной задачи, связанной с разработкой процесса нанесения титанового покрытия методом точечной контактной сварки и последующей термообработкой полученной сборки токами высокой частоты. В результате данного подхода формируется, высокопрочная и износостойкая структура «сталь-титан-оксид титана».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью применяемого математического аппарата при теоретическом моделировании и постановке задач для процесса высокотемпературной индукционной обработки, сходимостью результатов экспериментального исследования и моделирования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обладают высокой степенью обоснованности, что подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями твердых и износостойких покрытий, полученных методом высокотемпературной индукционной обработки и их сходимостью с результатами теоретических исследований.

Достоверность и научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность теоретических и экспериментальных результатов обеспечивается корректным выполнением расчетных процедур, применением современных электротехнологических систем, измерительного оборудования и аналитической аппаратуры, использованием стандартных методов испытаний, отсутствием противоречий полученных результатов исследований с данными других авторов в данной предметной области.

Научная новизна работы заключается в обосновании применения точечной контактной сварки для нанесения титанового слоя на стальную основу режущей пластины для металлообработки и последующей высокотемпературной обработки токами высокой частоты для создания сталь-титан-оксидной структуры с диффузионным слоем, обеспечивающих высокую износостойкость и твердость рабочей поверхности инструмента. В частности, разработана математическая модель, позволяющая определить распределение температуры при обработке токами высокой частоты в сталь-титановой сборке при различной величине тока индуктора и геометрии элементов системы, установлено влияние режимов точечной контактной сварки (величины сварочного тока, длительности и типа импульса), на величину прочности сварного соединения инструментальной быстрорежущей стали с техническим титаном с использованием регрессионных зависимостей, предложены технологические рекомендации точечной контактной сварки с последующей термообработкой токами высокой частоты, позволяющая получать сталь-титан-оксидную структуру с высокой твердостью и износостойкостью рабочей поверхности неперетачиваемых пластин режущего инструмента, согласно которым был разработан способ формирования на инструментальной быстрорежущей стали покрытия системы «титан-оксиды титана» (Патент РФ № 2789262), что подтверждает научную новизну работы.

Теоретическое исследование выполнялось с использованием основных положений законов электромагнитной индукции и джоулева тепловыделения, численное моделирование выполнялось с применением методом конечных элементов. Измерение электротехнологических параметров производилось стандартными электроизмерительными методами. Применен следующий комплекс методов исследования: электроизмерительные, оптическая и растровая электронная микроскопия, микроиндендирования, эксплуатационные испытания в процессе резания стали 45.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Практическая значимость работы заключается в предложенном технологическом варианте формирования слоистой структуры сталь-титан-оксид титана. Установлены оптимальные технологические режимы комбинированного электротехнологического процесса, позволяющего получить износостойкое и твердое покрытие на поверхности сменных режущих пластин.

Значимость для науки заключается во вкладе в развитие существующих представлений о закономерностях формирования неразъемного соединения стали с титаном за счет электронагрева сопротивлением и твердых диффузионных слоев на титане за счет нагрева токами высокой частоты.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

В диссертационной работе даны практические рекомендации для комбинированного электротехнологического процесса, позволяющего получить сменные режущие пластины с высокотвердой и износостойкой рабочей поверхностью.

Результаты экспериментальных исследований и регрессионные зависимости, сформулированные в диссертации, могут быть применены для формирования износостойких покрытий на поверхности стальных материалов, работающих в условиях высокой нагрузки и истирания.

Содержание диссертации, ее завершенность

Диссертация Егорова И.С. состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников. Диссертация изложена на 153 страницах текста, содержит 64 рисунка, 21 таблицу, 34 формулы, список литературы из 149 наименований, 3 приложения.

Во введении отражена актуальность темы исследования, цель, задачи исследования, объект, предмет и методы исследования, научная новизна, практическая и теоретическая значимости работы, личное участие автора, положения и результаты, выносимые на защиту, а также апробация результатов исследования.

Первая глава посвящена выбору направления исследований, анализу особенностей нанесения защитных покрытий на металлорежущие инструменты в том числе и способ контактной точечной сварки для нанесения титанового покрытия на инструментальные стали и дальнейшую возможную модификацию титана за счет нагрева токами высокой частоты.

Во второй главе проведено теоретическое обоснование, выполнена постановка задач и представлена численная модель процесса высокотемпературного нагрева токами высокой частоты изделия, состоящего из стали и титана. Определены технологические возможности нагрева сталь-титановых образцов и соотнесены параметры температуры процесса, электротехнологические параметры (ток индуктора, мощность) и продолжительность обработки. Приведены графические зависимости, характеризующие кинетику нагрева и момент перехода системы в стационарное термодинамическое состояние. Определена картина распределения температурных полей в зависимости от геометрии системы «индуктор-слоистое изделие».

В третьей главе представлена методика экспериментальных исследований и результаты исследований по нанесению титанового покрытия на поверхность стали за счет контактной точечной сварки и воздействия высокотемпературного нагрева токами высокой частоты на химический состав, морфологию, твердость и износостойкость (эксплуатационные испытания при обработке стали 45) оксидных слоев на поверхности технического титана, нанесенного на стальную основу.

В четвертой главе обоснована и разработана конструкция сменной многогранной пластины со структурой «сталь-основа — титан-покрытие — оксид титана-износостойкий слой» с отдельными элементами покрытия на рабочих гранях инструмента. Определены технологические режимы контактной сварки при оптимальных усилиях сжатия электродов, плотности тока и длительности импульса, и обработки токами высокой частоты сталь-титановой сборки при оптимальных удельной потребляемой мощности, частоте тока, температуре и выдержке.

Таким образом, считаю диссертацию Егорова И.С. завершенным научным исследованием, цели которого достигнуты в полном объеме.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом

К достоинствам диссертации Егорова И.С. следует отнести следующее:

- глубина анализа и степени разработанности темы исследования, подтверждаемая перечнем используемой литературы;

- использование грамотного научно-технического языка, владение автором специальными терминами, доступность восприятия текста диссертации, обусловленная грамотно выстроенной последовательностью изложения материала;

- высокий уровень владения и применения современного программного обеспечения при реализации математических моделей и регрессионных зависимостей;

- имеются публикации, отражающие результаты диссертационного исследования – 16 печатных работ, из них 2 статьи в научном журнале, входящем в перечень изданий, рекомендованном ВАК Минобрнауки России, 9 статей, входящих в базы данных Web of Science / Scopus, 1 патент на изобретение.

- в диссертационной работе отражены результаты, полученные при выполнении научных исследований по различным программам и грантам.

По работе имеются следующие замечания:

1. В решении тепловых задач (рис. 2.5, рис. 2.9) не представлены краевые условия.

2. Требуется обоснование в технологических режимах процессов применения частоты тока 80 кГц при индукционном нагреве.

3. Необходимо более полное объяснение физики процесса образования диффузионного слоя между сталью и титановым покрытием в сталь-титановой сборке после технологических процессов контактной сварки и последующей индукционной термообработки токами высокой частоты.

4. Требуется пояснить, почему в диссертационной работе применяются разные способы определения твердости?

5. На рис 2.5 (стр. 54) в начале быстрого индукционного нагрева детали наблюдаются значительные перепады температур (более 500 °С), а следовательно и большие термонапряжения в сталь-титановой сборке. Могут ли повлиять указанные термонапряжения на появление дефектов в указанной сталь-титановой сборке.

6. Требуется пояснить более полно, почему дальнейшее увеличение выдержки во второй серии изделий привело к снижению твердости ниже 75 HRA не зависимо от температуры (стр. 98)?

Указанные недостатки не носят принципиальный характер и не снижают научного уровня диссертации.

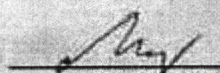
Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертация Егорова Ивана Святославовича является научно-квалификационной работой, решающей актуальную задачу повышения качества металлорежущих инструментов с твердым, износостойким титановым покрытием за счет разработки технологии нанесения титана на стальную основу с последующей высокотемпературной индукционной обработки, обеспечивающей создание функционально-градиентной структуры с заданными параметрами.

Диссертационная работа Егорова Ивана Святославовича на тему: «Разработка технологии контактной сварки стали с титаном и последующей термообработкой токами высокой частоты для повышения стойкости режущих пластин» соответствует паспорту специальности 2.4.4. Электротехнология и электрофизика и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что автор диссертационной работы Егоров Иван Святославович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.4. Электротехнология и электрофизика.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
доцент,
профессор кафедры 101 «Проектирование
и сертификация авиационной техники»
ФГБОУ ВО «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский
университет)»


6.11.2024

Лепешкин Александр Роальдович

*Подпись А.Р. Лепешкина завершено
зам.нач. Главного управления по работе с персоналом НИИ*



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Адрес организации: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.

тел.: +7 499 158-43-33, факс: +7 499 158-29-77,

e-mail: mai@mai.ru.