

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертационную работу Малеронка Владимира Владимировича «Технология упрочнения осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали магнитно-импульсной обработкой», представляемую на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Научная оценка диссертации

В промышленности Республики Беларусь среди применяющегося металло- и деревообрабатывающего инструмента выделяется осевой режущий инструмент широкой номенклатуры из быстрорежущих сталей - сверла, концевые фрезы, метчики, развертки и другие виды. Наибольшее применение для таких инструментов находит сталь Р6М5, а в последнее время и ее более дешевые заменители (сталь Х6ВМФ и т.п.). Несмотря на широкое применение, указанные марки сталей недостаточно обеспечивают стойкость инструмента и качество обработки изделий в условиях автоматизированного производства и при применении новых конструкционных материалов. При этом такой осевой инструмент характеризуется быстрым износом режущих кромок с последующим выкрашиванием и разрушением, особенно при действии ударных нагрузок, и имеет ограниченное количество переточек. В Республике Беларусь производство осевого режущего инструмента, в основном, осуществляется на ОАО «Оршанский инструментальный завод», а большинство импортного инструмента поставляется из России, Китая и Германии. При этом качество и эксплуатационные свойства импортного инструмента зачастую не соответствует требованиям современного металлообрабатывающего производства. В связи с этим важной проблемой является повышение эксплуатационных показателей и надежности всей номенклатуры режущего инструмента на стадии производства, либо финишная обработка готовых изделий перед эксплуатацией с целью повышения их прочности и стойкости.

Наряду с известными способами упрочнения режущего инструмента (термическая, термомеханическая, химико-термическая обработка), все более широкое распространение получают методы поверхностной обработки, как нанесение износостойких покрытий, электроискровое, лазерное, электронно-лучевое и магнитно-импульсное упрочнение.

Одним из перспективных методов упрочняющей обработки готовых изделий является магнитно-импульсная обработка (МИО), которая по сравнению с другими методами обладает рядом преимуществ: более низкая себестоимость обработки, сохранение геометрии обработанных изделий, отсутствие расходных материалов и технологических, часто агрессивных сред, простота технологической оснастки и экологическая чистота процесса.

Актуальность работы обусловлена тем, что воздействие МИО недостаточно изучено в части упрочнения инструмента, мало исследованы механизмы, приводящие к упрочнению, в частности, осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали, где распределение индукционных токов и температуры по переменному сечению инструмента во время МИО отличается от инструмента цилиндрической и плоской формы. Потому большинство режимов упрочнения носит экспериментальный характер и для успешного применения МИО требуется проведение научных и технологических исследований.

Целью диссертационной работы Малеронка В.В. является разработка технологии упрочнения осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 магнитно-импульсной обработкой.

В рамках поставленной цели диссертационного исследования решены следующие задачи:

1. проведен анализ существующих высокоэнергетических методов поверхностного упрочнения (модификации) режущего инструмента, определены преимущества применения МИО в производстве;

2. разработана математическую модель распределения температуры в осевом режущем инструменте при проведении МИО с учетом формы, размера режущего инструмента и процесса теплопередачи в нем, позволившая рассчитать локальную температуру нагрева, необходимую для структурно-фазовых превращений в упрочняемом слое;

3. выполнено имитационное моделирование процесса МИО с целью установления распределения напряженности и давления магнитного поля в индукторе, вихревых индукционных токов и температуры по профилю рабочей части режущего инструмента в зависимости от режима обработки и определены оптимальные варианты загрузки инструмента в зависимости от его типа;

4. установлена зависимость структурно-фазовых превращений, микронапряжений, электросопротивления поверхностного слоя образцов из быстрорежущей стали от параметров МИО (энергия импульса и количество циклов), разработан способ неразрушающего контроля для исследования электрофизических свойств и структуры упрочненных слоев режущего инструмента;

5. проведены экспериментальные исследования влияния параметров МИО (энергия импульса и количество циклов) на структурно-фазовый состав, твердость и микротвердость, макро- и микронапряжения упрочненных слоев осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали;

6. установлено влияние структуры быстрорежущей стали после МИО на эксплуатационные характеристики осевого режущего инструмента;

7. на основании проведенных исследований разработана технология упрочнения МИО осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали, которая позволяет повысить его работоспособность и стойкость.

Новыми результатами, значимыми для соответствующих отраслей науки, области исследований и практического использования, представленными в диссертации, являются:

1. Предложена математическая модель преобразования энергии индукционного тока в тепловую в осевом режущем инструменте при магнитно-импульсной обработке, устанавливающая взаимосвязь формы, размера режущего инструмента, процесса теплопередачи в нем и температуры нагрева упрочняемого слоя в зависимости от режима обработки (энергия импульса, варианта загрузки инструмента).

2. Выполнено имитационное моделирование технологических циклов МИО при итерационном способе упрочнения, позволяющие рассчитать распределение напряженности и давления магнитного поля в индукторе, вихревых индукционных токов и температуры в режущем инструменте с переменным поперечным сечением. Установлено, что наибольшая напряженность и давление магнитного поля достигается в центре индуктора, причем основное воздействие осуществляется на поверхности инструмента (боковые режущие кромки) наиболее близко расположенной к внутренней рабочей части индуктора, а плотность вихревых индукционных токов и температура оказывают большое влияние на поверхность сердцевины инструмента (канавка), имеющей более простую геометрическую форму.

3. Установлено влияние технологических параметров магнитно-импульсной обработки на структурно-фазовые превращения, микронапряжения и на происходящее при этом изменение величины полного электрического сопротивления упрочняемого слоя осевого режущего инструмента. Это позволило измерить падение напряжения (прямо пропорциональное величине электросопротивления) в упрочненном слое за счет пропускания тока высокой частоты (ТВЧ) с образованием скин-слоя и оценкой изменения электрического сопротивления (падения напряжения) упрочненного слоя.

4. Определены параметры магнитно-импульсной обработки (энергия импульса и количество циклов) осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали, приводящие к образованию мелкоигльчатой мартенситной структуры без изменения типа мартенсита, увеличению микротвердости упрочненного слоя, уменьшению количества остаточного аустенита без изменения карбидных фаз и образованию остаточных сжимающих напряжений, что позволяет повысить стойкость осевых концевых фрез в среднем в 2,3 раза, а металлорежущих сверл в 1,8 раза.

В работе достаточно полно, логично и последовательно представлено теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение эффективности упрочняющей МИО осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали. Проведенные производственные испытания упрочненных МИО металлорежущих сверл показали повышение стойкости этих сверл по сравнению с неупрочненными в среднем в 1,8 раза.

Диссертация написана грамотным инженерным языком. Выводы по каждой главе и по работе в целом сделаны в полном объеме. При этом

указана степень новизны и практическая значимость. Аналитический обзор литературы проведен по источникам, соответствующим теме исследования.

Основные научные результаты, полученные соискателем, апробированы и высоко оценены на следующих научно-технических конференциях и конкурсах: IV, V, VI Международные научно-практические конференции «Техника и технологии: инновации и качество» (Барановичи, 2017, 2018, 2019 г.г.); XIV Международная научно-практическая конференция молодых исследователей «Содружество наук» (Барановичи, 17 мая 2018 г.); I Международная научно-практическая конференция «Наука — практике» (Барановичи, 15 мая 2020 г.); Республиканский конкурс инновационных проектов (г. Минск, 2017 г.); Диплом 1-ой степени на международном конкурсе научно-исследовательских работ «Scientific ideas - 2018» (РФ, г. Ростов-на-Дону, 2018 г.); Диплом 1-ой степени на международном конкурсе научно-исследовательских работ «Инновационные подходы в решении научных проблем» (РФ, г. Уфа, 30 апреля 2020 г.).

Получены патенты на изобретение: Способ определения полного электрического сопротивления упрочненного слоя изделия из токопроводящего материала: пат. 23060 Респ. Беларусь, МПК G01R27/00 / В.В. Малеронок, А.В. Алифанов; заявители В.В. Малеронок, А.В. Алифанов. – № а 20180315; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.06.2020 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 3. – С. 105; Способ измерения полного электрического сопротивления упрочненного слоя изделий из металлов с применением сигналов высокой частоты: пат. RU 2 734 061 С1, МПК G01R27/00:G01N27/02 / В.В. Малеронок, А.В. Алифанов; заявитель В.В. Малеронок. – № 2019125768; заявл. 13.08.2019; опубл. 12.10.2020 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2020. – № 29. – С. 64.

Результаты исследований используются в производстве, учебном процессе и при проведении научно-исследовательских работ: Акт внедрения в производство осевых металлорежущих сверл из быстрорежущей стали Р6М5, упрочненных магнитно-импульсной обработкой, от 02.03.2021 г.; Акт внедрения результатов НИР в учебный процесс № 21/006 от 29.01.2021 г.; Акт о внедрении способа определения полного электрического сопротивления упрочненного слоя изделий из токопроводящего материала в виде макета лабораторной установки № 582 от 15.04.2021 г.

Соискатель опубликовал по теме диссертации 24 научных работы, в том числе 10 публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК; 2 главы в коллективных монографиях; 3 статьи в научных журналах иностранных государств (1 – Варшава, Польша; 1 – Пермь, РФ; 1 – Ачинск, РФ); 7 статей в материалах конференций и конкурсов (в том числе 1 – сборник трудов по материалам конкурса г. Уфа, РФ); 2 патента на изобретение (РФ, РБ). Таким образом, требования ВАК к опубликованности результатов диссертационного исследования соблюдены.

Диссертационная работа подготовлена к защите, оформлена в соответствии с требованиями ВАК и состоит из введения, общей

характеристики, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Подтверждением достоверности и обоснованности положений, выводов и результатов диссертации, являются:

- четкая постановка цели исследования и решаемых задач;
- убедительность теоретического объяснения происходящих процессов при МИО и обоснования выбора метода контроля упрочненного слоя режущего инструмента;
- корректное изложение материала и сделанных выводов;
- проведение упрочняющей обработки концевого режущего инструмента с использованием эффективных режимов МИО и экспериментального исследования на износостойкость с последующим анализом полученных результатов;
- результаты внедрения упрочненных сверл в производство.

Малеронком Владимиром Владимировичем самостоятельно выполнена квалификационная научная работа, содержащая результаты, обладающие актуальностью и научной новизной, использование которых обеспечивает решение важной прикладной задачи – эффективное, малозатратное упрочнение магнитно-импульсной обработкой осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали, широко применяемого в различных отраслях промышленности Республики Беларусь. Полученные новые результаты свидетельствуют о высокой научной квалификации соискателя, которая соответствует ученой степени кандидата технических наук.

Характеристика научной, научно-педагогической деятельности соискателя

Соискатель занимается научной работой по данной тематике с 2017 по 2020 г. в учреждении образования «Барановичский государственный университет». Обучаясь в аспирантуре работал (по совместительству) старшим преподавателем кафедры технологии и оборудования машиностроения в УО «БарГУ». В ходе подготовки освоил и профессионально использует навыки в работе с установками магнитно-импульсного воздействия.

Малеронк В.В. самостоятельно провел имитационное моделирование процесса магнитно-импульсной обработки и установил распределение напряженности и давления магнитного поля, плотности индукционных токов и температуры по переменному сечению рабочей части инструмента. Кроме того, обосновал и разработал новый способ неразрушающего контроля упрочненного слоя режущего инструмента, поэтому его диссертационную работу отличает новизна проведенных исследований и полученных результатов упрочняющей магнитно-импульсной обработки осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали.

Вывод

Малеронок Владимир Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Научный руководитель:
профессор кафедры технологии и
оборудования машиностроения
учреждения образования
«Барановичский
государственный университет»,
д.т.н., профессор
«10» 05 2023


_____ А.В.Алифанов

Подпись профессора А.В.Алифанова
удостоверяю:
первый проректор учреждения
образования «Барановичский
государственный университет»,
к.э.н., доцент




_____ В.В.Климук