

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Рабыко Марины Александровны
«Технология упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим
разрядом с прикатодным магнитным полем» на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.02.07 – Технология и оборудование механической
и физико-технической обработки

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа Рабыко Марины Александровны посвящена решению одной из актуальных проблем современного материаловедения – разработке, исследованию и внедрению технологических процессов, позволяющих получить материалы с новыми/улучшенными функциональными свойствами. Такие процессы упрочнения возможно реализовать с применением вакуумно-плазменных методов, один из которых из которых и используется в данной диссертации.

Объектом исследования в диссертационной работе является технологический процесс упрочнения поверхностей деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем, что соответствует формуле специальности 05.02.07, а именно, процессам формирования поверхностных слоев деталей методами механической и физико-химической обработки, обуславливающих повышение качества поверхностей, модификацию структуры и изменение свойств материалов.

Область исследований и результаты диссертационной соответствуют отрасли «технические науки». Задачи, содержание, полученные результаты соответствуют следующим пунктам паспорта данной специальности:

1. п. 1 раздела III области исследований – «Процессы физико-химической обработки материалов, включая комбинированную и высокоэнергетическую обработку материалов с наложением различных энергетических воздействий и использованием возникающих при этом физических, химических, электромагнитных и других эффектов»,

2. п. 2 раздела III области исследований – «Процессы формирования и направленного изменения свойств материалов (структурно-фазовые превращения), поверхностных слоев деталей методами физико-химической обработки, в том числе нанесением покрытий, поверхностным легированием и др. Методы управления технологическими режимами воздействия на материал заготовки в процессах формообразования поверхностей деталей»;

3. п. 3 раздела III области исследований «Механизмы взаимодействия инструмента, технологической среды с материалом заготовки, формирования

*Вх. № 11-52/117
от 12.01.2014*

напряженного состояния, структурно-фазовых превращений в изделия и инструменте, как при механической обработке, так и при воздействии направленных потоков энергии различной природы (ультразвука, плазмы, лазерного, электронного, электромагнитного, рентгеновского, гамма-излучения и др.), а также при комбинированных воздействиях»

4. п. 4 раздела III области исследований – «Теория и практика проектирования, производства и эксплуатации отдельных видов и систем технологического оборудования и инструментов с заданными технико-экономическими показателями (точность, производительность, конкурентоспособность, надежность и др.) для формообразования деталей методами физико-химической обработки, оптимизация компоновки, состава и параметров оборудования и инструментов, в том числе и для специальных видов обработки (электромагнитной, электрохимической, магнитноимпульсной, магнитно-абразивной, гидро- и пневмоударной, лазерной, электроннолучевой, ультразвуковой, водо- и виброабразивной, плазменной и плазмохимической, ионным легированием, взрывом, пластическим деформированием, послойным синтезом».

Таким образом, диссертация соответствует специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки и отрасли – «Технические науки». Название диссертации в полной мере отражает ее содержание.

2. Актуальность темы диссертации

Одной из актуальных проблем современного материаловедения и машиностроения является внедрение новых материалов с уникальными свойствами, разработка и оптимизация существующих технологий механической и физико-технической обработки, а также разработка оборудования и расчет режимов его работы, что в комплексе позволит улучшить имеющиеся технологии упрочнения. К достаточно распространенным технологиям относят технологии упрочнения в плазме тлеющего разряда, ионно-плазменное азотирование, цементация и др. Данные технологии вытесняют имеющиеся на предприятиях классические технологии азотирования, цементации, борирования за счет своей универсальности, снижении времени обработки, уменьшения стоимости затрат на процесс.

Также стоит отметить, что одним из важных направлений машиностроения является снижение издержек при производстве, в связи с этим разработка технологий позволяющих увеличить ресурс работы инструмента, технологической оснастки является актуальной задачей. В диссертационной работе на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований предложена и оптимизирована технология упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с

прикатодным магнитным полем, которая внедрена как в учебный процесс, так и в производство, что позволило получить экономический эффект.

В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы Рабыко М. А. является актуальной, а полученные в ее работе результаты востребованными.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Научная новизна результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту, включает:

- экспериментально установленное оптимальное значение индукции прикатодного магнитного поля, обеспечивающее получение большего значения силы тока тлеющего разряда, зажигаемого в среде остаточных атмосферных газов, при неизменном напряжении горения тлеющего разряда;

- экспериментально полученные зависимости приращения поверхностной микротвердости и износостойкости обрабатываемых сталей от технологических параметров горения тлеющего разряда (напряжения, силы тока, давления в камере, времени обработки), как с использованием прикатодного магнитного поля, так и без него, показывающие, что использование прикатодного магнитного поля обеспечивает получение больших значений приращения микротвердости и износостойкости образцов из инструментальных легированных сталей (X12МФ, 4Х4ВМФС, 5Х3В3МФС);

- технологические режимы упрочнения тлеющим разрядом регулируя которые возможно направленно изменять глубину модифицированного слоя, структурно-фазовый состав стали, что позволило обеспечить увеличение поверхностной твердости и износостойкости рабочих поверхностей деформирующих элементов штампов из инструментальных легированных сталей;

- разработанный и внедренный в образовательный процесс высшей школы, а также в производство технологический процесс упрочнения поверхностей деформирующих элементов штампов из инструментальных легированных (штамповых) сталей, основанный на обработке тлеющим разрядом с дополнительным введением магнитного поля в прикатодное пространство.

Вынесенные на защиту основные положения диссертационной работы являются новыми и вносят существенный вклад в развитие современных представлений о влиянии параметров тлеющего разряда с прикатодным магнитным полем на фазовый состав, структуру, твердость и износостойкость деформирующих элементов штампов.

Новыми также являются результаты по оптимизации технологических режимов и параметров упрочнения и экспериментальных исследований по определению поверхностной твердости, износостойкости, структуры и

фазового состава упрочнённых тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем изделий.

Новизна технических решений подтверждена 1 патентом на изобретение и 1 патентом на полезную модель Республики Беларусь.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Сформулированные в диссертационной работе выводы и рекомендации имеют научное обоснование и экспериментальное подтверждение, базируются на современных положениях теории и практики физико-химической обработки, современного материаловедения, а также соответствуют приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 гг., п. 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: машиностроение и машиноведение», утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156.

Достоверность полученных результатов опирается на физическую обоснованность выбранных методов исследования, используемого измерительного оборудования и сопоставления полученных результатов с литературными данными. Подтверждением обоснованности и достоверности приведенных в работе данных является их апробация на международных конференциях, опубликование в научных изданиях, а также их использование при выполнении научных заданий в рамках ГПНИ, а также хозяйственных договоров.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость диссертации заключается в установлении закономерностей влияния технологических параметров упрочнения в плазме тлеющего разряда, горящего в остаточной атмосфере при пониженном давлении в присутствии магнитного поля локализованного в области катода (упрочняемого изделия) на структуру поверхностного слоя материала деформирующих элементов штампов и, как следствие, на изменение их твердости и износостойкости.

Практическая значимость результатов исследований состоит в опытно-экспериментальном подтверждении и реализации на практике технологии упрочнения тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем. Результаты диссертации апробированы на таких предприятиях, как ОАО «Могилевский завод «Строммашина» (г. Могилев), ООО «ЗнакОМ» (г. Могилев), МАОА «Красный металлист» (г. Могилев), ОАО «ТАиМ» (г. Бобруйск), ОАО «Могилевлифтмаш» (г. Могилев)

Результаты, составляющие содержание диссертационной работы, получены в рамках выполнения заданий государственных программ научных исследований по темам «Установление влияния комплексного воздействия тлеющего разряда и постоянного магнитного поля на структурно-фазовые превращения, физико-механические и эксплуатационные свойства поверхностного слоя инструментальных сталей» (по заданию 4.2.01 «Закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств штамповых сталей, подвергнутых комплексной обработке, основанной на тлеющем разряде» № ГР 20141990, 2014–2015 гг.); «Улучшение характеристик передаточных механизмов, деталей машин, режущего инструмента на основе прогрессивных схем контактного взаимодействия, современных методов обработки поверхностного слоя при воздействии магнитного поля» (рег. № НИОКТР 20161937, 2016–2018 гг.); «Разработка моделей и методологии построения и управления технологическими системами» (рег. № НИОК(Т)Р 20210707, 2021–2025 гг.), а также при выполнении хозяйственной работы с ОАО «ТАИМ» (г. Бобруйск) по теме «Структурно-фазовое модифицирование поверхностных слоев материалов инструментальной и технологической оснастки тлеющим разрядом» (ХД № 1931/488/19).

Экономическая значимость заключается в внедрении разработанной технологии упрочнения, что позволило обеспечить экономический эффект в размере 4 849,19 рублей (по состоянию цен на июнь 2019 г.).

Социальная значимость заключается в получении новых знаний, позволяющих повысить уровень подготовки специалистов технического профиля. Метод и технология упрочнения тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем внедрены в учебный процесс Белорусско-Российского университета.

6. Опубликование результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационной работы опубликованы в 36 работах, в том числе 2-х монографиях в соавторстве, 6 статьях в научных изданиях, соответствующих Перечню ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, а также в иностранных научных изданиях, 11 статей в сборниках материалов научных конференций, 15 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций.

Получен 1 патент на полезную модель и 1 патент на изобретение Республики Беларусь.

Опубликованные работы в полной мере отражают основные положения диссертации.

На этом основании следует считать требования ВАК Беларуси к соискателям ученой степени кандидата технических наук в части опубликованности результатов диссертации (п. 19 Положения о присуждении

ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь) выполненными.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Оформление диссертации соответствует требованиям Инструкции по оформлению диссертации и автореферата (утв. Постановлением Президиума ВАК Беларуси № 3 от 28.02.2014 (в редакции постановления ВАК Республики Беларусь № 5 от 22.08.2022)).

В диссертации соискатель корректно ссылается на источники и авторов других работ и исследований, на собственные публикации, отмечает и разграничивает результаты, полученные предшественниками и соавторами научных работ. Графический материал диссертационной работы оформлен аккуратно, грамотно и доходчиво для восприятия. Язык и стиль изложения материалов диссертации и автореферата грамотный, четкий, понятный. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ содержания диссертации Рабыко М. А. позволяет сделать вывод, что соискатель обладает необходимыми знаниями и понимает разнообразные процессы, протекающие при упрочнении деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем.

Все основные результаты, определяющие научную и практическую значимость работы, теоретические расчеты, моделирование и интерпретация полученных результатов выполнены соискателем лично или совместно с научным руководителем.

Приведенные в диссертации результаты и рекомендации объективны и являются обоснованными, выводы аргументированы, вытекают из содержания проведенных исследований и отражают научные положения, представленные в работе.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Достоверность результатов и выводов подтверждена публикациями в научных изданиях. Новизна и значимость, полученных в диссертации научных и практических результатов, и общий научный уровень работы свидетельствуют о высокой научной квалификации соискателя. Диссертация отвечает требованиям «Положение о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь».

Совокупность научных и прикладных результатов диссертационной работы свидетельствует о высокой научной квалификации соискателя и его соответствии ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

С учетом выше указанного можно заключить, что *научная квалификация Рабыко М. А. соответствует искомой степени кандидата технических наук*

Замечания:

1. Оформление диссертационной работы и автореферата:

«На основании анализа результатов установлено, что глубина упрочненного слоя в большей степени зависит от энергетических характеристик тлеющего разряда, таких как напряжение горения разряда U , кВ, и плотность тока j , А/м²» – известное утверждение.

В подрисуночных надписях рисунков 4.12 – 4.14, 4.17 – 4.19, 4.22 – 4.25 следовало бы указать, как проходило исследование структуры сталей, по поверхности или по глубине?

Страница 114 «...дюрOMETрический анализ глубины упрочненного». Какой прибор? Режимы нагружения? Отсутствует информация в главе 2.

Рисунок 4.31 – 4.33, а также рисунок 11 автореферата некорректное название шкалы «Поверхностная твердость». Приведены результаты определения твердости при глубине индентирования до 120 мкм.

На рисунках 4.10 и 4.16 на спектре подписаны соединения, но при этом пиков ответственных на их наличие в спектре нет.

В тексте диссертационной работы, присутствует разная терминология, а именно – методика измерения твердости... «Измерение твердости рабочей поверхности...» и следующий абзац «Измерение микротвердости рабочей поверхности». В чем отличие? Разные приборы? Разные инденторы?

2. Из пункта 1.1 и 2.1 не ясно, почему автор остановил свой выбор именно на сталях Х12МФ, 4Х4ВМФС, 5Х3В3МФС. Как критерий выбора сталей для объекта исследования автор приводит данные Белорусской универсальной товарной биржи, руководствуясь объёмом продаж сталей этих марок, коррелирует ли выбор данных сталей с номенклатурой применяемых сталей на предприятиях, в которых данная технология использована?

3. Основной идеей технологии упрочнения является возбуждение и горение тлеющего разряда в остаточной атмосфере вакуумной камеры, из текста диссертации не понятно, влияет ли влажность воздуха на процесс упрочнения, в частности водород и кислород, подготавливалась ли каким образом атмосфера?

4. Учитывалось ли влияние неоднородности магнитного поля на горение разряда, а также на структурно-фазовые изменения приповерхностного слоя детали?

5. При определении оптимальных режимов обработки образцов в качестве модельного объекта была выбрана деталь какой формы и какова ее площадь поверхности, которая определяет значения плотности тока?

6. Полученные результаты многокритериальной оптимизации параметров технологического процесса упрочнения позволили установить

оптимальные режимы обработки (см таблицу 3.6 – 3.7) которые отличаются от приведенных в таблицах 4.1. и 4.3 и используемых на практике.

7. Рисунок 4.11в, 4,21в – это аналитический метод элементного анализа твёрдого вещества, базирующийся на анализе энергии эмиссии его рентгеновского спектра, не позволяющий определить состояние химических связей между элементами, соответственно установить это карбид или твердый раствор с использованием данного метода весьма трудно.

Приведенные замечания не затрагивают основных положений и выводов, содержащихся в диссертации, и не снижают значимости полученных результатов и не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Рабыко Марины Александровны «Технология упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем» соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к кандидатским диссертациям в области технических наук, и требованиям п. 20 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», содержит новые научно-обоснованные результаты, совокупность которых вносит вклад в развитие технологии и оборудование механической и физико-технической обработки.

Соискатель Рабыко Марина Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» за новые научные результаты, включающие:

- предложенный и апробированный на практике способ упрочнения деформирующих элементов штампов из инструментальных легированных (штамповых) сталей, заключающийся в обработке их рабочих поверхностей плазмой тлеющего разряда, горящего в атмосфере остаточных газов при различных парциальных давлениях, в присутствии магнитного поля, локализованного в области упрочняемого изделия;

- экспериментально подтвержденные результаты моделирования, позволившие установить оптимальные значения технологических параметров упрочнения сталей различных марок (5Х3В3МФС, Х12МФ, 4Х4ВМФС), что позволило обеспечить увеличение твердости ΔHV от 114 до 130% и приращение коэффициента износостойкости k от 1,4 до 2,3;

- установление влияния технологических параметров упрочнения (напряжение горения разряда, плотность его тока, время обработки) сталей марок Х12МФ, 4Х4ВМФС и 5Х3В3МФС в плазме тлеющего разряда, горящего в среде остаточных атмосферных газов с прикатодным магнитным полем, так и без него, на изменение их структурно-фазового состояния,

распределение и размер карбидных включений, а также глубину упрочненного слоя;

– разработанную и внедренную, на основании проведенных экспериментальных исследований, в производство и образовательный процесс высшей школы технологию упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем, обеспечивающим снижение времени обработки и увеличение стойкости деформирующих элементов штампов,

что в совокупности позволило Рабыко М. А. решить научно-техническую задачу, заключающуюся в разработке и внедрении в промышленность и образовательный процесс технологи упрочнения деформирующих элементов штампов тлеющим разрядом, зажигаемым в среде остаточных атмосферных газов, в присутствии прикатодного магнитного поля, что позволило увеличить стойкость деформирующих элементов штампов для горячей штамповки в 3–4 раза и для холодной штамповки в 4,5 раза.

Ведущий научный сотрудник
научно-исследовательского сектора
учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»,
кандидат технических наук, доцент

 Д. Г. Пилипов

Подпис: *Д. Г. Пилипова*
ЗАВЯРАЮ
Начальник аддзела кадраў
установы адукацыі "Гомельскі дзяржаўны
універсітэт імя Францыска Скарыны"

11.01.2024



Отзв в поступки в свет 12.01.24

Учленіі сакратароў
Д. Давытавіч

С отзвом ознакоплены
12.01.24 *Р.А. Рабыко М.А.*